

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**YÜKSEK KAYMA HIZINDA PARÇALANAN BAZI BİTKİSEL LİFLERİN  
EMÜLSİYON STABİLİTESİNE ETKİSİ**

**Onur KETENOĞLU**

**GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2010**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### YÜKSEK KAYMA HIZINDA PARÇALANAN BAZI BİTKİSEL LİFLERİN EMÜLSİYON STABİLİTESİNE ETKİSİ

Onur KETENOĞLU

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aziz TEKİN

Çalışmada nano boyutlara küçültülmüş portakal kabuğu lifi ve mısır kepeği liflerinin %3 oranında peynir altı suyu proteini izolatu (WPI) içeren model emülsiyonların stabilite özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla her hammaddeden elde edilen nano-lifler, %3 oranında peynir altı suyu proteini izolatu, %20 ve %50 oranlarında yağ içeren emülsiyonlarda %1, %2 ve %3 oranlarında bulunacak şekilde kullanılmıştır. Hem kaba olarak hem de nano boyutlarda hazırlanmış model emülsiyonların akış ve osilasyon özellikleri reometrede, stabilite özellikleri ise dispersiyon analiz cihazında ölçülmüştür. Damlacıkların dağılımını gözlemlemek amacıyla ışık mikroskobu kullanılmıştır.

Çalışma sonuçları, lif içeriğinden bağımsız olarak %20'den %50'ye artan yağ miktarının stabiliteyi önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Aynı yağ içeriğinde ise, lif miktarı %1'den %3'e çıktıkça, emülsiyonların faz ayrılmasının zorlaştığı gözlenmiştir. Reoloji sonuçlarına göre yağ miktarı sabit tutulduğunda, her hammaddeye ait lif miktarı %3 olan grupların elastik ( $G'$ ) ve viskoz ( $G''$ ) modülüz değerleri, aynı hammaddenin daha düşük lif içeren gruplarına göre daha yüksek bulunmuştur. Akış özellikleri incelendiğinde, aynı yağ miktarına sahip emülsiyonlarda %3 oranında bitkisel lif içeren grupların, kendi hammaddelerine ait daha düşük oranlarda lif içeren gruplara göre daha yüksek viskoziteye sahip oldukları ve artan kayma geriliminde viskozite azalsa dahi diğer grupların viskozitelerinden daha yüksek seyir ettikleri gözlenmiştir. Işık mikroskobuyla yapılan gözlemler sonucunda ise; model emülsiyonlara %1, %2 ve %3 oranında bitkisel lif ilavesinin, yağ damlacıklarının daha sıkı bir formasyonda bulunmasını ve hammaddeden gelen bitkisel liflerin bu damlacıklar arasına entegre olarak üç boyutlu bir yapı oluşmasını sağladığı belirlenmiştir.

**Ağustos 2010, 55 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Nano boyutlu bitkisel lif, emülsiyon stabilitesi, reoloji

## ABSTRACT

Master Thesis

### THE EFFECTS OF SOME VEGETABLE FIBERS DECOMPOSED AT HIGH SHEARING RATE ON EMULSION STABILITY

Onur KETENOĞLU

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Aziz TEKİN

In this study, sizes of orange zest and corn fiber were reduced to nanometers. Model emulsions with 3% whey protein isolate (WPI) were then prepared using these fibers. Effects of fibers on emulsion stabilities were studied by adding 1%, 2% and 3% of nano-fibers into the 3% WPI and 20%-50% oil containing emulsions. Then these emulsions were fluidized through both colloid mill and microfluidizer. Rheological properties such as flow and oscillation were measured with AR2000 EX (TA Instruments) rheometer and emulsion stabilities were measured with LUMiSizer (L.U.M GmbH, Germany) dispersion analyzer. Observation of droplet distribution was performed with Leica DM3000 (Leica Microsystems, Germany).

Results of this study showed that ascending oil amount increased emulsion stabilities independent from fiber percentage. Likewise, ascending fiber percentage also improved stabilities. According to rheological results, at constant oil level, 3% fiber containing emulsions had higher  $G'$  and  $G''$  values than those of other groups in same material. When flow properties were analyzed at constant oil level, emulsions with 3% fiber content had higher viscosity values than those of others in the same group. They kept this behavior even under ascending shearing rate. Microscopic observations showed that addition of dietary fiber into emulsions formed tighter structure and these fibers were integrated among droplets with forming a 3D structure.

**August 2010, 55 pages.**

**Key Words:** Nano-fiber, emulsion stability, rheology.

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince bilgi ve deneyimiyle bana yardımcı olan değerli danıőmanım Sayın Prof.Dr. Aziz TEKİN'e ve değerli hocam Sayın Doç.Dr. Behiç MERT'e, her zaman yanımda olan ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme, laboratuvar çalıőmalarımdaki yardımlarından ötürü arkadaşım Arő.Grv. Hakan ERİNÇ'e ve tüm manevi desteklerinden dolayı iő arkadaşlarıma teőekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalıőması, TÜBİTAK tarafından 108M169 proje numarası ile desteklenen "Bitkisel Kökenli Atıklardan Mikro-Akışkan Yöntemiyle Nano Boyutlarda Reoloji Düzenleyicilerin Üretilmesi: Emülsiyonlarda, Kolloidlerde ve Hamur Ürünlerinde Kullanılması" konulu projenin bir bölümüdür.

Onur KETENOĞLU

Ankara, Ağustos 2010

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGE DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	2
2.1 Bitkisel Liflerin (Diyet Lif) Genel Özellikleri.....	2
2.2 Gıda Emülsiyonlarının Genel Özellikleri .....	2
2.3 Emülsiyon Stabilitesi.....	3
2.3.1 Krema oluşumu (Yerçekimsel ayırım).....	4
2.3.2 Flokülasyon.....	5
2.3.3 Birleşme-kısmi birleşme (Koalesens) .....	6
2.3.4 Faz ayrımı .....	7
2.3.5 Ostwald olgunlaşması .....	7
2.4 Bazı Bitkisel Liflerin Gıda Emülsiyonları Üzerine Etkileri.....	8
2.4.1 Pektin.....	8
2.4.2 Guar gam .....	9
2.4.3 Akasya gamı.....	9
2.4.4 Mısır lifi.....	10
2.4.5 Hidroksipropil selüloz (HPC) .....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1 Materyal.....	12
3.2 Yöntem .....	12
3.2.1 Lif üretimi .....	12
3.2.1.1 Alkali ekstraksiyonu .....	12
3.2.1.2 Birinci boyut küçültme işlemi .....	12
3.2.1.3 İkinci boyut küçültme işlemi.....	13
3.2.1.4 Santrifüjleme .....	13
3.2.2 Model emülsiyonların hazırlanması .....	13
3.2.3 Reoloji ölçümleri .....	15
3.2.4 Stabilite ölçümleri .....	15
3.2.5 Işık mikroskobu altında damlacık boyutu dağılımının gözlenmesi.....	15
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	16
4.1 Reoloji Sonuçları .....	16
4.1.1 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları .....	16
4.1.2 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları.....	17
4.1.3 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular .....	18
4.1.4 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları .....	19
4.1.5 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları.....	20

4.1.6 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular .....	21
4.1.7 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları.....	22
4.1.8 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları.....	23
4.1.9 Mısır kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular .....	24
4.1.10 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları.....	25
4.1.11 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları .....	26
4.1.12 Mısır kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular .....	27
4.2 Stabilite Sonuçları .....	28
4.2.1 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları.....	28
4.2.2 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları.....	31
4.2.3 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları.....	33
4.2.4 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları.....	35
4.2.5 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları .....	37
4.2.6 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları.....	39
4.2.7 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları .....	41
4.2.8 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları.....	43
4.3 Stabilite Resimleri .....	45
4.4 Mikroskop Resimleri .....	48
5. SONUÇ .....	51
KAYNAKLAR .....	52
ÖZGEÇMİŞ.....	55

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Bir w/o/w emülsiyonunun şematik gösterimi.....	3
Şekil 2.2 Emülsiyon sistemlerinde meydana gelen instabilite olayları.....	4
Şekil 2.3 Krema oluşum aşamaları.....	5
Şekil 2.4 Stabil bir emülsiyon sisteminde flokülasyon oluşumu.....	5
Şekil 2.5 Emülsiyon sisteminde koalesens olayının oluşumu aşamaları.....	6
Şekil 2.6 Kısmi birleşme olayının şematik gösterimi.....	6
Şekil 2.7 Bir o/w emülsiyonunun faz ayrımına uğrayarak w/o emülsiyona dönüşümü.....	7
Şekil 2.8 Ostwald olgunlaşmasının şematik gösterimi.....	8
Şekil 4.1 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	16
Şekil 4.2 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	17
Şekil 4.3 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği.....	18
Şekil 4.4 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	19
Şekil 4.5 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	20
Şekil 4.6 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği.....	21
Şekil 4.7 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	22
Şekil 4.8 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	23
Şekil 4.9 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği.....	24
Şekil 4.10 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	25
Şekil 4.11 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği.....	26
Şekil 4.12 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği.....	27
Şekil 4.13 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği.....	28
Şekil 4.14 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	29
Şekil 4.15 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği.....	31
Şekil 4.16 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	32
Şekil 4.17 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği.....	33
Şekil 4.18 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	34
Şekil 4.19 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği.....	35
Şekil 4.20 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	36

Şekil 4.21 Portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği.....	37
Şekil 4.22 Portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	38
Şekil 4.23 Portakal lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği.....	39
Şekil 4.24 Portakal lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	40
Şekil 4.25 Portakal lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği.....	41
Şekil 4.26 Portakal lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	42
Şekil 4.27 Portakal lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği.....	43
Şekil 4.28 Portakal lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri.....	44
Şekil 4.29 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında portakal lifi içeren mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	45
Şekil 4.30 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında portakal lifi içeren kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	45
Şekil 4.31 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 20 yağlı kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	46
Şekil 4.32 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	46
Şekil 4.33 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	47
Şekil 4.34 Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları.....	47
Şekil 4.35 %1 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	48
Şekil 4.36 %2 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	48
Şekil 4.37 %3 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	48
Şekil 4.38 %1 oranında mısır lifi içeren mikroakışkan emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	49
Şekil 4.39 %2 oranında mısır lifi içeren mikroakışkan emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	49
Şekil 4.40 %3 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri.....	50



## ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1 Model emülsiyon formülasyonları.....	14
--	----

## 1. GİRİŞ

Gıda endüstrisinde doğal ve işlenmiş gıdaların önemli bir kısmı ya tamamen emülsiyon halinde bulunmaktadır ya da işlenme süreçlerinin bir bölümünde emülsiyon haline getirilmişlerdir. Bu ürünlere süt, krema, meyveli içecekler, çorba, salata sosları, mayonez, dondurma, kahve beyazlatıcılar, tereyağı ve margarin örnek olarak verilebilir (Friberg vd. 2004). Emülsiyon bazlı ürünlerin çok sayıda fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerinin bulunması, bu ürünlerin hazırlanışında kullanılan malzemelerin ve hazırlanma yöntemlerinin de çeşitlenmesine yol açmıştır. Bu çeşitliliğe rağmen, tüm emülsiyonlarda ortak olan bir takım özellikler vardır ve bu özellikler de “emülsiyon bilimi” adı altında incelenmektedir, ki bu bilim kimya, fizik, biyoloji ve mühendisliğin ortak bir ürünüdür.

Emülsiyon bazlı bir gıda ürününün üretilmesi, kullanılan hammaddelerin konsantrasyon ve çeşitlerinin uygun olmasına ve uygun işleme, depolama, nakliyat ve kullanım koşullarına bağlıdır. Hammaddelere örnek olarak su, yağ, emülgatör, mineral, asit, baz, vitamin, renklendirici ve koruyucu maddeler gösterilebilir. Geleneksel olarak gıda endüstrisi bir emülsiyon ürünü üretirken, ürünün formülasyonunun ve işlem koşullarının da geleneksel olmasına özen gösterir. Ancak, değişen tüketici tercihlerine daha ucuz, daha kaliteli, daha sağlıklı ve ilgi çekici ürünler ile yanıt vermek zorunda olan modern gıda sanayinde, bugün bu yaklaşım geçersiz kalmaktadır (Sloan 2003, Mermelstein 2002).

Gerek bağırsak fonksiyonları üzerine olan olumlu etkileri gerekse hemoroit, kolon kanseri, diyabet ve kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi hastalıkları önleme ve geciktirmeleri nedeni ile, yüksek lif içeren gıdalar toplumda oldukça ilgi görmektedir ve bunların tüketimi son yıllarda oldukça hızlı artmıştır. Gıda endüstrisinin önemli bir parçası olan emülsiyonlar da yakın zamanda formülasyonlarında diyet lif içererek sağlık iddiası taşıyacaklar ve sofralarımızda daha fazla tüketilir hale geleceklerdir.

Bu çalışmanın amacı, yüksek kayma hızında parçalanmış bazı bitkisel liflerin emülsiyon stabilitesi üzerine etkilerini ve emülsiyon yapılarında oluşturduğu değişimi incelemektir.

## **2.KURAMSAL TEMELLER**

### **2.1 Bitkisel Liflerin (Diyet Lif) Genel Özellikleri**

Diyet lif terimini ilk kez 1953 yılında Hipsley, sindirilemeyen hücre duvarı bileşenlerini işaret etmek için kullanmıştır. Ancak genel anlamıyla diyet lif, ince bağırsakta sindirilemeyen bitkisel gıda bileşenlerinin heterojen karışımları için kullanılan genel amaçlı bir ifadedir. Gordon tarafından 1999 yılında yapılan diyet lif tanımı son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır: “Diyet lif yenilebilen bitkisel hücrelerin kalıntılarını, polisakkaritleri, lignini ve insan metabolizmasının sindirim enzimlerine dayanıklı maddelerin birleşimini içerir”. Diyet liflerin tipik bileşenleri selüloz, hemiselüloz, lignin, pektin ve çeşitli gum maddeleri ile bitkisel zamklardır. Diyet liflerin çok çeşitli fizyolojik etkilerinin bulunmasının en önemli sebebi heterojen özellikte olmalarıdır.

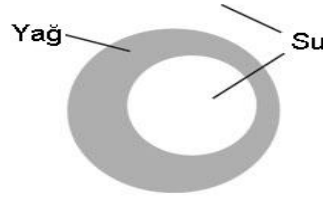
### **2.2 Gıda Emülsiyonlarının Genel Özellikleri**

Emülsiyon birbiri içerisinde çözünmeyen iki sıvıdan (genellikle su ve yağ) birinin diğeri içinde küçük küresel damlacıklar halinde dağılması ile oluşur (Şekil 2.1). Çoğu emülsiyon ürününde damlacık boyutu 0,1 ile 100 µm arasında değişmektedir (Dickinson 1992, Friberg ve Larrson 1997). Emülsiyonlar, içerdikleri su ve yağ damlacıklarının birbirlerine göre dağılımları göz önünde bulundurularak sınıflandırılabilirler. Su ortamı içinde dağılmış halde bulunan yağ damlacıklarının oluşturduğu emülsiyona su içinde yağ (oil-in-water, O/W) emülsiyonu denir ve bu emülsiyonlara örnek olarak süt, krema, mayonez ve salata sosları örnek olarak verilebilir. Eğer su damlacıkları yağ ortamında dağılmış halde bulunursa, bu tip emülsiyona da yağ içinde su (water-in-oil, W/O) emülsiyonu denir ve margarin, tereyağı bu emülsiyon tipine örnektir. Her iki tip emülsiyon örneğinde de, emülsiyonun oluşabilmesi için sağlanması gereken 3 temel kural vardır (Chen ve Tao 2005):

- Sıvılar birbirinin içinde çözünmez olmalıdır.
- Bir sıvının diğeri içinde dağılabilmesi için yeterli karıştırma uygulanmalıdır.
- Bir emülgatör veya emülgatör karışımı kullanılmalıdır.

Emülsiyon sisteminde, diğeri sıvının içinde dağılmış durumda bulunan faza dispers faz veya iç faz denir. Emülsiyon ortamını oluşturan faza ise dış faz adı verilir.

Geleneksel o/w ve w/o emülsiyonlarına ek olarak su-yağ-su (w/o/w) veya yağ-su-yağ (o/w/o) gibi çoklu emülsiyon oluşumları da mümkündür (Garti ve Benichou 2004). Örneğin bir w/o/w emülsiyonu, su ortamında dağılmış halde bulunan yağ damlacıklarının da bünyelerinde su damlacıklarını bulundurduğu bir emülsiyon çeşididir (Benichou vd. 2002a) (Şekil 2.1). Ancak bu tip emülsiyonları oluşturmak oldukça zordur, çünkü yağ damlacıklarının içinde bulunan su damlacıklarının stabil olması gerektiği gibi, yağ damlacıklarının da içinde bulunduğu su ortamında stabil olması gerekmektedir.



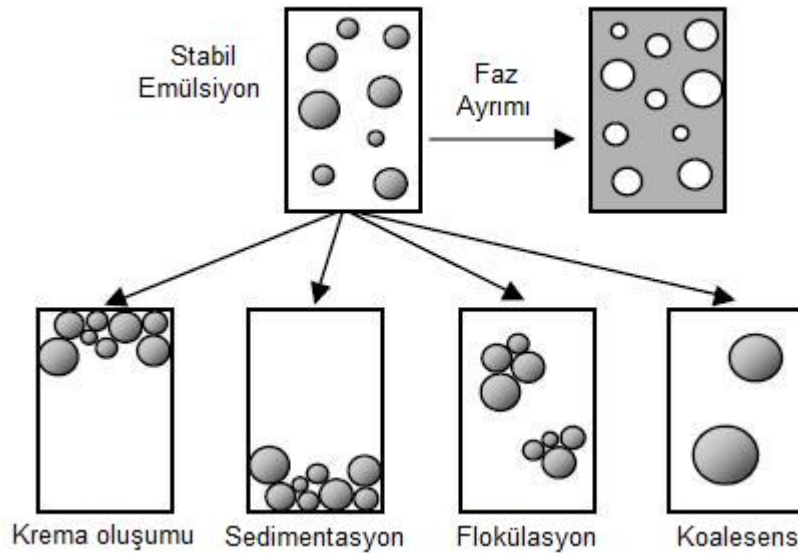
Şekil 2.1 Bir w/o/w emülsiyonunun şematik gösterimi

### 2.3 Emülsiyon Stabilitesi

“Emülsiyon stabilitesi” terimi, bir emülsiyon sisteminin özelliklerinin zamanla değişmesine karşı koyma yeteneği olarak ifade edilebilir. Emülsiyon sistemi ne kadar stabil ise, emülsiyon özellikleri o kadar yavaş değişir. Emülsiyon stabilitesi pek çok fiziksel ve kimyasal işlem sonucu bozulabilir. Fiziksel instabilite damlacıkların sistem içindeki dağılımlarının veya moleküllerin yapısal birliğinin bozulmasına neden olurken, kimyasal instabilite var olan moleküllerin çeşitlerinin değişmesine yol açabilir. Krema oluşumu, flokülasyon, birleşme, kısmi birleşme, faz ayrımı (Şekil 2.2) ve Ostwald

olgunlaşması fiziksel instabiliteye örnektir (Walstra, 1996a). Kimyasal instabiliteye örnek olarak ise hidroliz ve oksidasyon verilebilir (McClements ve Decker, 2000).

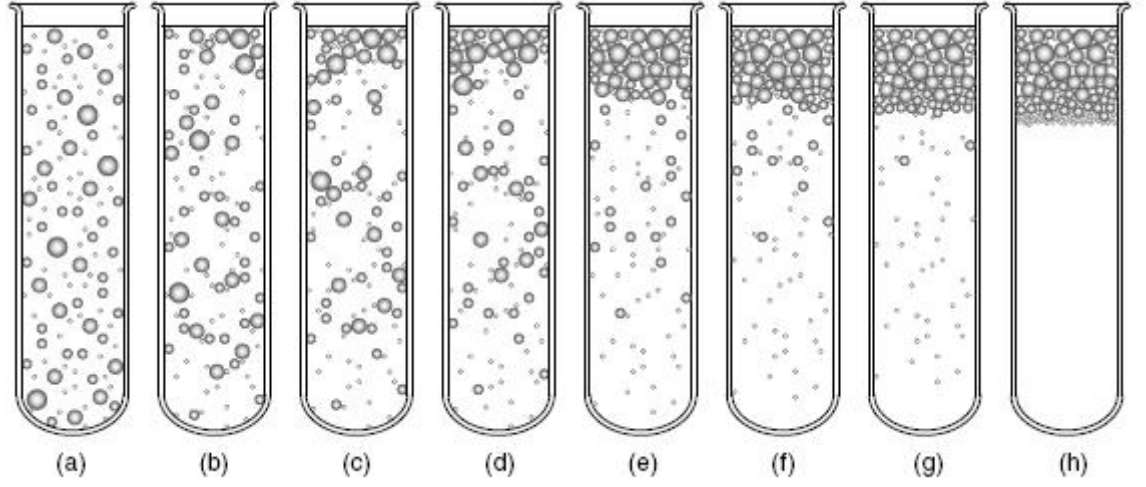
Emülsiyon stabilitesi “termodinamik stabilite” ve “kinetik stabilite” olarak ikiye ayrılır (Dickinson, 1992). Termodinamik bize bir işlemin gerçekleşip gerçekleşmeyeceği hakkında bilgi verirken; kinetik, o işlemin gerçekleşmesi durumunda, hangi hızla gerçekleşeceğini gösterir. Yeteri kadar uzun süre bekletildiklerinde tüm gıda emülsiyonlarının termodinamik stabilite bozulmaktadır. Bu yüzden bir emülsiyon ürününün fizikokimyasal ve duyuşsal özelliklerini belirleyen yoğunlukla kinetik stabilitedeki değişimlerdir.



Şekil 2.2 Emülsiyon sistemlerinde meydana gelen instabilite olayları

### 2.3.1 Krema oluşumu (Yerçekimsel ayırım)

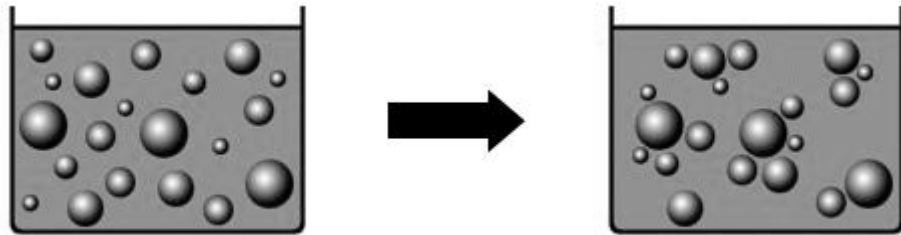
Genel olarak bir emülsiyonu oluşturan fazların yoğunlukları birbirinden farklıdır ve bu fazlar yerçekimi kuvvetinin etkisi altındadır (Robins, 2000). Eğer dağılan faz, kendisini çevreleyen fazdan daha düşük bir yoğunluğa sahipse üst kısımda toplanma eğilimi gösterir, ki bu olay krema oluşumu olarak da adlandırılır (Şekil 2.3). Ancak eğer dağılan fazın yoğunluğu sürekli fazdan daha yüksekse, emülsiyon sistemi sedimentasyon eğilimi gösterir. Çoğu gıda emülsiyonu o/w formunda olduğu için, yağ damlacıkları su fazının üstünde toplanarak krema oluşturur.



Şekil 2.3 Krema oluşum aşamaları

### 2.3.2 Flokülasyon

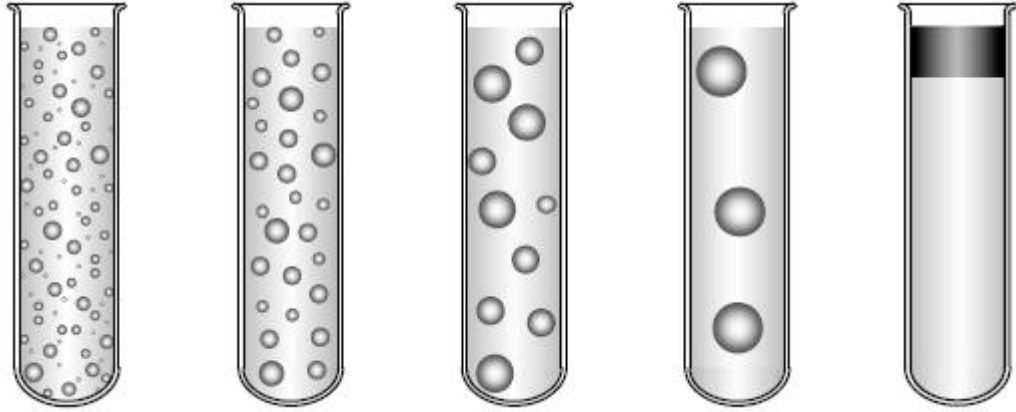
Bir emülsiyon sisteminde iki ya da daha fazla damlacığın, kendi özelliklerini kaybetmeden bir arada bulunmaları ve birbirlerine yapışmaları flokülasyonu (bulanma) oluşturur (Şekil 2.4). Gıdanın yapısına bağlı olarak flokülasyon yararlı veya zararlı olabilir. Flokülasyon seyreltik emülsiyonlarda sedimentasyon hızını artırıcı etki yapabilmektedir ve bu da ürünün raf ömrünün azalmasına yol açmaktadır (Luyten vd. 1993). Öte yandan bazı gıda ürünlerinde kontrollü bir flokülasyon istenebilir ve böylece gıdanın tekstürü iyileştirilebilir. Flokülasyon, emülsiyonun raf ömrü, tekstür, tat ve görünüm gibi fizikokimyasal ve duyuşal özelliklerini doğrudan etkiler.



Şekil 2.4 Stabil bir emülsiyon sisteminde flokülasyon oluşumu

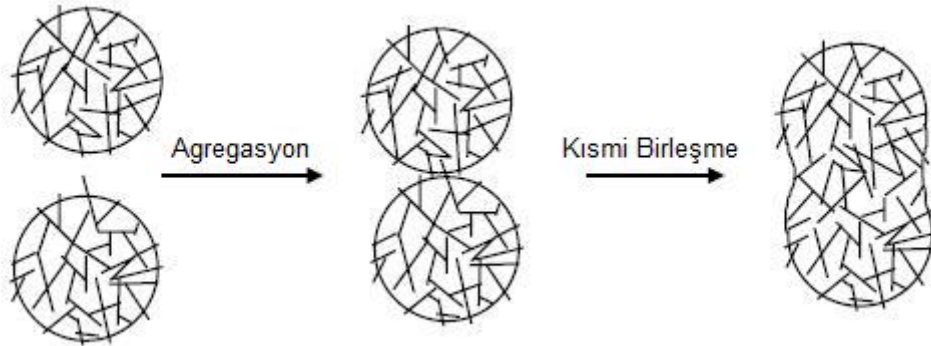
### 2.3.3 Birleşme-kısmi birleşme (Koalesens)

İki ya da daha fazla damlacığın birleşip daha büyük damlacıklar oluşturması olayına koalesens denir (Şekil 2.5). Bu olay yağ ve su fazı arasındaki yüzey alanının azalmasına sebep olduğu için, emülsiyon sisteminin termodinamik olarak en stabil hale geçmesine olanak sağlar. Birleşme veya kısmi birleşme olayları, damlacık boyutunun büyümesinden ötürü krema oluşumunu ve sedimentasyonu hızlandırıcı özelliktedir.



Şekil 2.5 Emülsiyon sisteminde koalesens olayının oluşum aşamaları

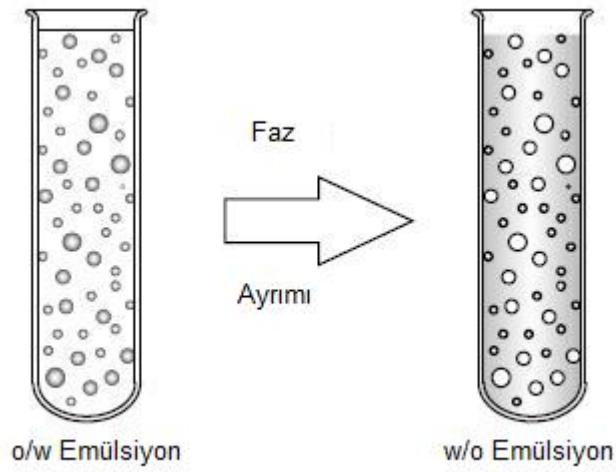
Kısmi birleşme olayı, damlacıkların birleşip uniform özellikte daha büyük bir damlacık oluşumundan çok, belirli bir şekli olmayan kümeleşmeyi ifade eder (Şekil 2.6). Yağın kristal ağı damlacıkların tamamen birleşmesini engellediğinden, bu şekilde kümeleşmiş damlacıklar kendilerini oluşturan damlacıkların şekillerini kısmen de olsa korurlar (Coupland, 2002).



Şekil 2.6 Kısmi birleşme olayının şematik gösterimi

### 2.3.4 Faz ayrımı

Faz ayrımı bir emülsiyon sisteminin fazları arasındaki dengenin değişmesi durumudur. Örneğin bir o/w emülsiyon sisteminin w/o emülsiyon sistemine dönüşmesi olayı faz ayrımı olarak nitelendirilmektedir (Şekil 2.7). Tereyağı ve margarinde olduğu gibi bazı önemli gıda emülsiyonlarının üretiminde faz ayrımı oldukça önemli bir aşamadır (Goff, 1997a–c). Faz ayrımının arzu edildiği gıdaların dışındaki gıdalarda faz ayrımı oluşumu gıdanın görünüm, tekstür, stabilite ve tadı üzerine olumsuz etki yapmaktadır.

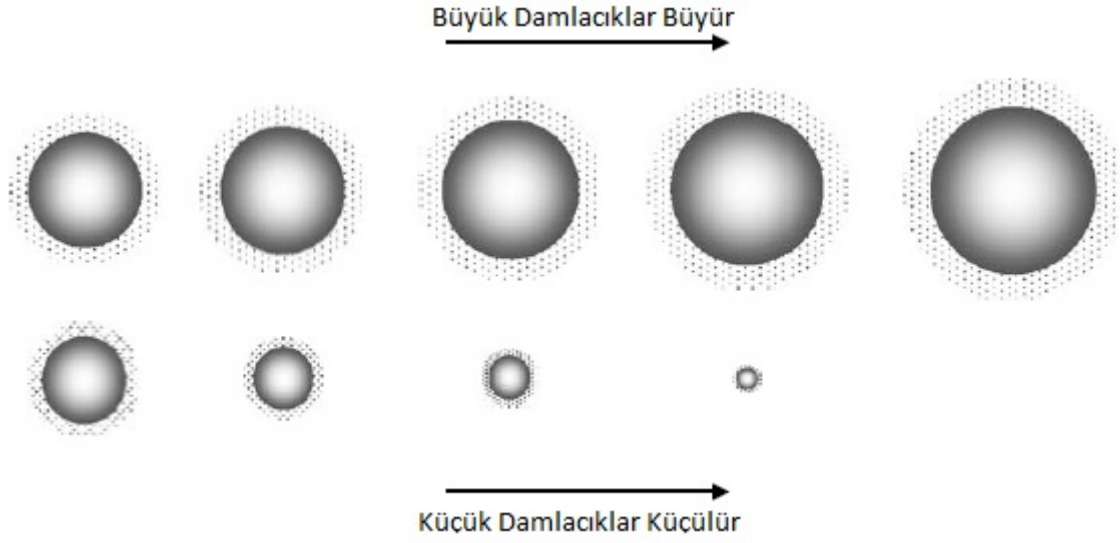


Şekil 2.7 Bir o/w emülsiyonunun faz ayrımına uğrayarak w/o emülsiyona dönüşümü

### 2.3.5 Ostwald olgunlaşması

Ostwald olgunlaşması, dağılan fazın sürekli faz üzerinden difüze olması sebebiyle emülsiyon sistemindeki küçük damlacıkların yerine büyük damlacıkların daha da büyümesi olayıdır (Şekil 2.8) (Kabalnov ve Shchukin 1992, Taylor 1995, Weers 1998). Trigliseritlerin ve suyun ortak çözünürlüğünün çok az olması sonucu kütle transfer hızının önemsenmeyecek derecede düşük olması sebebiyle çoğu gıda emülsiyonunda bu olay ihmal edilir. Bununla beraber, standart emülsiyonlara oranla daha fazla miktarda suda çözünebilir yağ ve yağ benzeri madde (uçucu bileşenler gibi) içeren yağ-su emülsiyonlarında veya sürekli fazın alkol içerdiği durumlarda (krema likörler) bu olay önem kazanmaktadır.





Şekil 2.8 Ostwald olgunlaşmasının şematik gösterimi

## 2.4 Bazı Bitkisel Liflerin Gıda Emülsiyonları Üzerine Etkileri

### 2.4.1 Pektin

Pektin, gıda endüstrisinde özellikle reçel yapımında oldukça yaygın kullanılır ve birbirine 1,4 bağı ile bağlanan  $\alpha$ -D-galaktronik asit ünitelerinin oluşturduğu uzun zincirden meydana gelmektedir. Pektinin jel oluşturma özelliğinin dışında, proteinlerle birlikte kullanıldığında emülgatör özelliği de mevcuttur (Delev and Simeonova 1995). Ayrıca Delev ve Simeonova bir bitkisel lif olan pektinin kalori içeren bir ürün olmadığını ve proteinlerle birlikte görülen bu emülgatör etkisinden ötürü düşük kalorili emülsiyon ürünlerde rahatlıkla kullanılabileceğini öngörmüşlerdir. Muschiolick'in 1989'da yaptığı araştırmada ise pektin molekülünün emülsiyon stabilitesini artırdığı ifade edilmiştir.

### 2.4.2 Guar gam

Guar gam, guar bitkisinin tohumlarından elde edilen çözünür bir bitkisel liftir. Guar gam, guaran olarak da anılır ve *Cyamopsis tetragonoloba*'nın tohumlarının öz suyundan ekstrakte edilir. Özellikle Hindistan, Batı Pakistan, Güney Afrika, Avustralya ve A.B.D.'de üretimi yapılan ve gıda endüstrisinde kıvam artırıcı ve emülsifiye edici olarak yaygın biçimde kullanılan guar gamla ilgili olarak Erçelebi ve İbanoğlu'nun 2009'da yaptıkları araştırma sonuçlarına göre, %0.5 düzeyinde guar gam katılarak hazırlanmış emülsiyonlar daha ince kayma gerilimi göstermiş ve emülsiyonların konsistens indeksi ve viskozitesi artmıştır. Ayrıca WPI-guar gam karışımı ile stabilize edilmiş emülsiyonlara uygulanan dinamik reolojik testlerde emülsiyonların düşük frekanslarda sıvı gibi davrandığı, yüksek frekanslarda ise katı davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu sonuçlardan da guar gam katılmış emülsiyonların viskoelastik özellik gösterdiği yorumu yapılabilir (Erçelebi ve İbanoğlu, 2009).

### 2.4.3 Akasya gamı

Akasya gamı, Afrika'nın kuzeyde Sahra Çölü, güneyde ekvator, doğuda Somali ve batıda da Senegal ile çevrilmiş alanında yetişen, *Acacia senegal* başta olmak üzere belli tür akasya ağaçlarının gövde ve dallarından sızan reçinenin kurutulması ile elde edilir. Gıda endüstrisinde şekerleme üretiminde kaplama maddesi ve emülgatör, kolalı ve turuncgilli içeceklerin üretiminde emülgatör, aroma maddelerinin muhafazasında kaplayıcı ve ekmek yapımında da yine kaplama maddesi olarak geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. İçeceklerde emülgatör olarak kullanılmasının sebebi, uçucu yağ damlacıklarının emülsiyon sistemi içinde floküle olmasını ve/veya birleşmesini önlemektir.

Akasya gamı gıda endüstrisinde emülgatör olarak yaygın bir biçimde uzun zamandır kullanılmaktadır, ancak emülsiyon sistemindeki çalışma mekanizması yeni yeni anlaşılmaktadır. Emülsiyon sisteminde akasya gamının, yağ-su ara yüzeyinde kalın viskoelastik filmler oluşturduğu ve bu sebepten emülsiyonun yüzey reolojik

özelliklerinin ve stabilitesinin kullanılan akasya gamının molekül ağırlığına ve içerdiği protein miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir (Dickinson vd. 1988).

#### **2.4.4 Mısır lifi**

Hemiselüloz sınıfına ait bir arabinoksilan olan mısır lifi gamı (CFG), mısır lifi fraksiyonlarından alkalın hidrojen peroksit uygulaması ile ekstrakte edilmektedir (Yadav vd. 2007). Mısır kepeği, düşük viskozitesi ve yüksek çözünürlüğü sebebiyle gıda endüstrisinin uzun zamandır ihtiyacı olan fonksiyonel ve ucuz emülgatör ihtiyacını karşılamaktadır; öyle ki, emülsiyon sistemlerindeki başarısı sebebiyle halen çok kullanılan arabik gama (akasya gamı) tercih edilmesi kuvvetle muhtemeldir. Mısır lifinin yapışkanlaştırıcı, kıvam artırıcı, stabilize edici, film oluşturucu ve emülsifiye edici gibi özellikleri mevcuttur (Wolf vd. 1953, Whistler 1993, Woo 2001, Mikkonen vd. 2008). Ancak mısır kepeğinin yapısal ve moleküler karmaşıklığından ötürü, emülsiyon sistemlerindeki stabilizatör etkisinin mekanizması henüz tam olarak anlaşılamamıştır.

Yadav ve arkadaşlarının 2009 yılında yaptıkları çalışmada, CFG'nin diğer gam maddelerine göre emülsiyon stabilitesine etkileri 10 gün süresince incelenmiş ve elde edilen sonuçlara göre CFG'nin emülsiyon sisteminde, özellikle gıda endüstrisinde emülgatör olarak yaygın bir biçimde tercih edilen akasya gamına göre, daha yüksek türbidite gösterdiği yani daha stabil bir emülsiyon oluşturduğu saptanmıştır.

#### **2.4.5 Hidroksipropil selüloz (HPC)**

HPC odunsu yapılardan elde edilen dallanmış yapılı bir polisakkarittir. Krema üretiminde yaygın olarak kullanılan HPC, hava-su ve yağ-su arayüzeylerinde yüzey aktif özellik gösteren bir kıvamlaştırıcı biyopolimerdir.

Mezdour vd. (2008)'nin yılında HPC'nin emülsiyon özelliklerini araştırdığı çalışmada elde ettiği sonuçlara göre, HPC çok düşük konsantrasyonlarda bile yüzey aktif özelliğe sahiptir. Yine bu çalışmada, lesitin HPC'den daha çok yüzey aktif özellikte olduğu

ancak HPC'nin arayüzeyde enerjiyi dağıttığı ve lesitine oranla yüzeyin elastikiyetini daha fazla düşürdüğü gözlenmiştir. Ayrıca, HPC içermeyen emülsiyonların damlacık boyutunun arttığı ve buna bağlı olarak da emülsiyon stabilitesinin azaldığı ifade edilmiştir. Emülsiyondaki damlacık boyutu küçük de olsa tek başına lesitin kullanımının stabilizeyi sağlamak için yetmediği, lesitine ek olarak HPC kullanıldığında stabilitede önemli bir artış olduğu ifade edilmiştir.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

Bu çalışmada lif içeren hammadde olarak mısır kepeği ve portakal kabuğu kullanılmıştır. Model emülsiyonlar ise, bu lifli hammaddelerle birlikte ayçiçek yağı, peynir altı suyu proteini izolatu ve saf su kullanılarak hazırlanmıştır.

#### **3.2 Yöntem**

##### **3.2.1 Lif üretimi**

###### **3.2.1.1 Alkali ekstraksiyonu**

Mısır kepeği ve doğranmış portakal kabukları ayrı ayrı kaynar suya konulmuş ve çözünür liflerin ekstraksiyonunu sağlamak üzere NaOH ilave edilerek alkali ortam oluşturulmuştur. Hammaddeler bu şekilde 2 gün bekletilip yumuşatıldıktan sonra, sodyum hidroksitin uzaklaştırılması amacıyla taze suyla süzülerek yıkanmış ve yıkama işlemi pH değeri 8-9 aralığına ulaşıncaya kadar sürdürülmüştür. Bu şekilde çözünür liflerinden arındırılan hammaddeler daha sonraki aşamalarda kademeli olarak boyut küçültme işlemine tabi tutulmuşlardır.

###### **3.2.1.2 Birinci boyut küçültme işlemi**

Bölüm 3.2.1.1'de anlatılan şekilde hazırlanan lifler, önce bir kolloid değirmende (IKA Magic Lab, Almanya) boyut küçültme işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu amaçla lifler 8000-9000 dev/dak. dönüş hızına sahip değirmenden 2-3 defa geçirilerek, boyutları kolloid çözelti oluşturacak düzeylere küçültülmüştür.

### **3.2.1.3 İkinci boyut küçültme işlemi**

Kolloid değirmende boyutu küçültülen lifler, ikinci bir boyut küçültme yapmak için, yüksek basınçlı bir mikroakışkan cihazından geçirilmiştir. 10000-15000 psi basınç ile mikro kanallardan geçirilerek oldukça yüksek bir kayma hızına sahip olan lifler mikroakışkan özellik kazanmış ve boyutları bu aşamada nano düzeylere indirilmiştir.

### **3.2.1.4 Santrifüjleme**

İkinci boyut küçültme işleminden çıkan sulu lif çözeltileri, fazla suyun uzaklaştırılması amacıyla santrifüj edilmiştir. Bu amaçla her bir santrifüj tüpüne eşit miktarlarda (200 g) lif çözeltisi tartılmış ve Sorvall RC5C marka santrifüjde (Thermo Fisher Scientific Inc., Massachusetts / A.B.D.) 10000 dev/dak hızında 7 dakika çöktürülmüştür.

### **3.2.2 Model emülsiyonların hazırlanması**

Model emülsiyonların hazırlanmasında ;

- Suyu uzaklaştırıldıktan sonra ortalama %15 (a/a) kuru maddeye sahip olan lifler her bir grupta %1, %2 ve %3 olacak şekilde,
- Ayçiçek yağı %20 ve %50 oranlarında,
- %3 sabit oranda WPI,
- Lifli hammaddeden gelen suya ilave olarak saf su, kullanılmıştır.

Her bir grup için toplam emülsiyon miktarı 250 g dır. Çizelge 3.1’de her bir model emülsiyon için oluşturulan formülasyonlar verilmiştir. Tüm bu hammaddeler bir araya getirilerek önce kolloid değirmen ile 10000 dev/dak dönüş hızında 5 dakika boyunca homojenize edilmiştir. Bu homojenizasyondan çıkan emülsiyonlar kolloid emülsiyonlar olup, daha sonra bu emülsiyonlar ikinci bir boyut küçültme işlemi için mikroakışkan cihazından bir defa geçirilmiştir.

Çizelge 3.1 Model emülsiyon formülasyonları

Hammadde	Kuru Madde (%)	Yağ (g)	Lif (%) : (g)	WPI (g)	Su (g)	TOPLAM (g)
Portakal kabuğu	3,04	50	1: (82,23)	7,5	110,27	250
	3,04		2: (164,47)	7,5	28,03	
	4,94		3: (151,82)	7,5	40,68	
	3,04	125	1: (82,23)	7,5	35,26	
	5,19		2: (96,34)	7,5	21,16	
	7,06		3: (106,23)	7,5	11,27	
Mısır kepeği	14,14	50	1: (17,68)	7,5	174,82	250
	14,14		2: (35,36)	7,5	157,14	
	14,14		3: (53,04)	7,5	139,46	
	14,14	125	1: (17,68)	7,5	99,82	
	14,14		2: (35,36)	7,5	82,14	
	14,14		3: (53,04)	7,5	64,46	

Çizelge 3.1’de emülsiyonların bileşimindeki maddeler ve oranları görülmektedir. Örneğin; %14,14 kuru maddeye sahip mısır kepeği, %20 ve %50 yağ içeren emülsiyonlarda (toplam 250 g emülsiyon üzerinden bu miktarlar sırasıyla 50 g ve 125 g’a denk gelmektedir) %1, %2 ve %3 (denk gelen g cinsinden miktarlar Çizelge 3.1’de belirtilmektedir) oranlarında denenmiştir. Tüm çalışma boyunca WPI oranı %3 olarak belirlenmiştir. Emülsiyonlar hazırlanırken liften gelen su miktarı göz önünde bulundurulmuş ve bu su miktarının yetersiz kalması durumunda toplamda 250 g emülsiyon üzerinden hesap yapılarak saf su ilave edilmiştir.

Portakal kabuğundan elde edilen bitkisel lif, bünyesindeki suyu yapısı itibariyle mısır kepeğine göre çok daha fazla tutmaktadır. Santrifüjleme işlemi sonunda elde edilen portakal kabuğu lifinin kuru maddesi, mısır kepeği seviyelerine ulaşamamıştır. Portakal kabuğu lifinin sulu yapısı emülsiyon formülasyonu hazırlanırken göz önünde tutulmuş ve bu yüzden bu grubun emülsiyonları daha az miktarda saf su içerecek şekilde hazırlanmıştır.

### **3.2.3 Reoloji ölçümleri**

Hazırlanan emülsiyon örneklerinin viskoelastik özellikleri frekans taramalı bir reometre (TA.AR2000 EX, TA Instruments) yardımıyla belirlenmiştir. Bu yöntemle, hazırlanan örneklerin viskozitelerinin zamana karşı akış davranışları belirlenmiş ve osilasyon ( $G'$  ve  $G''$ ) değerleri her bir örnek için uygulanan frekansın bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür. Testlerde sıcaklık  $10^{\circ}\text{C}$ 'da sabit tutulmuş ve 40 mm çaplı akrilik başlık kullanılmıştır.

### **3.2.4 Stabilite ölçümleri**

Model emülsiyonların santrifüj kuvveti altında stabilite özelliklerini incelemek amacıyla LUMiSizer (L.U.M. GmbH, Almanya) dispersiyon analiz cihazı kullanılmıştır. Hazırlanan model emülsiyonlar santrifüj tüplerine içlerinde hava kabarcığı kalmayacak şekilde bir şırınga yardımıyla doldurulmuş ve 12 adet dolu tüp 3500 devir/dak hızında santrifüj edilerek, emülsiyonların ışık geçirgenliğinin (intensity) zamana karşı değişimi gözlenmiştir.

### **3.2.5 Işık mikroskobu altında damlacık dağılımının gözlenmesi**

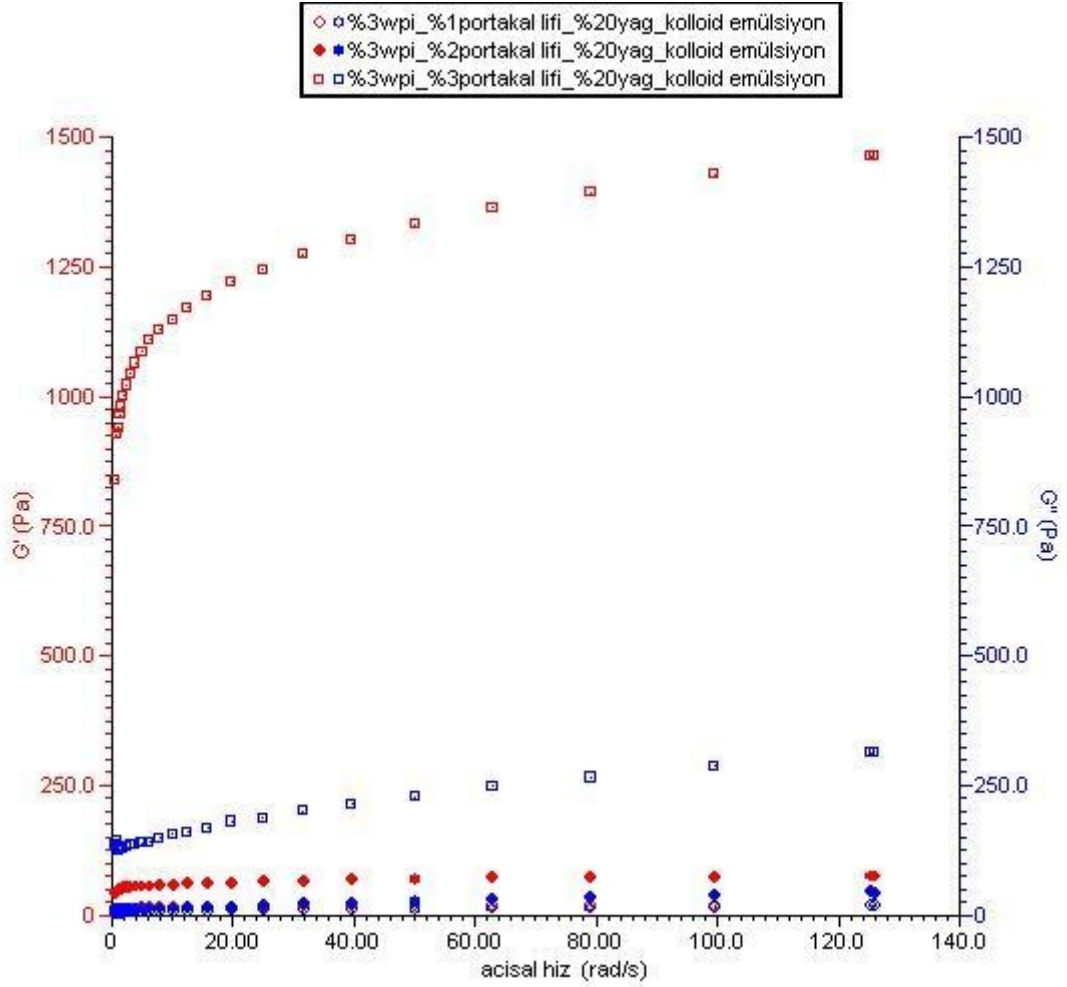
Damlacıkların dağılımını gözlemek amacıyla Leica DM3000 (Leica Microsystems, Almanya) ışık mikroskobu kullanılmıştır. Hazırlanan her bir model emülsiyon örneği 40, 63 ve 100 kat büyütme özelliğine sahip mercekler kullanılarak ışık altında incelenmiş ve damlacıkların birbirleriyle ve dış faz ile olan etkileşimleri gözlenmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Reoloji Sonuçları

#### 4.1.1 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları

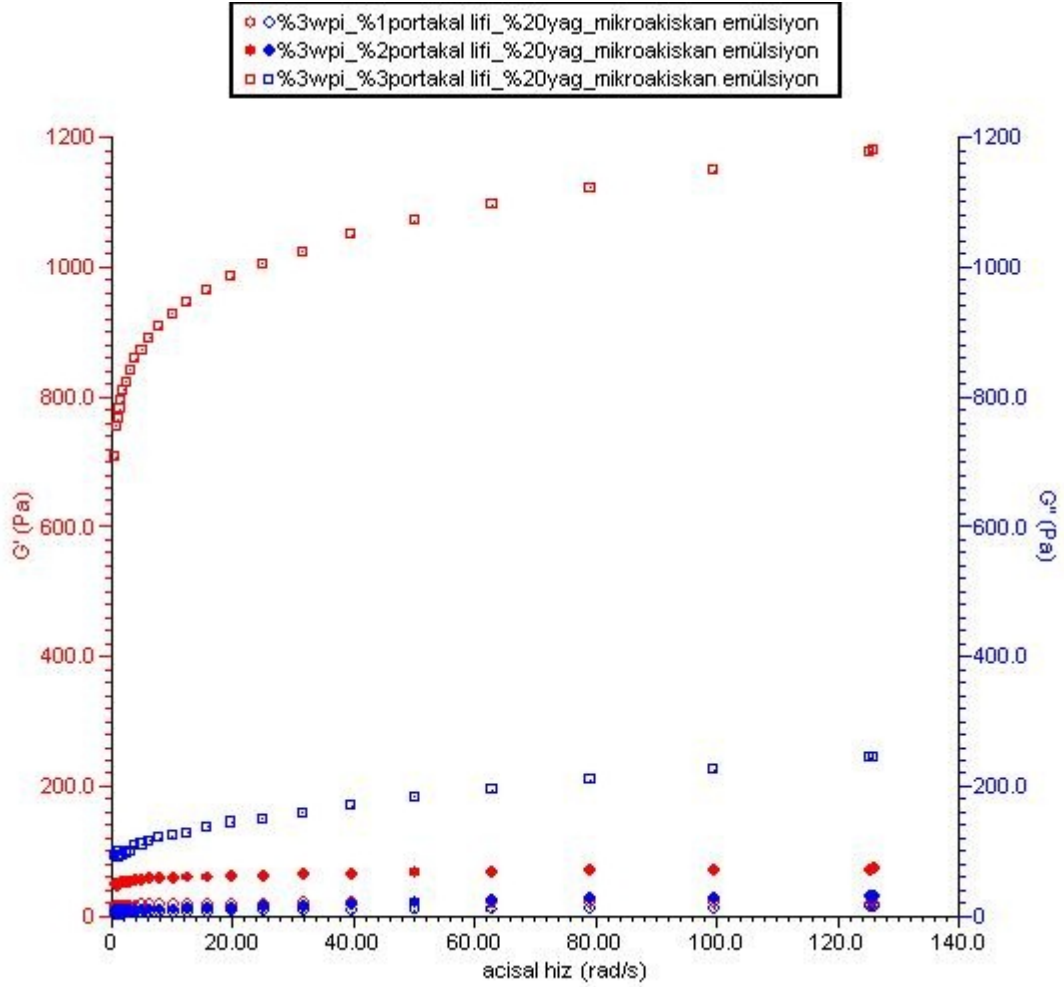


Şekil 4.1 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

Portakal lifleri, % 20 yağ içeren model emülsiyonlara %1, 2 ve 3 oranlarında katılmış ve bu model emülsiyonların reolojik özellikleri (elastik ( $G'$ ) ve viskoz ( $G''$ ) modül değerleri) açısal hızın bir fonksiyonu olarak ölçülmüştür. Bulgular Şekil 4.1'de grafiğe geçirilmiştir. Şekil 4.1 incelendiğinde, daha yüksek miktarda lif içeren emülsiyonların elastik ve viskoz modül değerleri daha düşük miktarda lif içeren emülsiyonlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Değişken osilasyon frekanslarında da bu durum

değişmemiştir. Temel olarak bu durumun, artan lif miktarının yapıyı sıkılaştırmasından ileri geldiği söylenebilir.

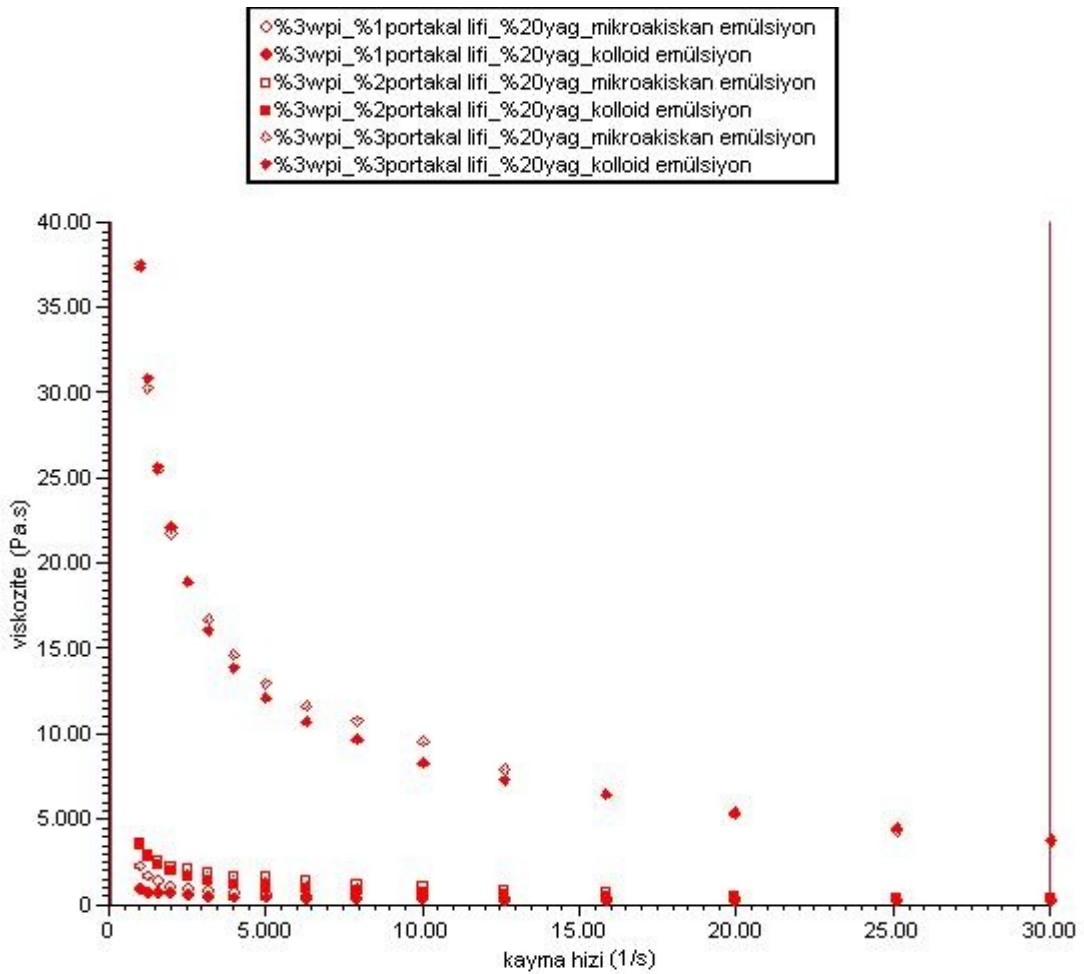
#### 4.1.2 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.2 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

Portakal lifi içeren %20 yağlı model emülsiyonlar mikroakışkanlaştırıldıktan sonra reolojik özellikleri incelenmiş ve elde edilen bulgular Şekil 4.2'ye aktarılmıştır. Şekil 4.1-2 incelendiğinde, daha yüksek miktarda lif içeren emülsiyonların elastik ve viskoz modül değerleri daha düşük miktarda lif içeren emülsiyonlara kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Buna göre, yüksek oranda lif içeren grubun frekans değişiminden diğer gruplara göre daha az etkilendiği yorumu yapılabilir. Benzer şekilde aynı oranda lif içeren gruplardan daha fazla miktarda yağ içerenlerin reolojik değerleri daha yüksek bulunmuştur. Temel olarak bu durumun, artan lif miktarının yapıyı sıkılaştırmasından ileri geldiği öne sürülebilir.

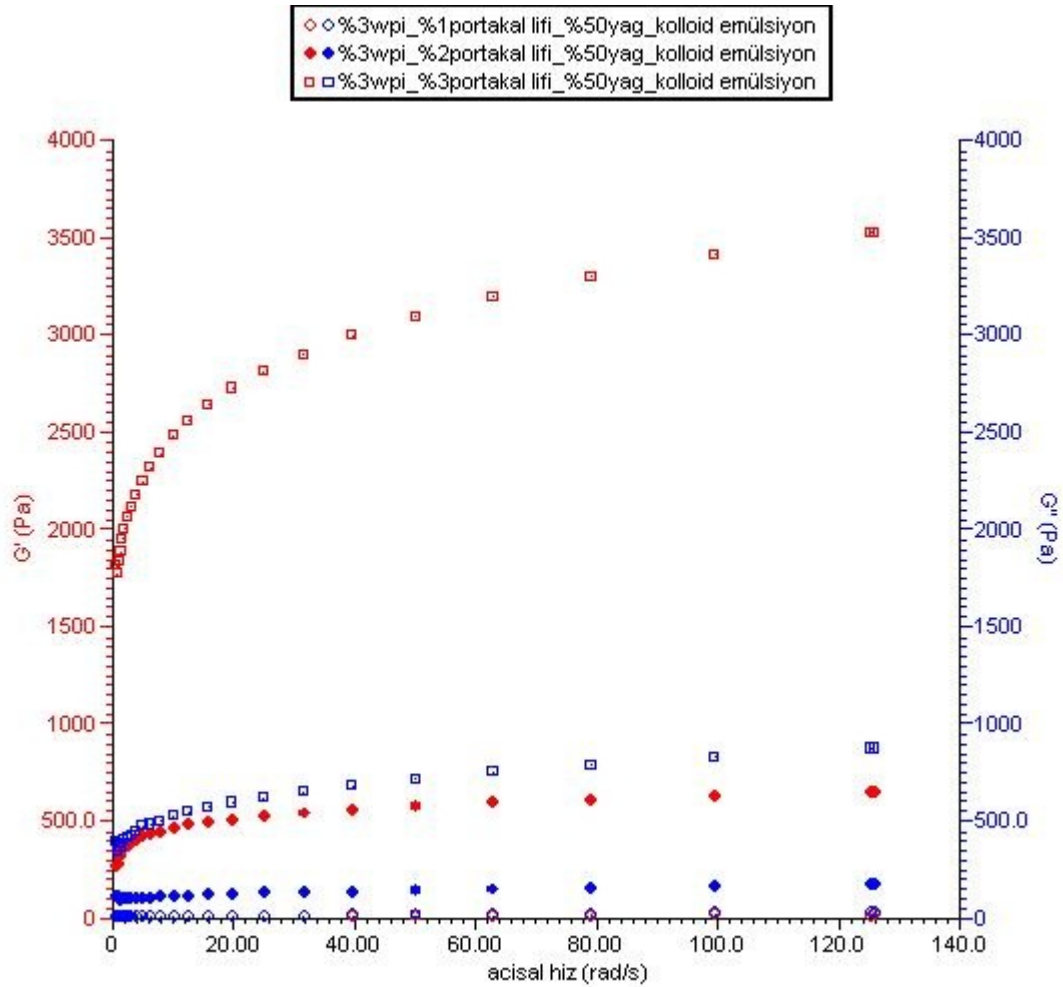
#### 4.1.3 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular



Şekil 4.3 Portakal kabuğu lifi içeren %20 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği

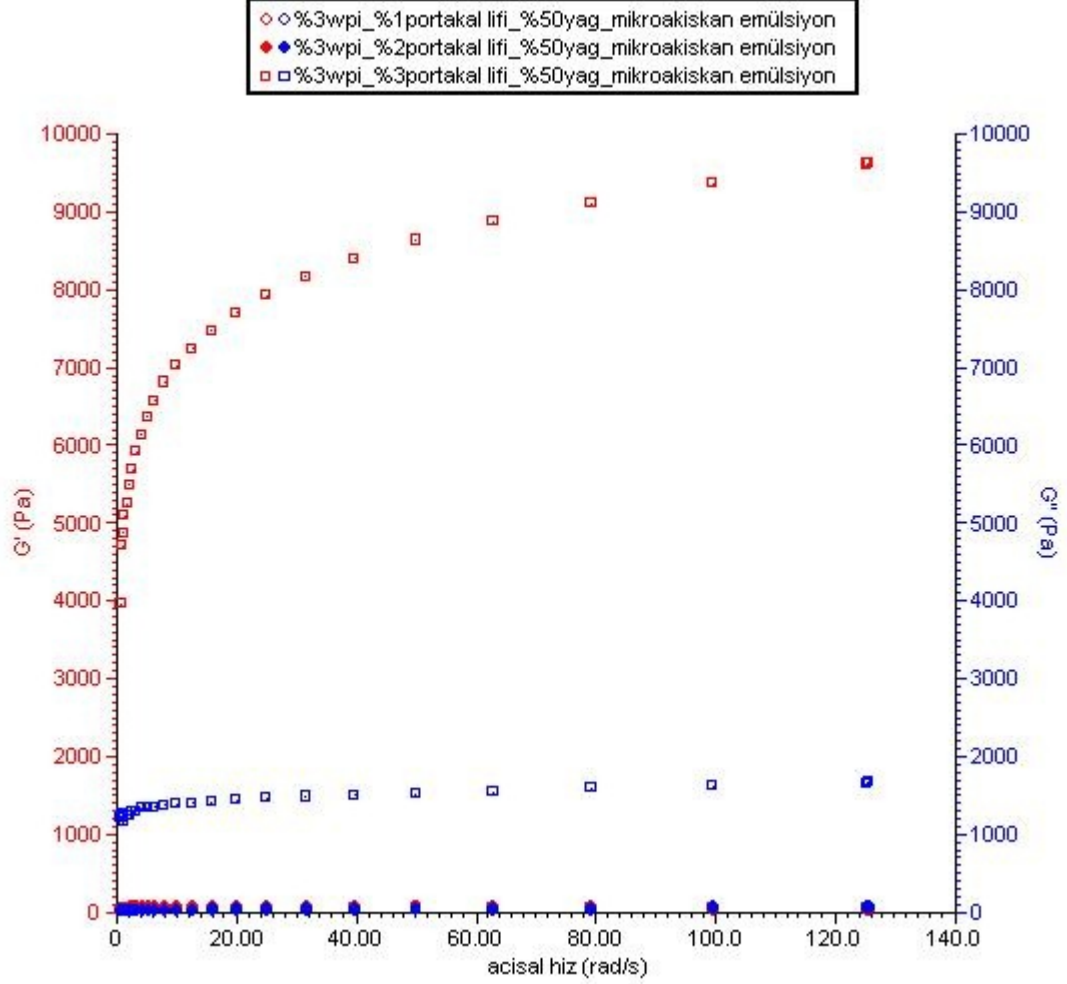
Şekil 4.3'te ise, portakal lifi ve %20 oranında yağ içeren model emülsiyonların kayma gerilimi altında gösterdikleri viskozite değişimleri görülmektedir. Şekil 4.3'e göre, model emülsiyonlardaki lif miktarı arttıkça başlangıç viskozitesi de artmaktadır. Ayrıca şekilden de açıkça görüldüğü gibi, aynı lif oranına sahip emülsiyonlardan mikroakışkan hale getirilenler, kolloid halde bulunan emülsiyonlardan daha yüksek viskoziteye sahiptir.

#### 4.1.4 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.4 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

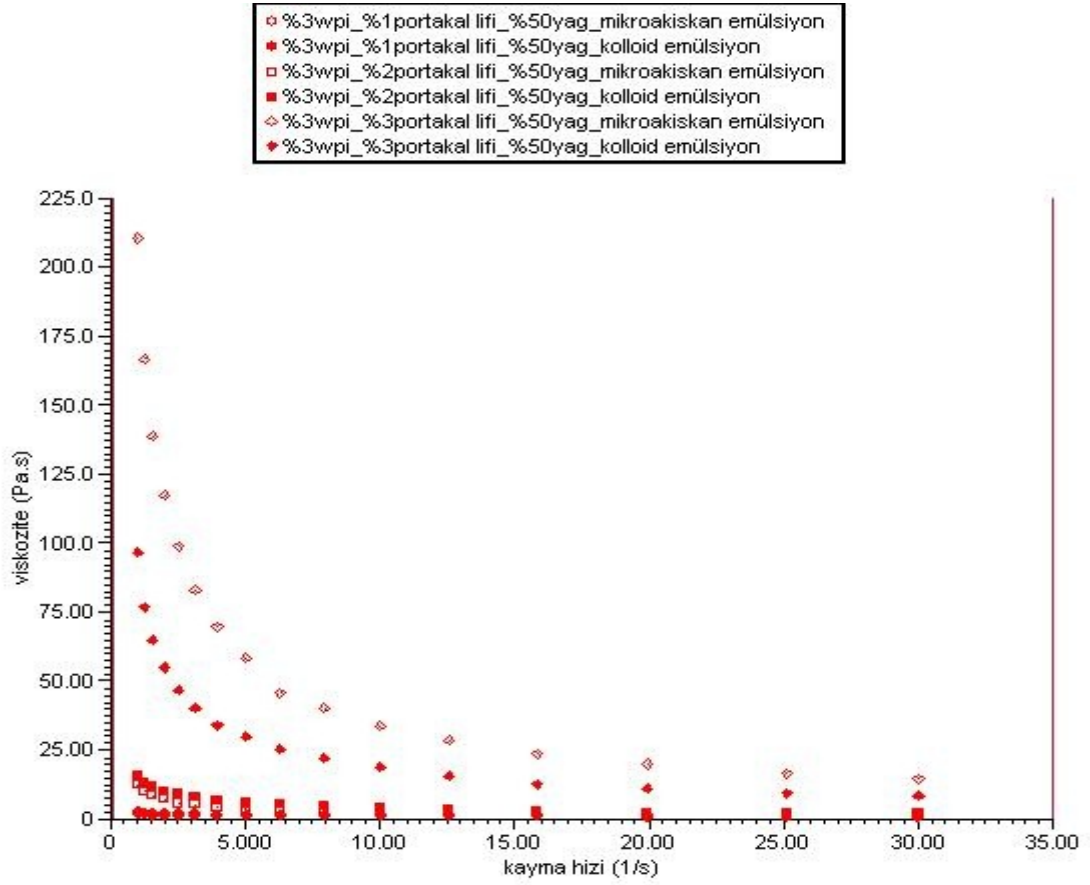
#### 4.1.5 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.5 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

%50 yağ ve %1, 2 ve 3 oranlarında portakal lifi içeren model emülsiyonların G' ve G'' değerleri Şekil 4.4-5'te verilmiştir. Buna göre gerek kolloid, gerekse mikroakışkan hale getirilmiş model emülsiyonların elastik (G') ve viskoz (G'') modül değerlerinin, emülsiyonların içerdiği lif miktarı arttıkça arttığı görülmektedir. Ayrıca, "%50 oranında yağ içeren model emülsiyonların G' ve G'' değerleri %20 oranında yağ içeren model emülsiyonların G' ve G'' değerlerinden daha yüksek seyretmektedir" yorumu yapılabilir.

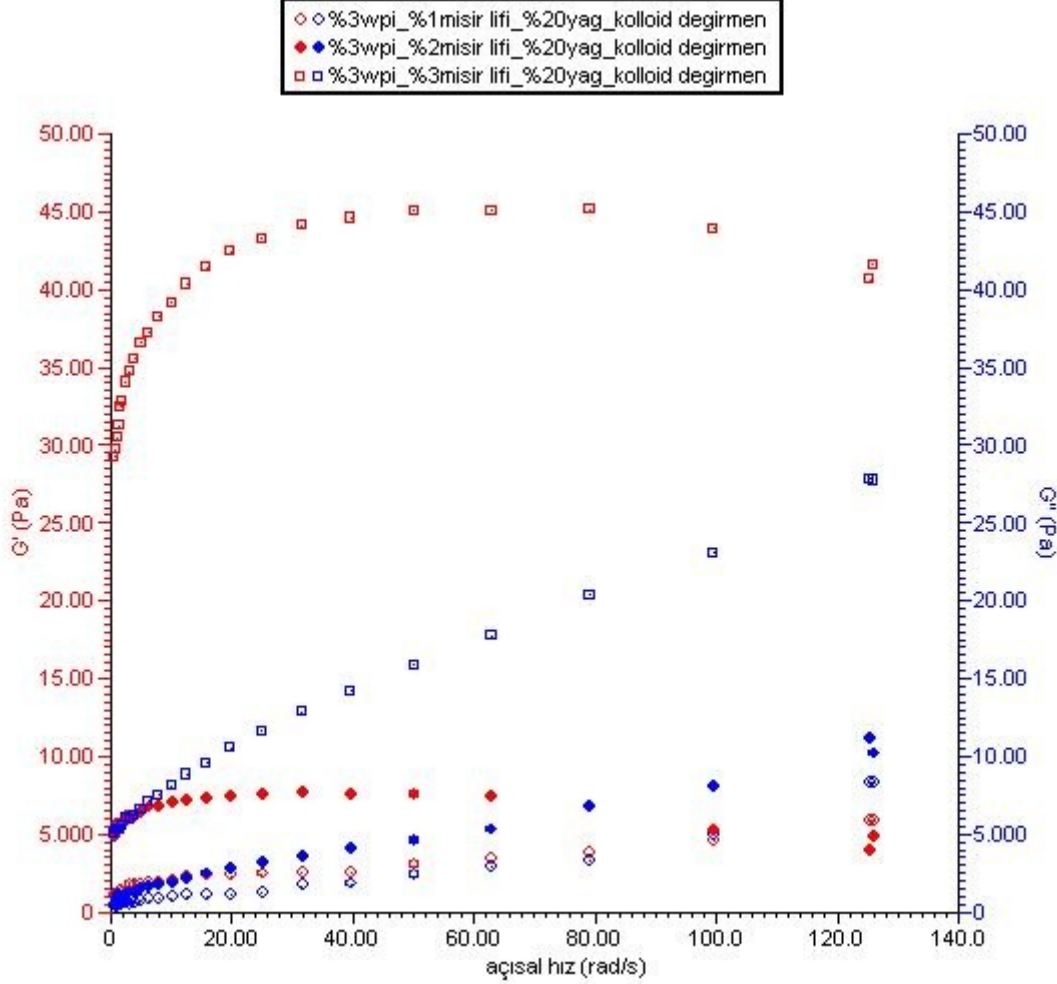
#### 4.1.6 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular



Şekil 4.6 Portakal kabuğu lifi içeren %50 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği

Yukarıdaki şekilde (Şekil 4.6) portakal lifi ile birlikte %50 oranında yağ içeren emülsiyonların viskozite değişimleri görülmektedir. Şekil 4.6, Şekil 4.3 ile kıyaslandığında, aynı miktarda lif içeren model emülsiyonlarda yağ oranının %20'den %50'ye çıkmasının, başlangıç viskozitelerini önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Şekil 4.6'ya göre %1 ve %3 oranında lif içeren emülsiyonlarda, mikroakışkan emülsiyonların viskozitelerinin kolloid emülsiyonlardan daha yüksek olduğu görülmektedir; ancak %2 oranında lif içeren grupta bu durum tam tersidir. Bunun analiz sırasında meydana gelen bir hatadan ileri geldiği düşünülmektedir. Gerek Şekil 4.3, gerekse Şekil 4.6 göz önüne alındığında, model emülsiyonların artan kayma hızına karşılık viskozitelerinin azalması tiksotropik özelliğin var olduğunu göstermektedir.

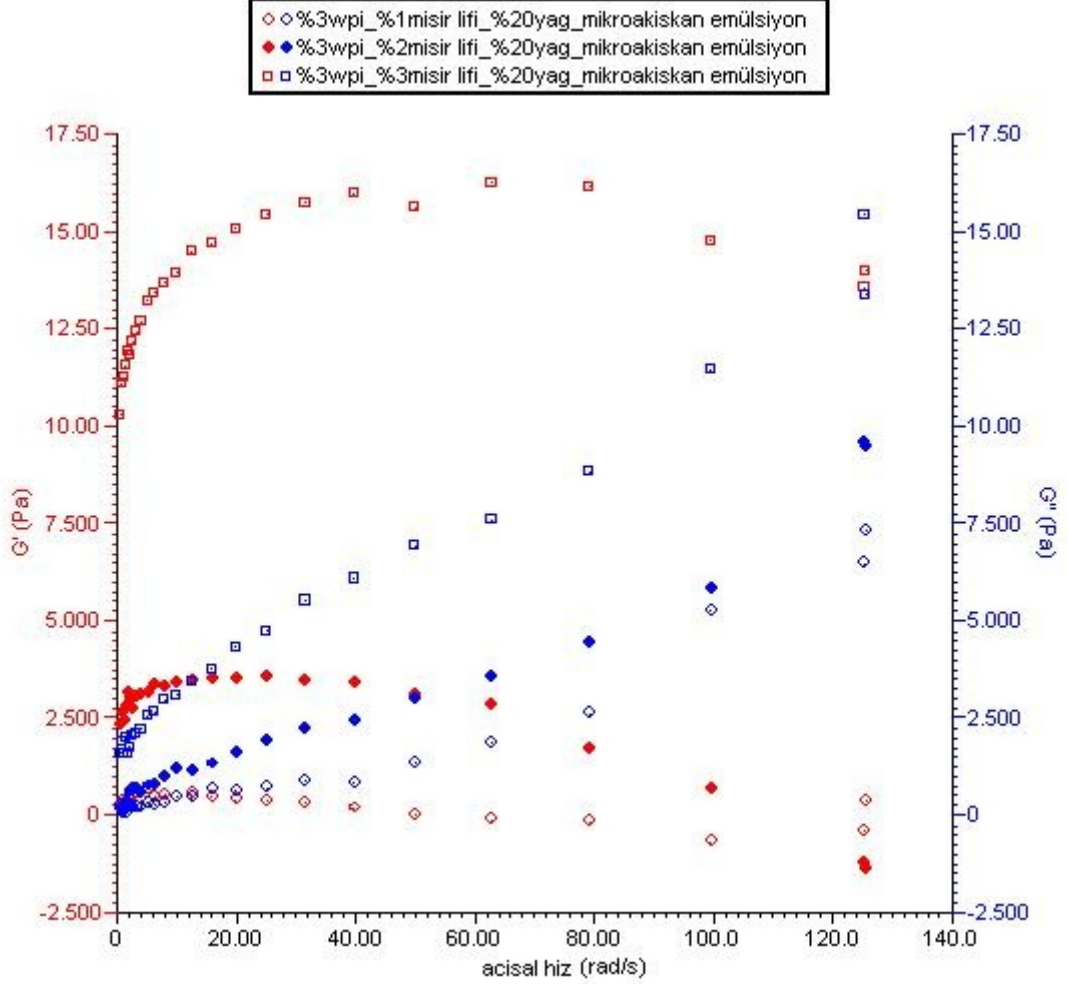
#### 4.1.7 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.7 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların açısal hıza karşı gösterdikleri direncin bir ölçüsü olan elastik (G') ve viskoz (G'') modül değerleri Şekil 4.7'de grafiğe aktarılmıştır. Buna göre, tıpkı portakal lifi içeren emülsiyonlarda olduğu gibi, lif miktarı arttıkça G' ve G'' değerleri de artmaktadır. Şekil 4.1 ile kıyaslandığında aynı yağ ve lif içeriğindeki emülsiyonlarda, mısır lifi içeren emülsiyonların bulgularının portakal lifi içeren emülsiyonlarınkinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu, mısır lifinin yapısından kaynaklanan bir durum olup, mısır lifi içeren emülsiyonların yapısının portakal lifi içeren emülsiyonlara göre daha sıkı olduğunu göstermektedir.

#### 4.1.8 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları

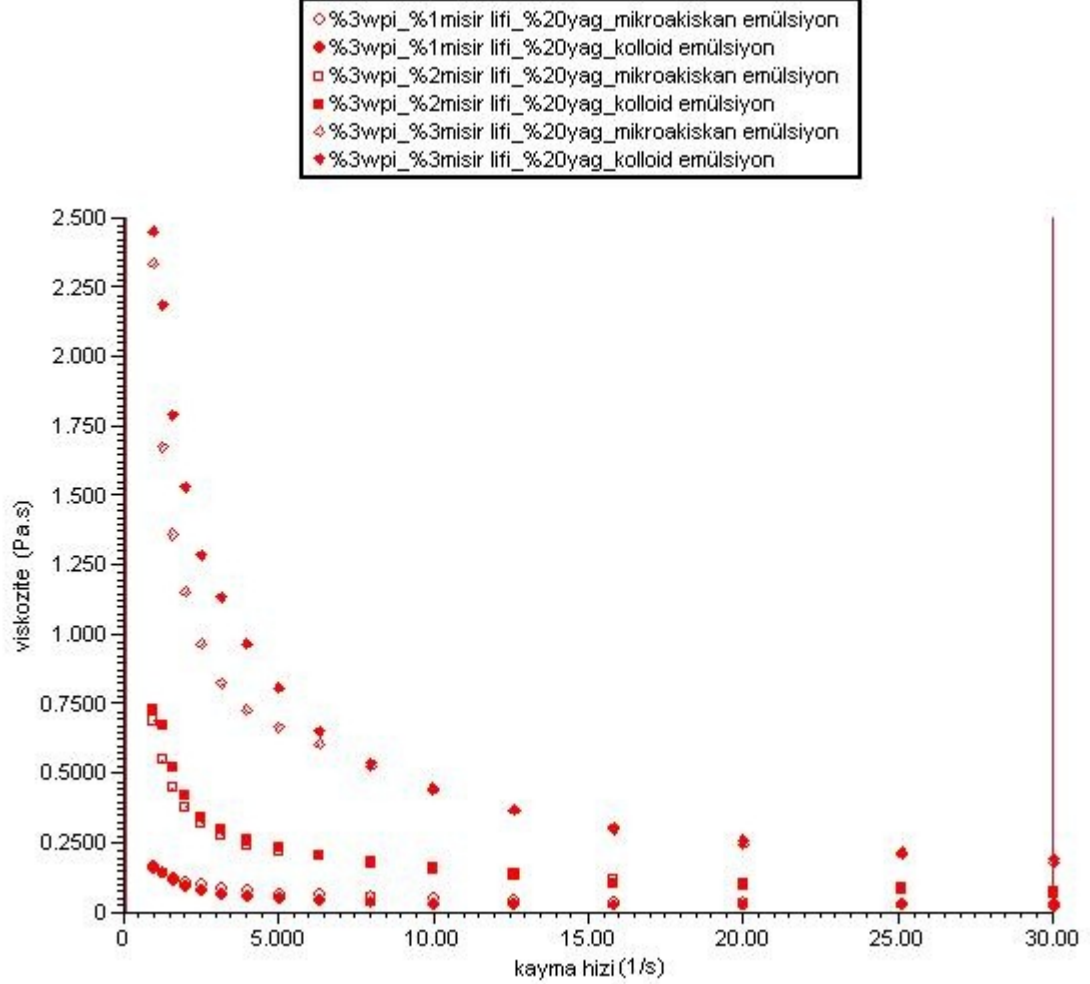


Şekil 4.8 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

Şekil 4.8'de %20 yağ içeren mısır lifli mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların reolojik bulguları görülmektedir. Şekil 4.7 ile kıyaslandığında mikroakışkanlaştırma işleminin G' değerlerini yükselttiği söylenebilir.



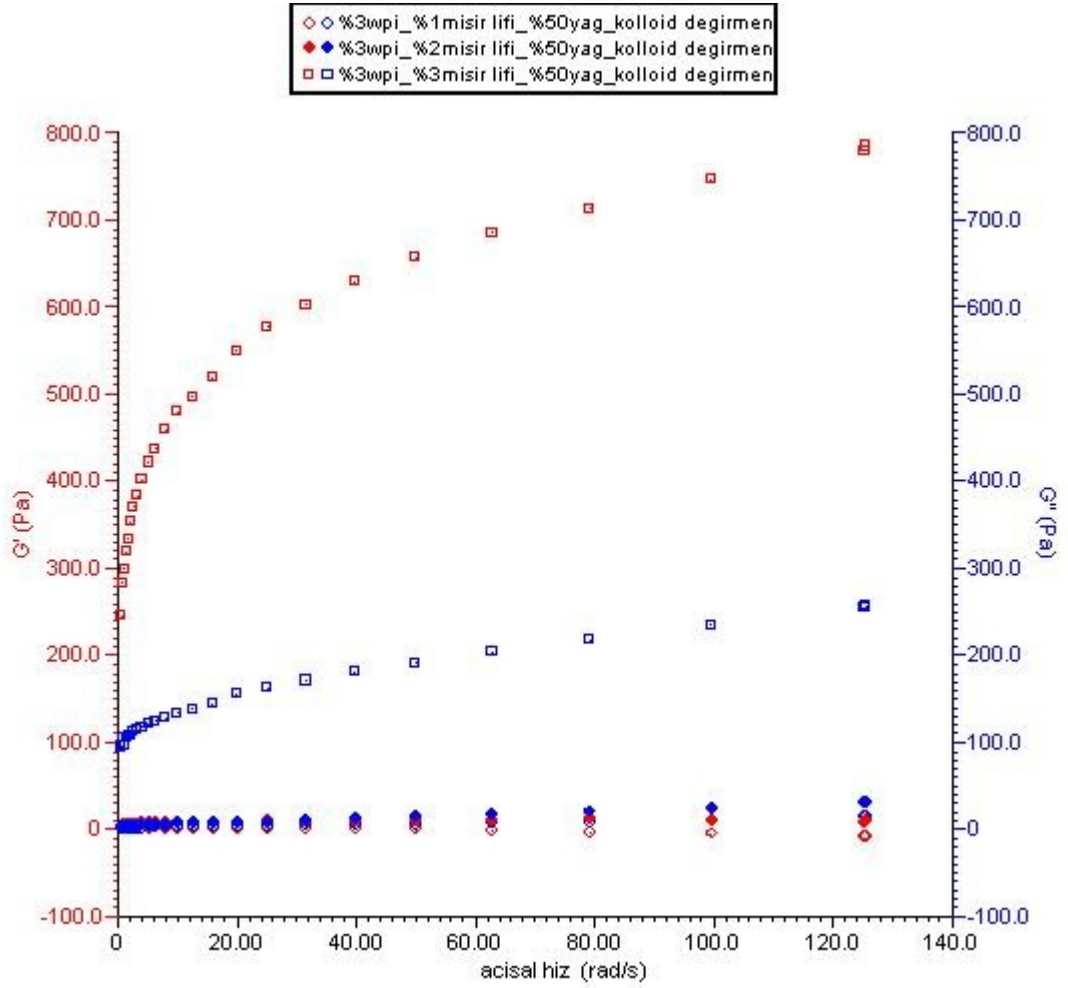
#### 4.1.9 Mısır kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular



Şekil 4.9 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği

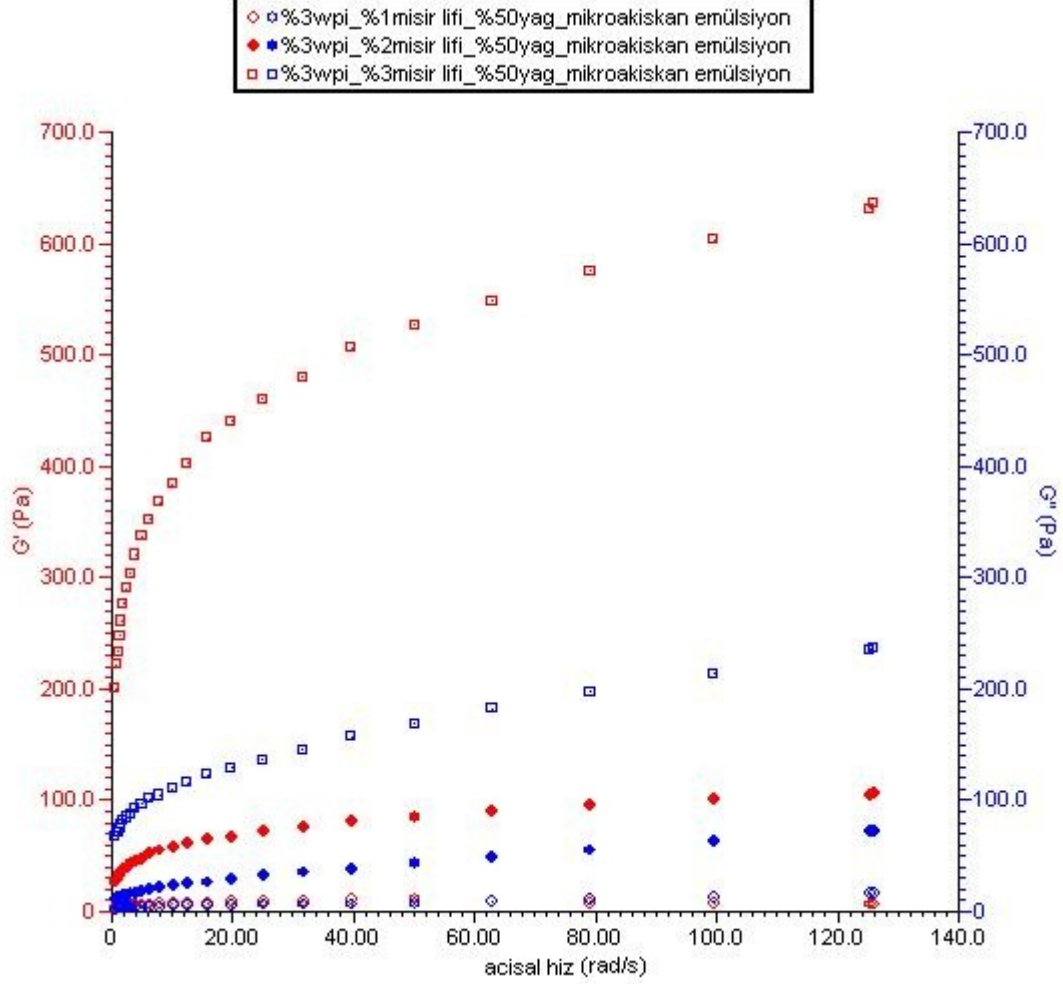
%20 yağ içeriğine sahip mısır lifli kolloid ve mikroakışkan formdaki emülsiyonların kayma hızı karşısında viskozitelerindeki değişimler Şekil 4.9'daki grafiğe aktarılmıştır. Mısır lifi gerek kolloid formda gerekse mikroakışkanlaştırıldığında oldukça sıkı bir yapıya sahip olduğundan, aynı lif içeriğinde kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların viskozitelerindeki değişimler çok küçük farklarla seyretmektedir. Ayrıca grafikten görüldüğü gibi, artan lif miktarı viskoziteyi artırmıştır. Bu sonuçlar İbanoğlu ve Erçelebi (2009)'nin bulguları ile paralellik göstermektedir.

#### 4.1.10 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.10 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

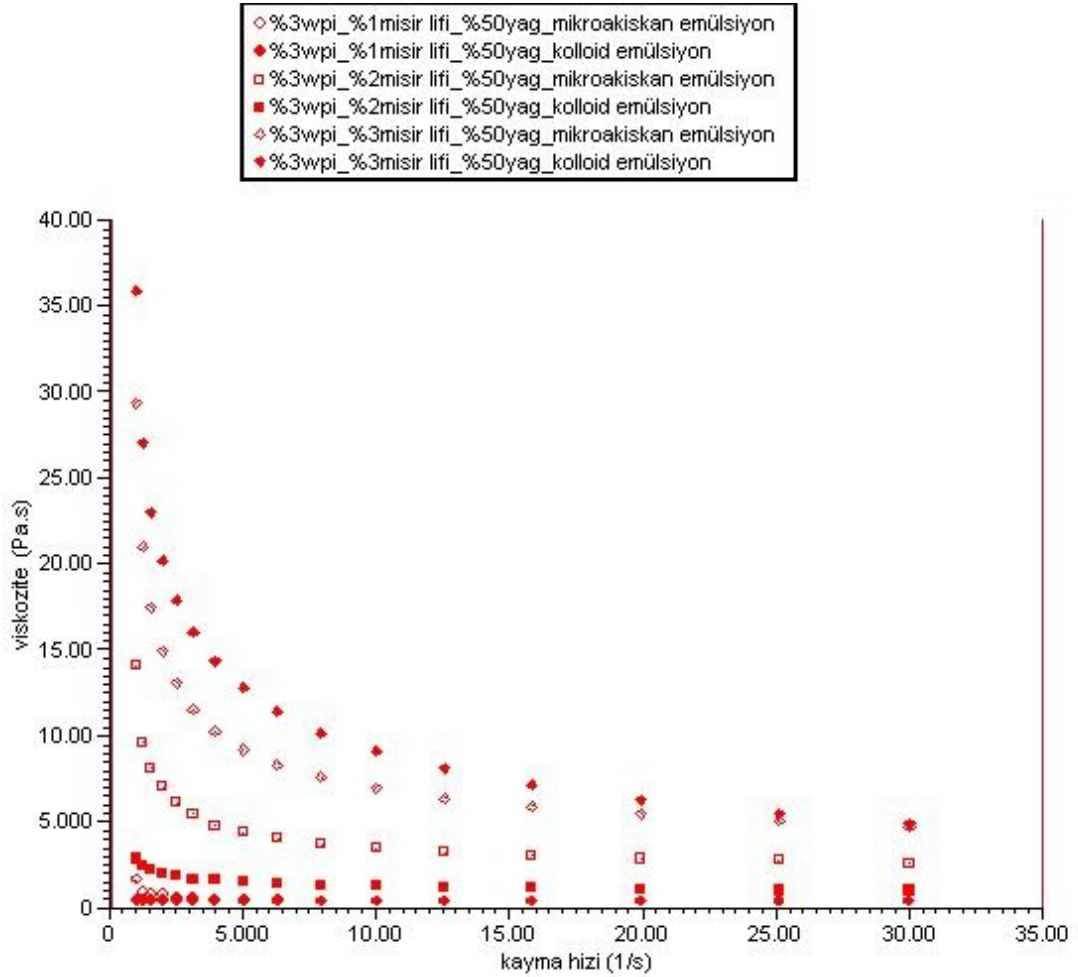
#### 4.1.11 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların osilasyon bulguları



Şekil 4.11 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların osilasyon değişim grafiği

Şekil 4.10-11'de sırasıyla %50 yağlı kolloid ve %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların G' ve G'' değerlerinin değişen osilasyon frekanslarındaki değişimi görülmektedir. Her iki grafiğe göre de, lif miktarı arttıkça sertleşen ve sıkılaştıran yapıya bağlı olarak, frekans değişimlerine gösterilen direncin arttığı yorumu yapılabilir.

#### 4.1.12 Mısır kabağı lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan ve kolloid emülsiyonların akış özelliklerine ait bulgular

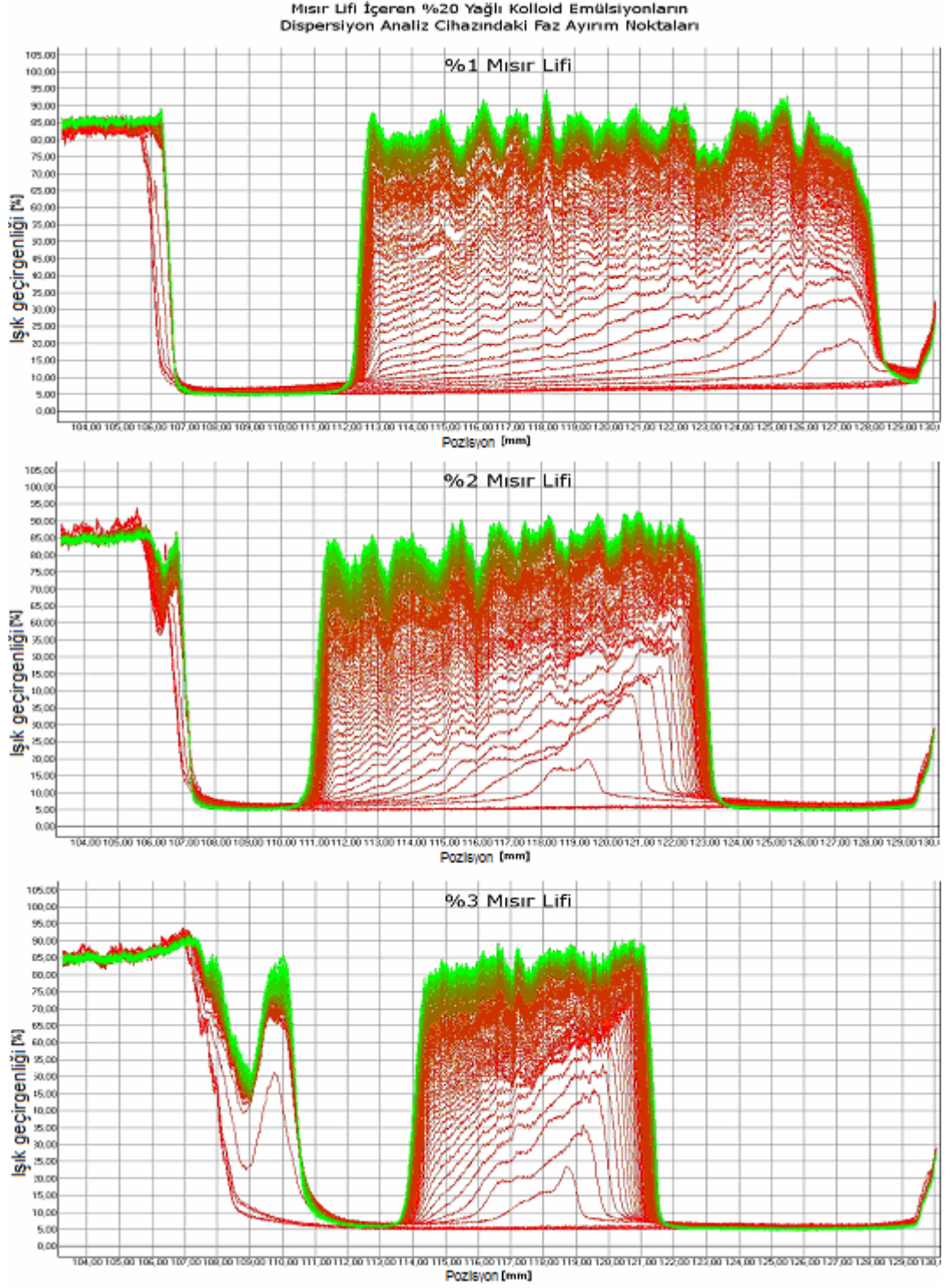


Şekil 4.12 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların kayma hızı-viskozite değişimi grafiği

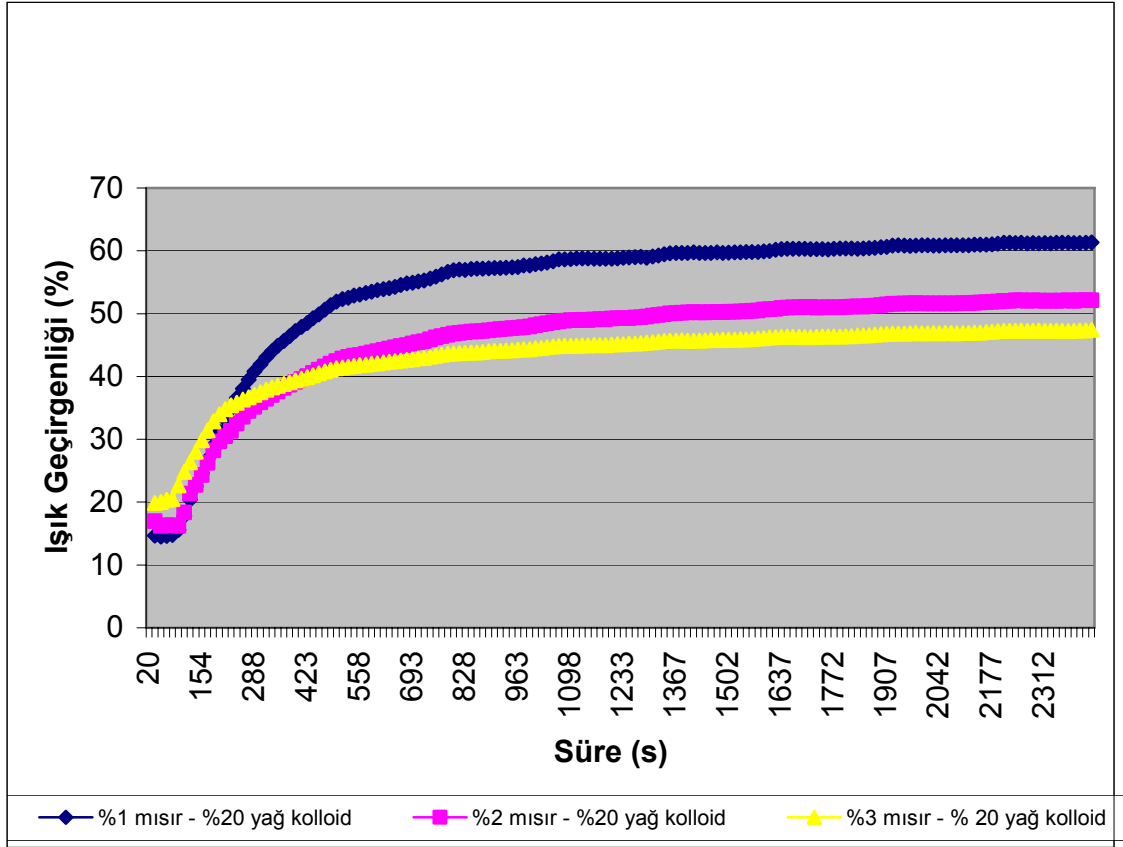
Şekil 4.12'deki grafik %50 yağ içeriğine sahip kolloid ve mikroakışkan formdaki mısır lifli emülsiyonların akış bulguları ile oluşturulmuştur. Şekil 4.12, Şekil 4.9 ile kıyaslandığında, aynı lif içeriğindeki emülsiyonlardan daha fazla yağ içeren grupların başlangıç ve daha sonraki viskozitelerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Daha fazla miktarda lif içeren grupların daha yüksek viskozite ile seyrettikleri ve mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların kolloid gruplardan daha yüksek viskoziteye sahip olduğu, daha sert ve sıkı bir yapı oluşturdukları belirlenmiştir.

## 4.2 Stabilite Sonuçları

### 4.2.1 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları



Şekil 4.13 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği

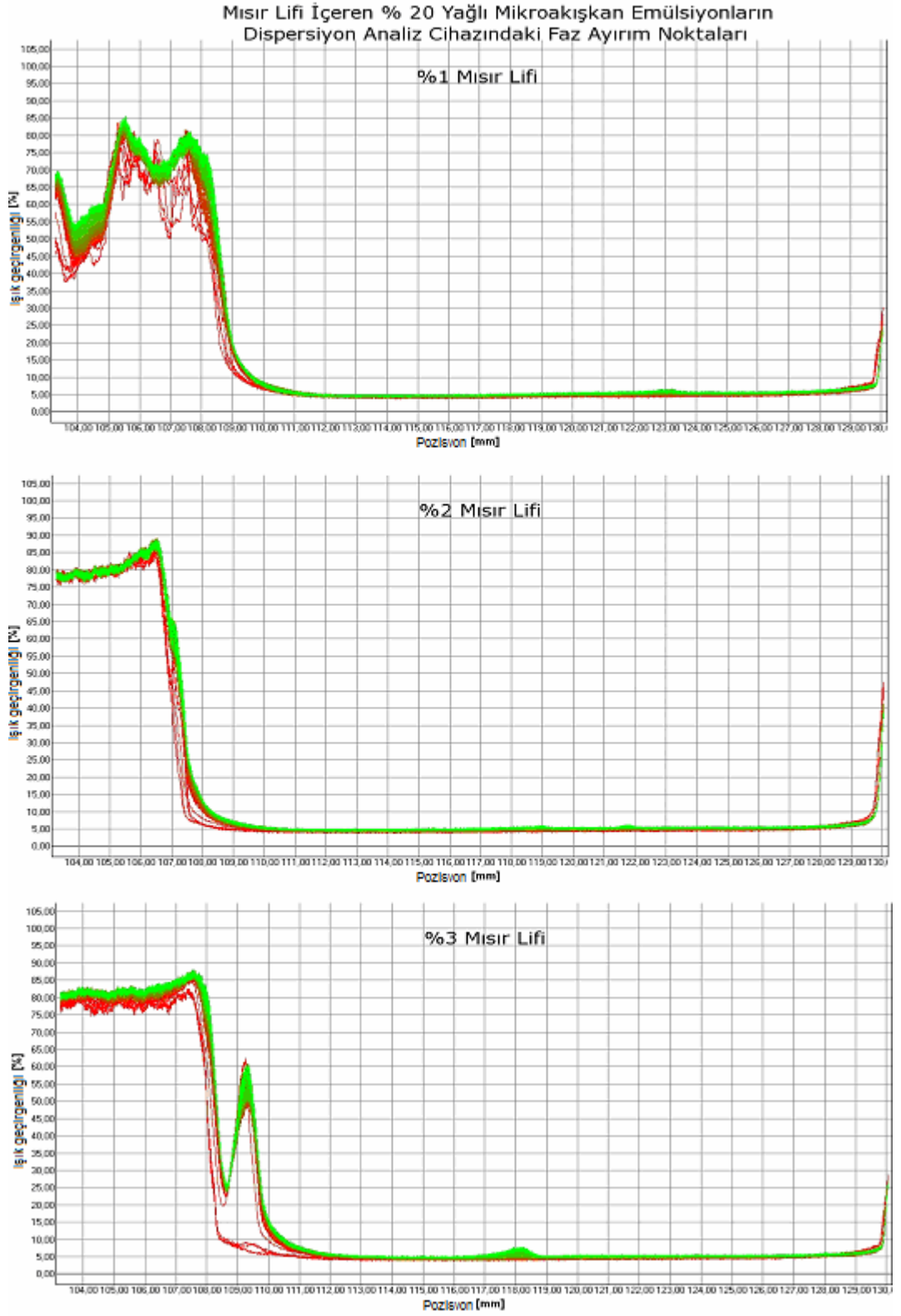


Şekil 4.14 Mısır lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Çizelge 3.1'deki formülasyona uygun olarak hazırlanan model emülsiyonlar, stabiliteleri ölçülmek üzere özel stabilite tüplerine doldurulmuş ve 3500 dev/dak. hızla santrifüj edilmişlerdir. Dispersiyon analiz cihazından elde edilen bulgular Şekil 4.13-14'e geçirilmiştir. Şekil 4.13'te yer alan grafik, %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi ve %20 yağ içeren kolloid emülsiyonların dispersiyon analiz cihazındaki santrifüjleme sonucunda elde edilen bulguları içermektedir. Bu grafiğin x-ekseni sembolik olarak tüp pozisyonlarını, y-ekseni ise tüpün herhangi bir noktasında o anda geçirilen ışık yoğunluğunu göstermektedir. Buna göre, %1 oranında lif içeren gruptan %3 oranında lif içeren gruba doğru gidildikçe, dispersiyon analiz cihazında santrifüj süresi boyunca santrifüj tüpünün diğer tarafına geçebilen ışık miktarının azaldığı görülmektedir. Bu sonuç, %3 oranında lif içeren emülsiyonun dağılmadığını, yani stabil kaldığını göstermektedir. Diğer bir deyişle, santrifüj koşulları altında %3 oranında lif içeren emülsiyon grubu diğer gruplara göre daha stabildir.

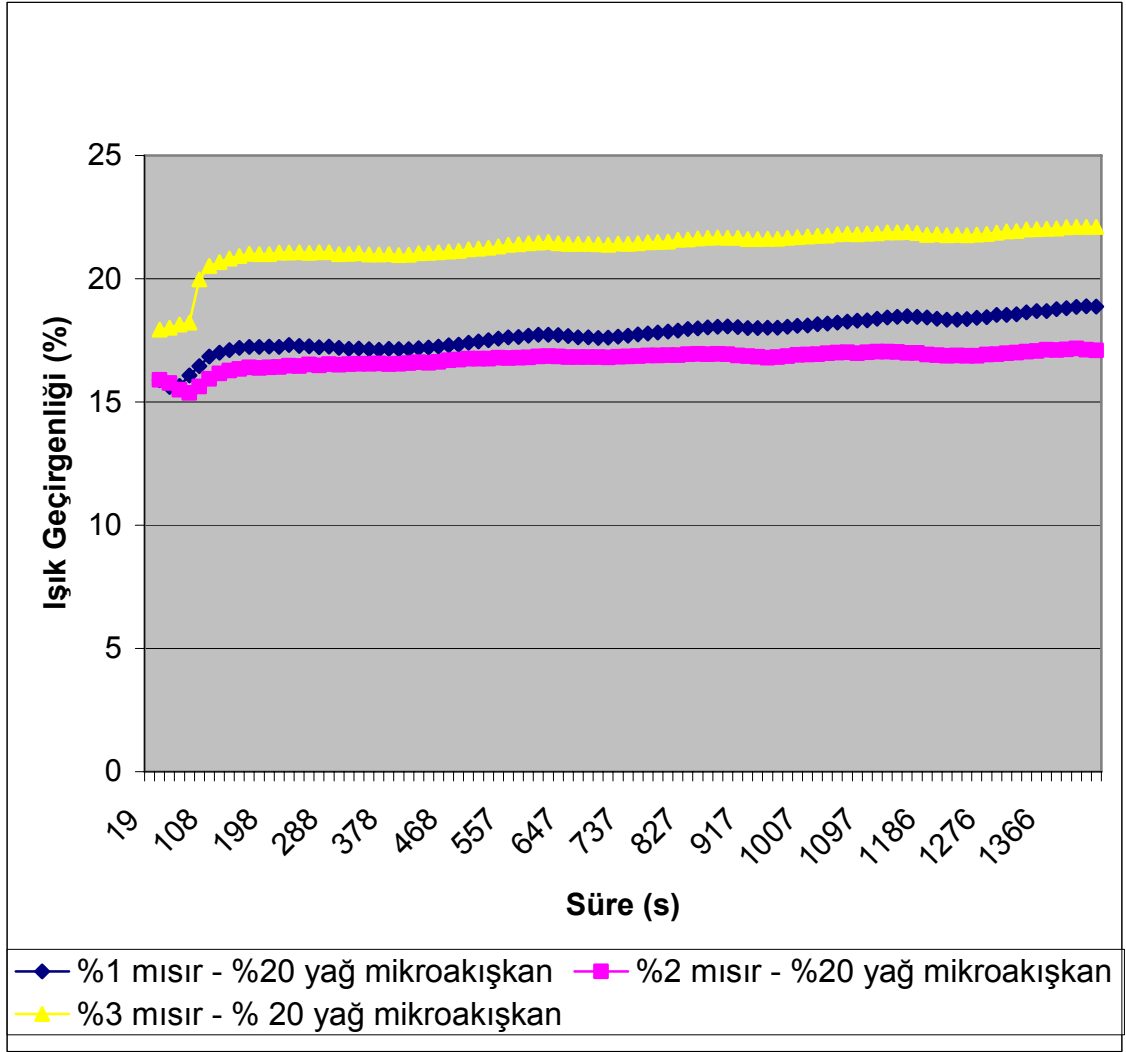
Şekil 4.14 ise, Şekil 4.13'teki grafikten elde edilen ışık geçirgenliği değerlerinin zamana karşı değişimini göstermektedir. Yaklaşık 5. dakikadan sonraki herhangi bir süre için, Şekil 4.13'e göre diğer gruplardan daha stabil olduğu görülen ve %3 oranında mısır lifi içeren emülsiyon grubunun ışık geçirgenliği diğer gruplardan daha azdır. Analizin sonlarına yaklaştıkça her grup için eğim değerleri sabit seyretmiştir ki, bu sonuç artık santrifüj ile ayırımın gerçekleşmediğini göstermektedir.

#### 4.2.2 Mısır lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları



Şekil 4.15 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği

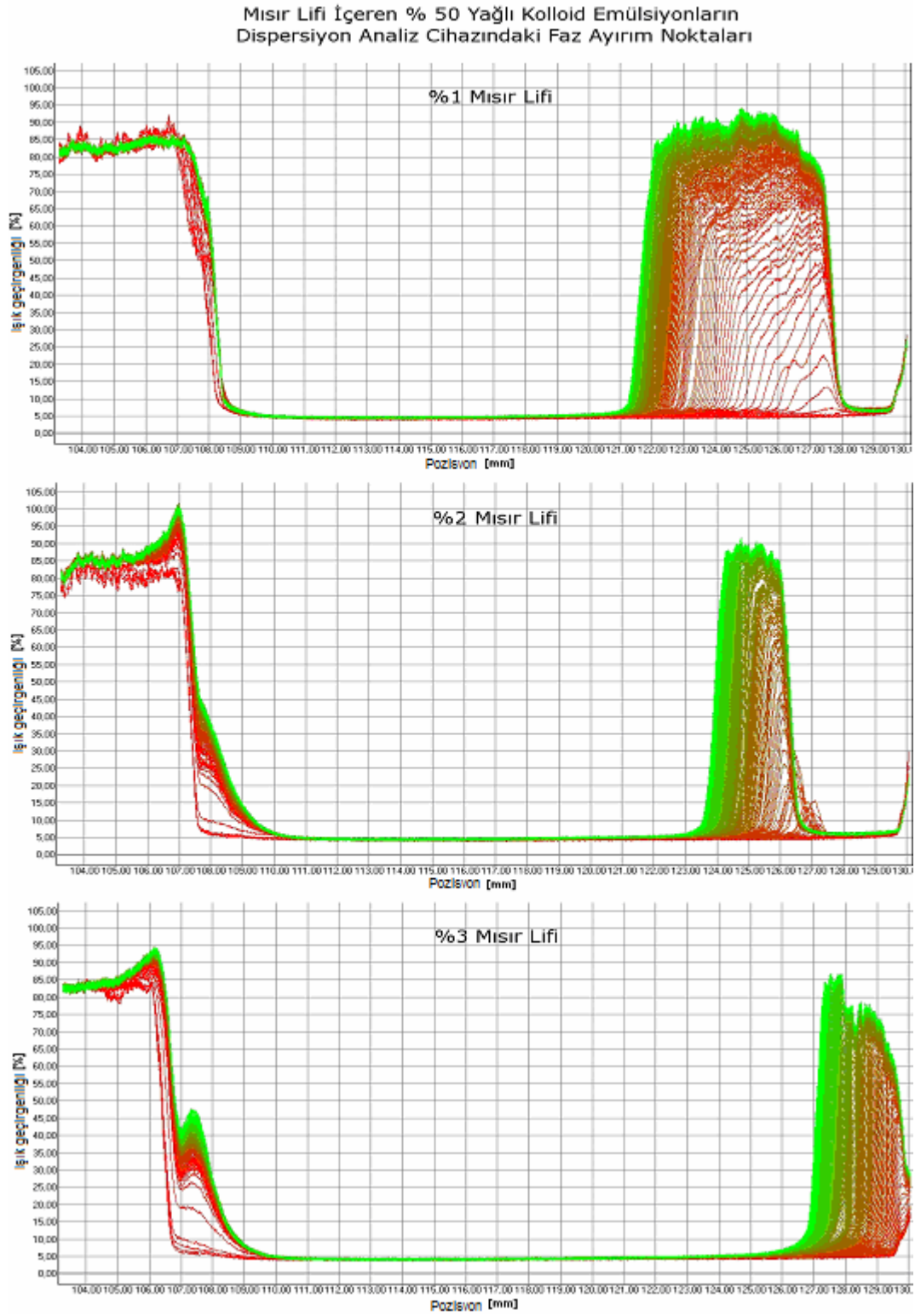


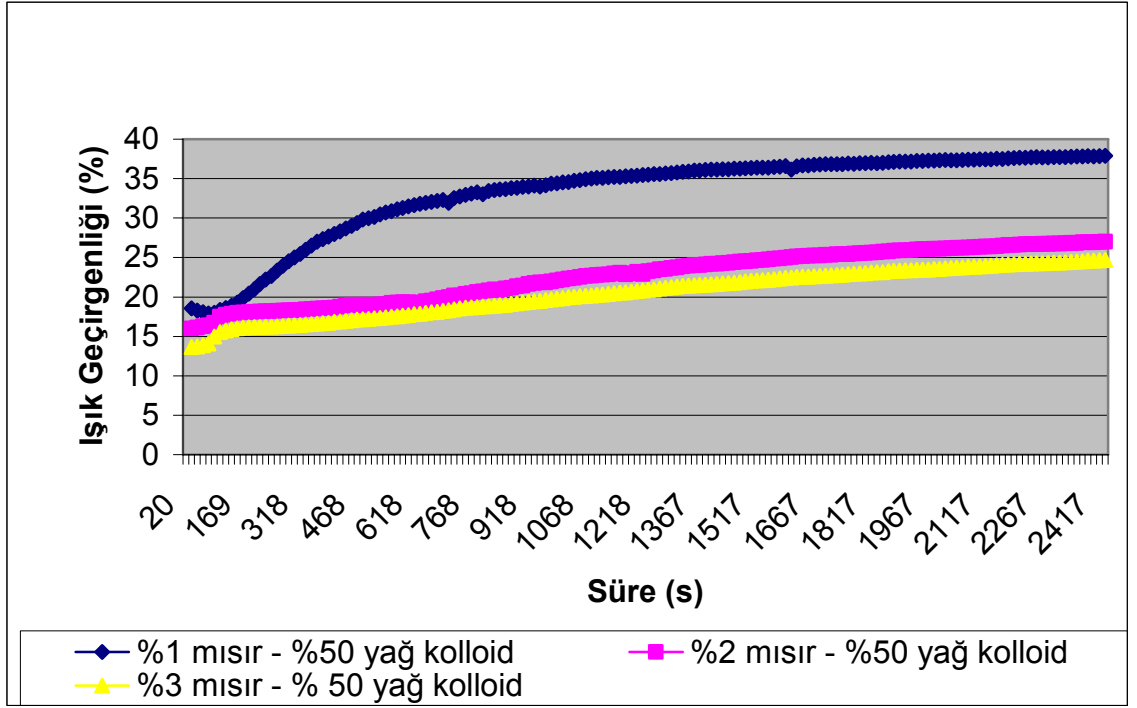


Şekil 4.16 Mısır lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Şekil 4.15 incelendiğinde, mikroakışkan emülsiyonların dispersiyon analiz cihazındaki stabiliteilerinin aynı oranda yağ içeren kolloid emülsiyonlara göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Şekil 4.16'daki grafiklerin eğimlerinden de görüleceği gibi, emülsiyonların dağılmadan stabiliteilerini korudukları süre kolloid emülsiyonların stabil olarak kaldıkları süreden fazladır. Bu değerlerden, mikroakışkan hale getirilmiş emülsiyonların stabiliteilerinin aynı oranda yağ içeren kolloid emülsiyonlara göre daha iyi olduğu açıkça görülmektedir.

#### 4.2.3 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları





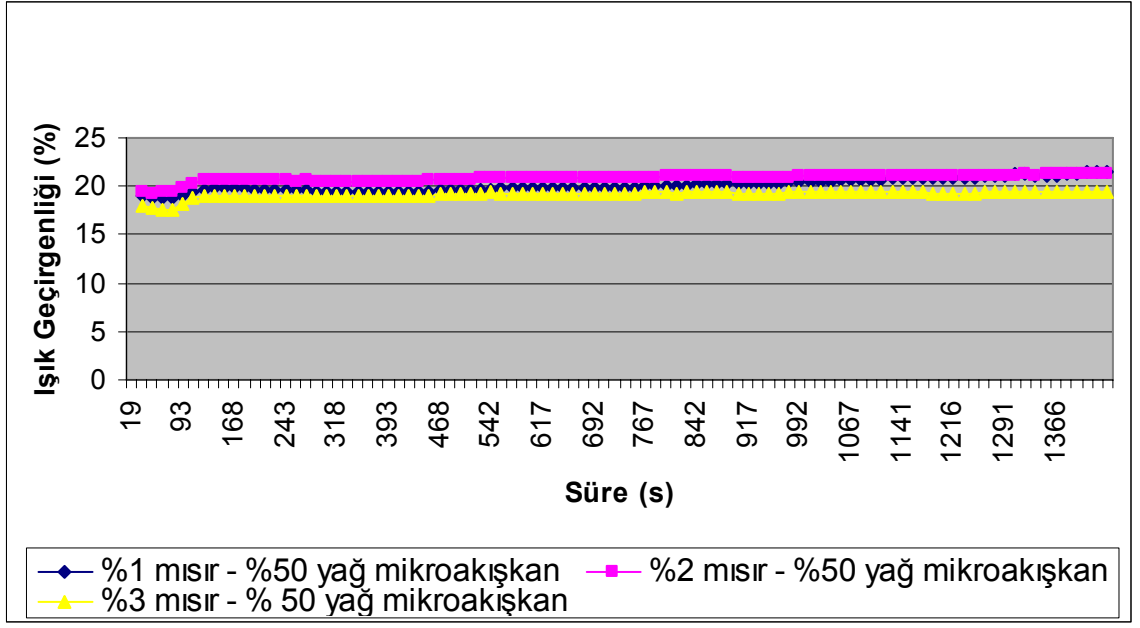
Şekil 4.18 Mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Şekil 4.17-18 mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların dispersiyon analiz cihazındaki santrifüjleme sonucunda elde edilen bulgulara ait grafiklerdir. Şekil 4.17'ye göre, aynı hammaddenin %50 yağ içeriğine sahip kolloid emülsiyon grubu, %20 yağ içeriğine sahip emülsiyon grubuna göre daha zor faz ayırımına uğramaktadır. Aynı şekilde Şekil 4.18'deki eğrilerin eğimlerine göre, lif miktarı arttıkça faz dağılımının zorlaşmasına bağlı olarak stabilitenin arttığı yorumu da yapılabilir.

#### 4.2.4 Mısır lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları



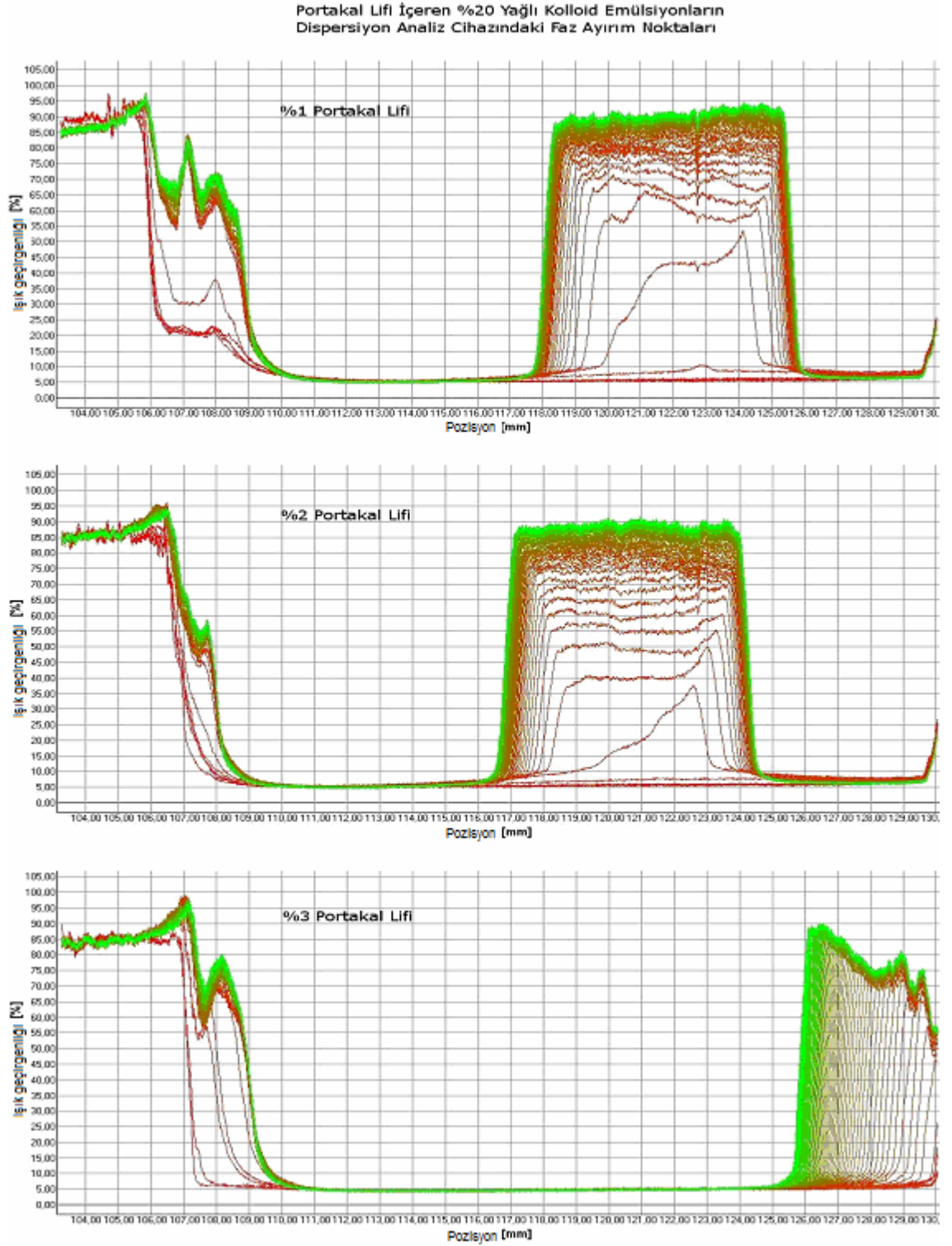
Şekil 4.19 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği



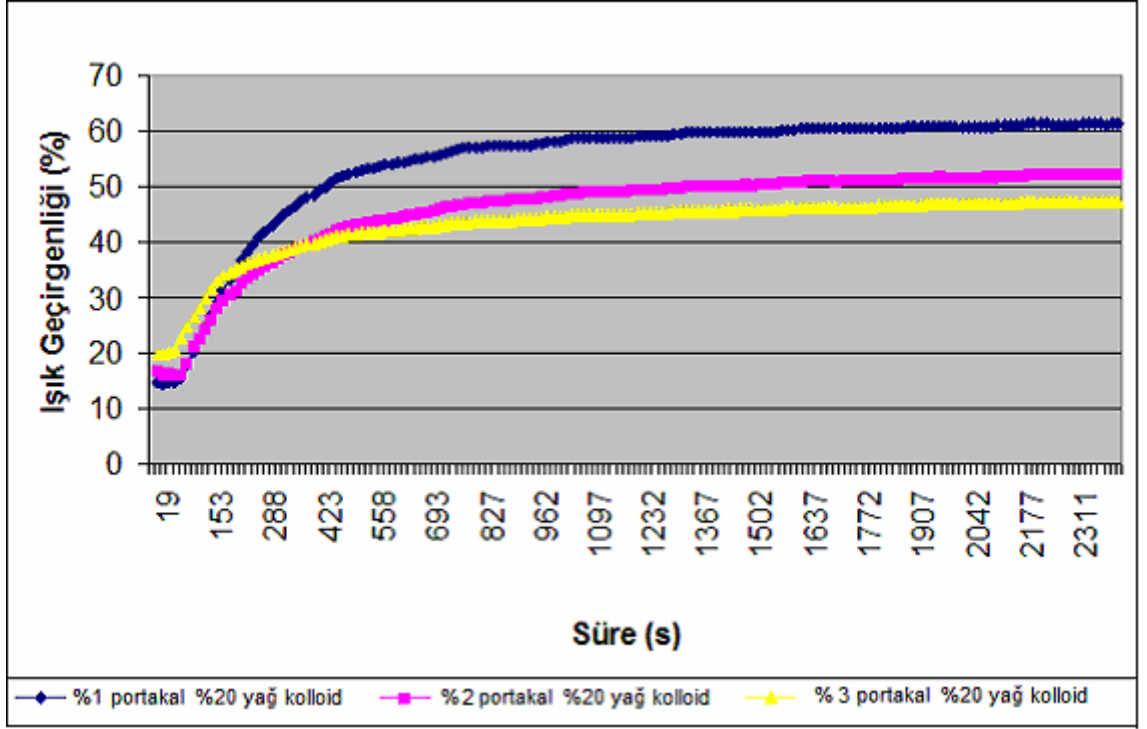
Şekil 4.20 Mısır lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Şekil 4.19-20'deki veriler, %50 yağ içeriğindeki mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların dispersiyon analiz cihazından elde edilen bulgularıdır. Bu verilere göre aynı lif oranında artan yağ oranının stabiliteyi artırdığı veya aynı yağ oranında emülsiyona katılan lif miktarı arttıkça faz ayrımının zorlaştığı öne sürülebilir.

#### 4.2.5 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları



Şekil 4.21 Portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği

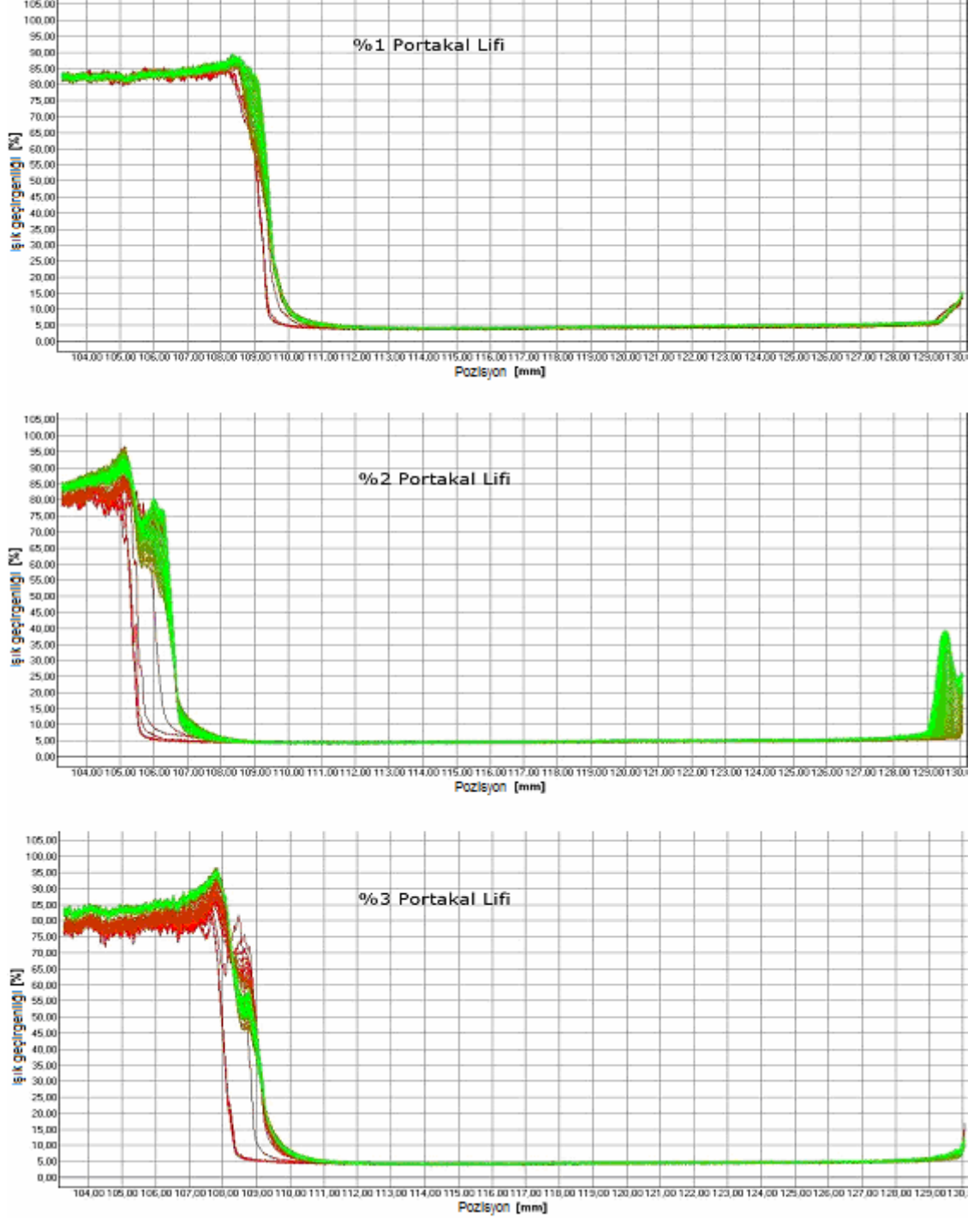


Şekil 4.22 Portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonlar dispersiyon analiz cihazında santrifüj işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen bulgular Şekil 4.21-22'deki gibi grafiğe geçirilmiştir. Buna göre, portakal lifli emülsiyonlardaki lif miktarı arttıkça emülsiyonların faz dağılımı zorlaşmakta ve emülsiyonların stabilitesi bu artışa bağlı olarak artmaktadır.

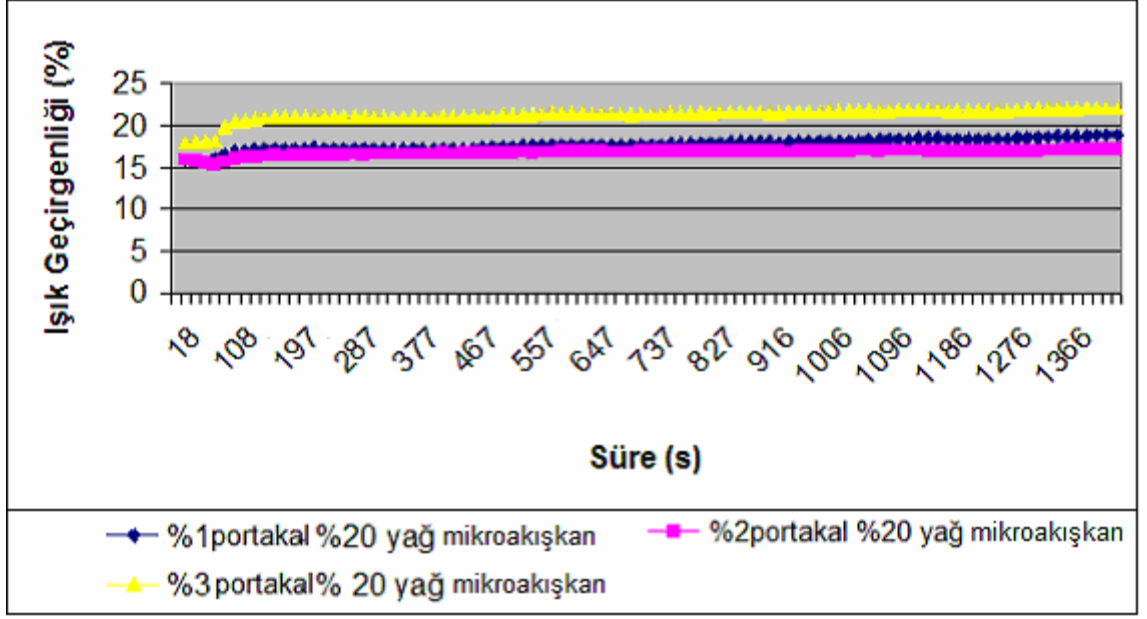
#### 4.2.6 Portakal kabuğu lifi ve %20 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları

Portakal Lifi İçeren %20 Yağlı Mikroakışkan Emülsiyonların Dispersiyon Analiz Cihazındaki Faz Ayırım Noktaları



Şekil 4.23 Portakal lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği



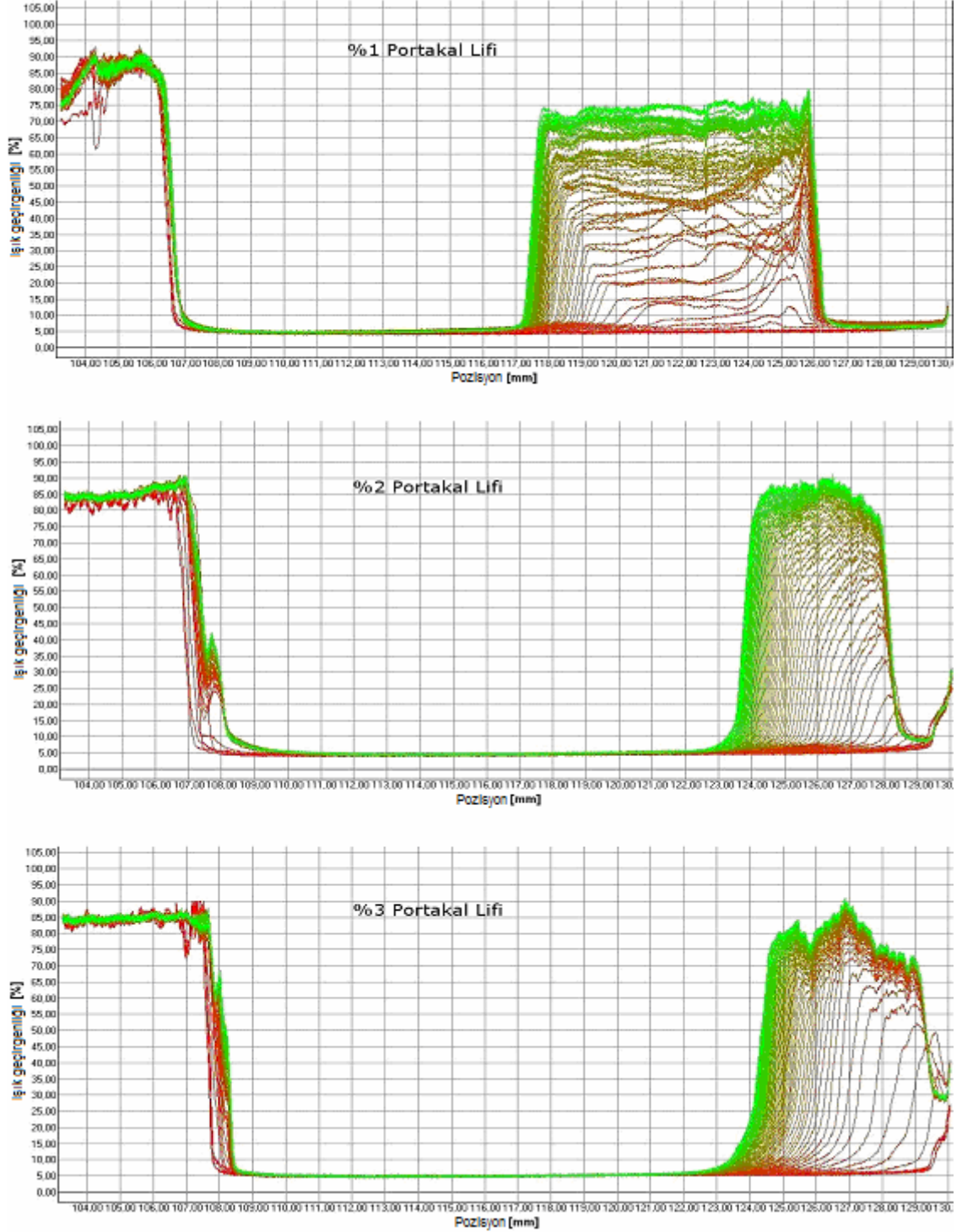


Şekil 4.24 Portakal lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

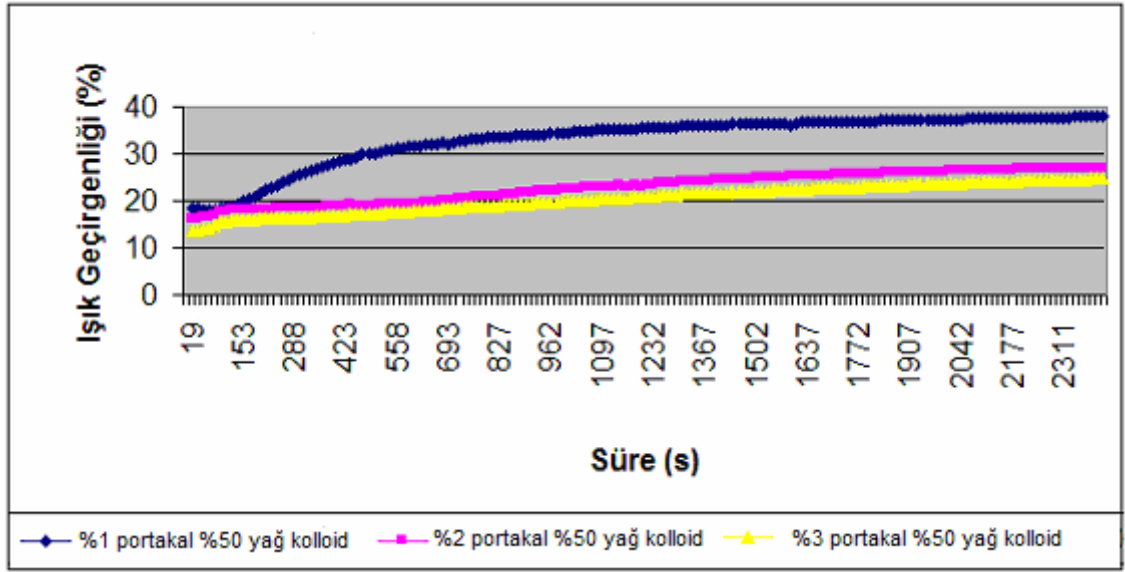
Şekil 4.23-24'deki grafikler ise %20 yağ içeren mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların santrifüleme sonucunda elde edilen bulguları içermektedir. Kolloid emülsiyonlar ile karşılaştırıldığında, aynı yağ ve lif oranlarında mikroakışkan emülsiyonların stabiliteilerinin kolloid emülsiyonların stabiliteilerinden daha iyi olduğu görülmektedir.

#### 4.2.7 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren kolloid emülsiyonların stabilite bulguları

Portakal Lifi İçeren %50 Yağlı Kolloid Emülsiyonların Dispersiyon Analiz Cihazındaki Faz Ayırım Noktaları



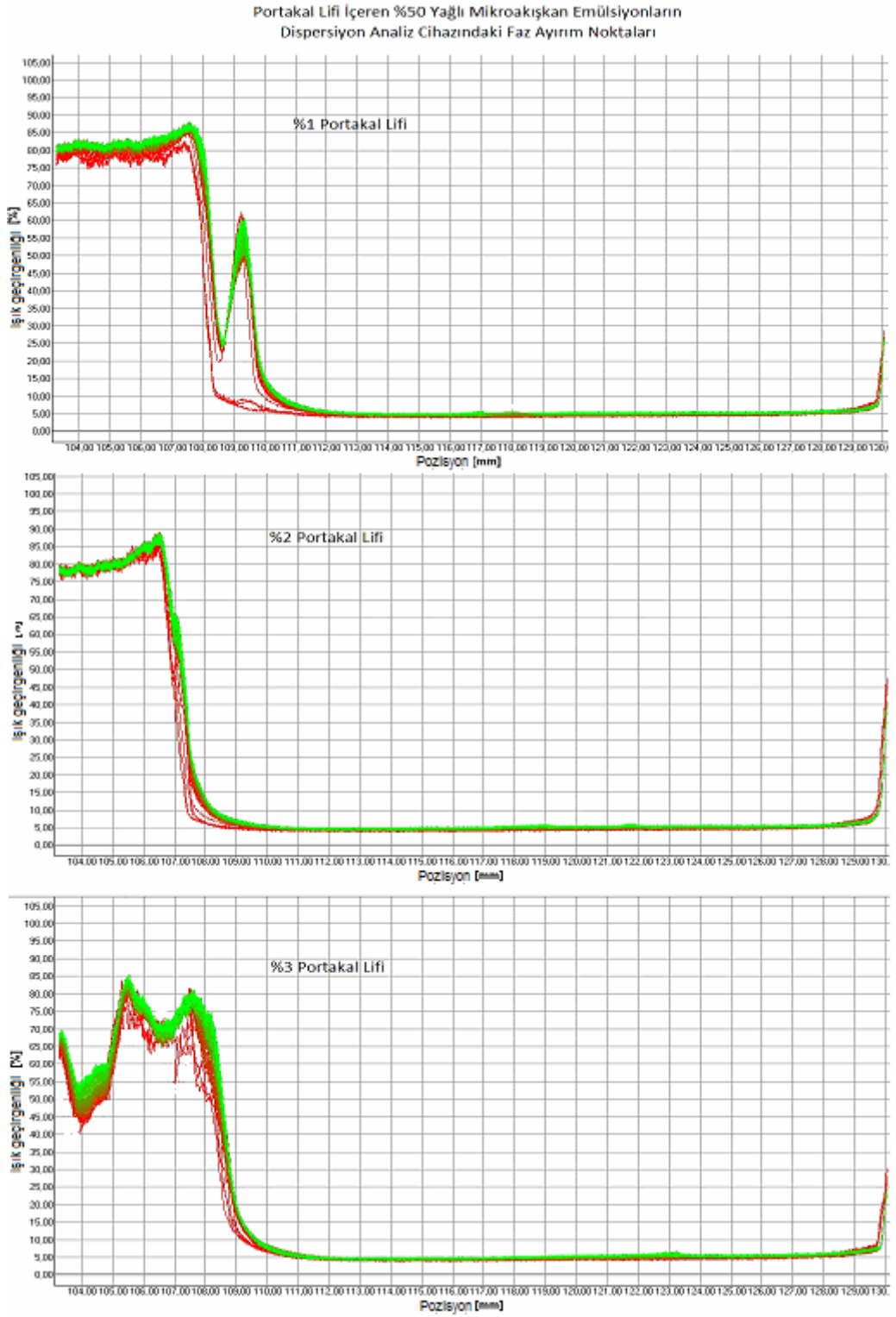
Şekil 4.25 Portakal lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların stabilite grafiği



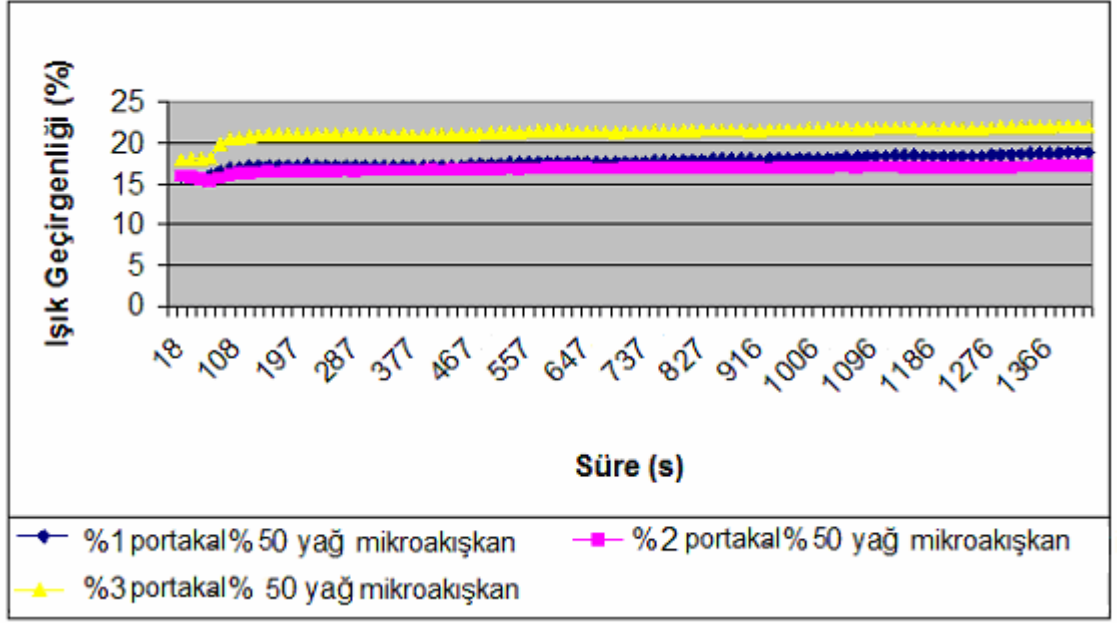
Şekil 4.26 Portakal lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Yağ miktarı %50'ye çıkarılmış olan portakal lifli kolloid emülsiyonların santrifüjleme sonucunda verdiği değerler Şekil 4.25-26'da grafiğe geçirilmiştir. Bu değerler incelendiğinde, yağ miktarını artırmanın %20 yağlı kolloid emülsiyonlara göre stabiliteyi artırdığı ve ışık geçirgenliği eğrisinin eğimini azalttığı görülmektedir.

#### 4.2.8 Portakal kabuğu lifi ve %50 oranında yağ içeren mikroakışkan emülsiyonların stabilite bulguları



Şekil 4.27 Portakal lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların stabilite grafiği



Şekil 4.28 Portakal lifi içeren %50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların zamana karşı ışık geçirgenliği yüzdeleri

Şekil 4.27-28'deki grafikler %50 yağlı mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların dispersiyon analiz cihazında elde edilen ışık geçirgenliği yüzdelerini göstermektedir. Bu grafiklere göre, gerek yağ miktarının artışı gerek ikinci boyut küçültme işlemi olan mikroakışkanlaştırma işlemi stabilizeyi oldukça artırmakta ve faz ayrılmasını diğer emülsiyon gruplarına göre oldukça zorlaştırmaktadır.

### 4.3 Stabilite Resimleri

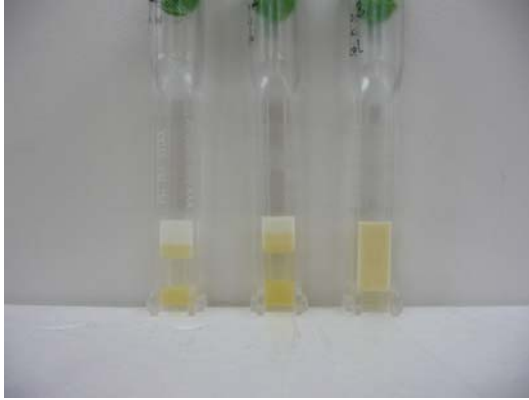


(a)

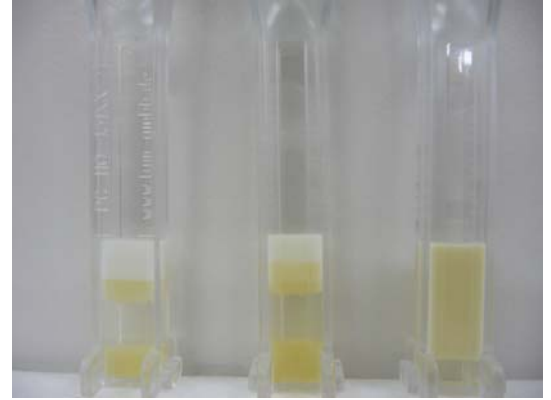


(b)

Şekil 4.29.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında portakal lifi içeren %20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları



(a)



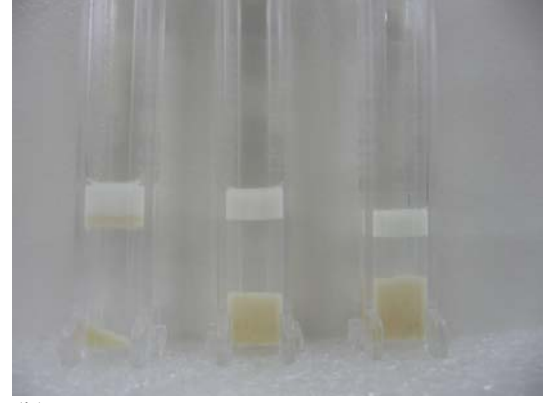
(b)

Şekil 4.30.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında portakal lifi içeren %20 yağlı kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları

Şekil 4.29-30 incelendiğinde, aynı yağ içeriğindeki grup içerisinde daha yüksek miktarda portakal lifi içeren emülsiyonun, diğer emülsiyonlara göre çok daha az faz ayrılmasına uğradığı görülmektedir. Aynı şekilde aynı miktarda lif içermesine rağmen, mikroakışkan emülsiyonun kolloid emülsiyona göre çok daha stabil kaldığı ve emülsiyonu oluşturan fazların birbirlerinden kopmadığı tespit edilmiştir. Bu durum, emülsiyonlara lif ilavesinin yapıyı birbirine daha iyi bağlamasından kaynaklanmaktadır.



(a)

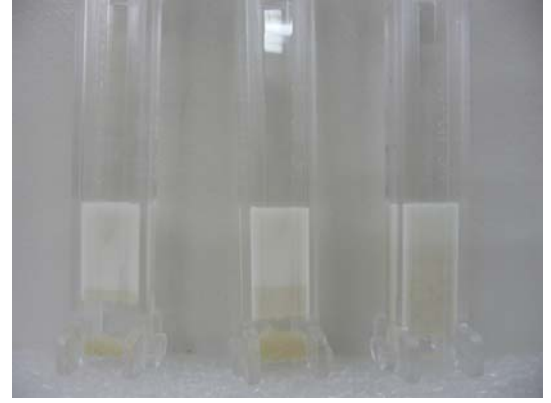


(b)

Şekil 4.31.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 20 yağlı kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları



(a)



(b)

Şekil 4.32.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren %50 yağlı kolloid emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları

Şekil 4.31-32'ye göre, aynı miktarda mısır lifi içeren emülsiyonlardan daha yüksek miktarda yağ içeren grubun santrifüjleme sırasında daha zor faz ayrılmasına uğradığı ve bunun sonucu olarak da daha stabil kaldığı gözlenmiştir. Bu durumun, artan yağ miktarının emülsiyonlarda daha iç içe ve sıkı bir yapı oluşturmasından ileri geldiği düşünülmektedir.



(a)

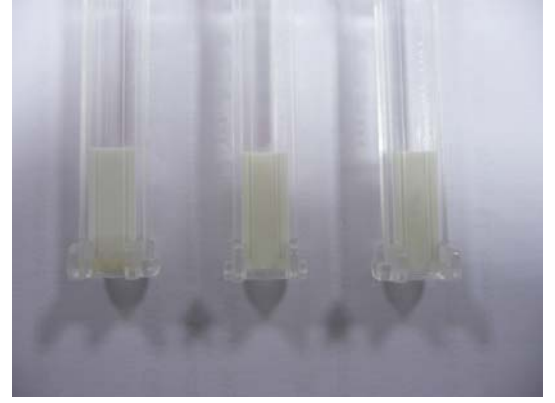


(b)

Şekil 4.33.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 20 yağlı mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları



(a)



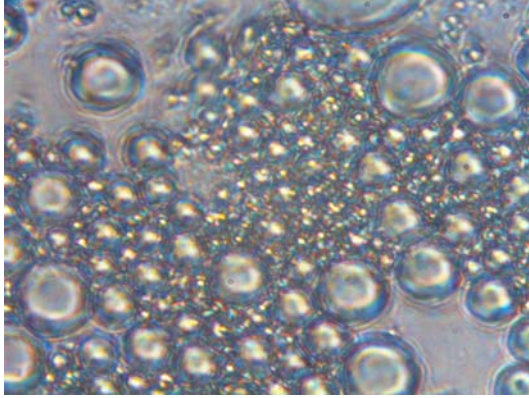
(b)

Şekil 4.34.a.b Soldan sağa %1, %2 ve %3 oranlarında mısır lifi içeren % 50 yağlı mikroakışkan emülsiyonların tüp içerisindeki ayırım noktaları

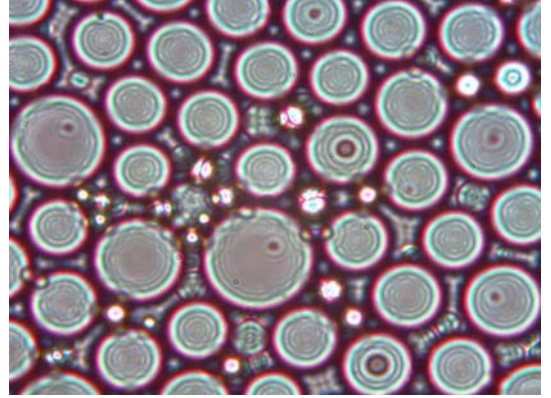
Şekil 4.33-34'e göre ise, mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonlarda artan yağ miktarının stabiliteyi önemli ölçüde artırdığı görülmektedir. Önceki şekiller ile kıyaslandığında, mısır lifi içeren kolloid emülsiyon grubunun stabilitesinin mikroakışkan emülsiyon grubunun stabilitesine göre oldukça düşük olduğu ve santrifüjleme sırasında kolaylıkla faz ayrılmasına uğradığı gözlenmiştir. Bu durum boyut küçültme işleminin emülsiyon stabilitesine ne derece etkili olduğunu göstermektedir.



#### 4.4 Mikroskop Resimleri

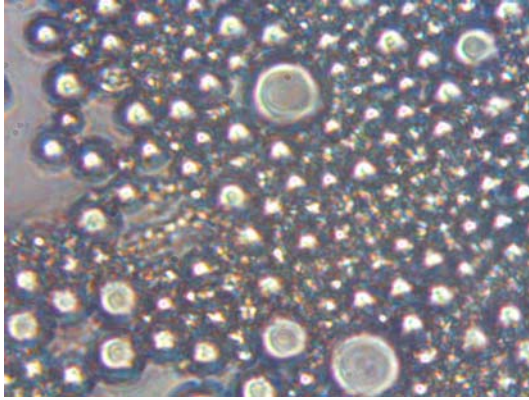


(a)

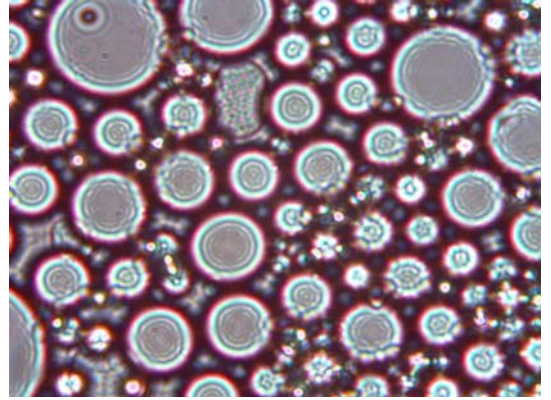


(b)

Şekil 4.35.a.b %1 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri

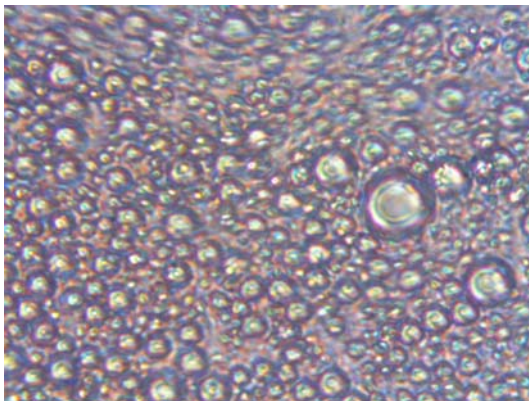


(a)

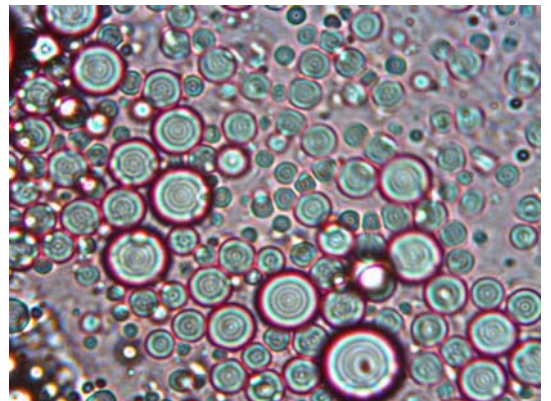


(b)

Şekil 4.36.a.b %2 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri



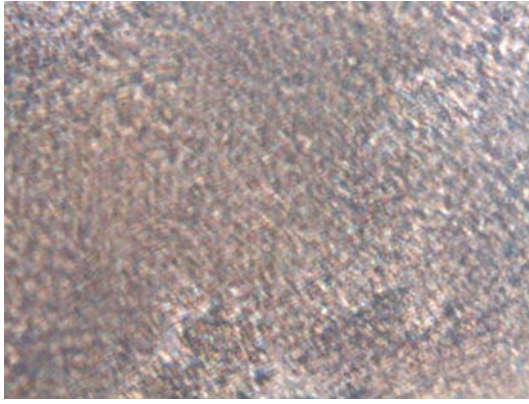
(a)



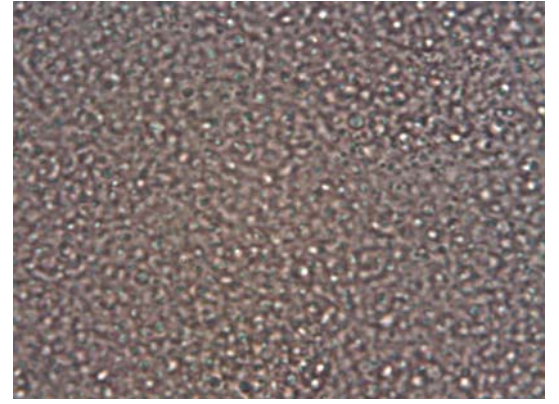
(b)

Şekil 4.37.a.b %3 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri

Şekil 4.35-37 incelendiğinde, aynı oranda yağ içeren emülsiyon gruplarına artan oranlarda lif ilavesinin yapıyı sıklaştırdığı, damlacıklar arasındaki boşlukları azaltarak ve bazı durumlarda da damlacıklar ile üst üste gelerek 3 boyutlu bir yapı oluşturduğu gözlenmiştir. Ayrıca mikroskop altında damlacıkların dağılımı incelendiğinde, daha fazla oranda lif içeren emülsiyonlardaki damlacıkların diğer gruplardakine göre daha homojen dağıldığı belirlenmiştir.

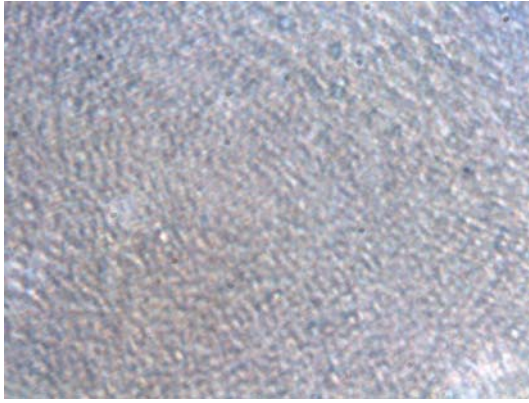


(a)

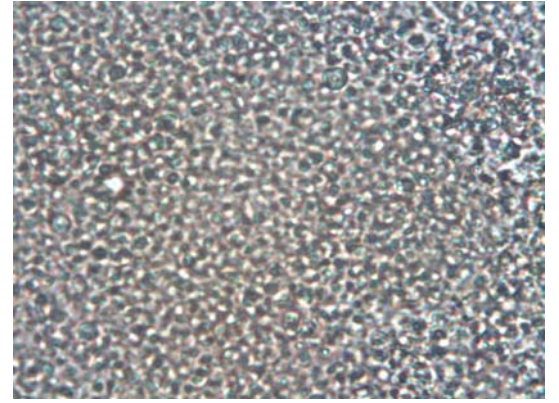


(b)

Şekil 4.38.a.b %1 oranında mısır lifi içeren mikroakışkan emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri

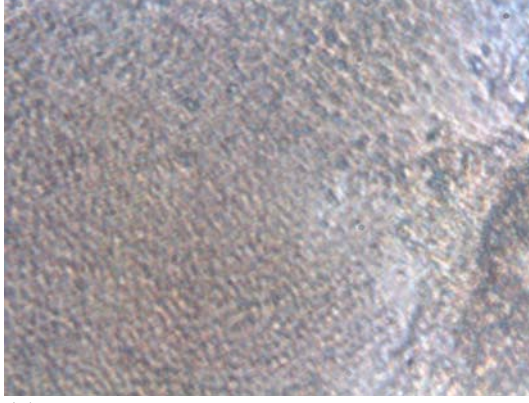


(a)

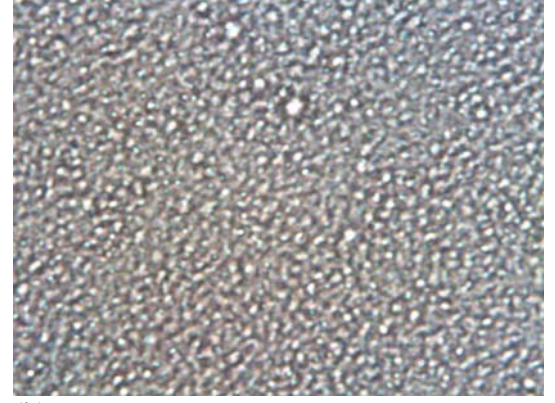


(b)

Şekil 4.39.a.b %2 oranında mısır lifi içeren mikroakışkan emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri



(a)



(b)

Şekil 4.40.a.b %3 oranında mısır lifi içeren kolloid emülsiyonun 63 kez (a) ve 100 kez (b) büyütülmüş resimleri

Şekil 4.38-40 incelendiğinde, nano boyutlardaki lif ilavesinin mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonların damlacık dağılımını önemli ölçüde sıkılaştırdığı ve bu sayede de emülsiyonların faz ayrımını güçleştirerek daha stabil bir yapı kazanmalarını sağladığı gözlenmiştir.

Kolloid ve mikroakışkan emülsiyonların mikroskop görüntüleri kıyaslandığında, mikroakışkanlaştırılmış emülsiyonlara lif ilavesinin kolloid emülsiyonlardakine göre damlacık dağılımını çok daha görünür şekilde etkilediği ve mikroakışkanlaştırma işleminin daha kaba bir boyut küçültme işlemine göre çok daha etkin bir homojenizasyon sağladığı belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile dispersiyon analiz cihazından elde edilen stabilite sonuçları bir araya getirildiğinde, mikroakışkanlaştırma işleminin emülsiyondaki fazları çok daha sıkı bir şekilde bir arada tuttuğu ve emülsiyon stabilitesini önemli ölçüde artırdığı söylenebilir.

## 5. SONUÇ

Yapılan çalışmalarda, model emülsiyonlara bitkisel lif ilavesinin, emülsiyonların görünümünü iyileştirip yapılarını sıkılaştırdığı, stabiliteyi de yükselttiği tespit edilmiştir. Aynı oranda lif içeren gruplardan daha yüksek oranda yağ içerenlerin stabiliteyi, daha düşük oranda yağ içeren gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur.

Benzer şekilde, aynı oranda yağ içeren gruplardan %3 oranında bitkisel lif içeren grupların emülsiyon stabiliteyi ile elastik modül( $G'$ ) ve viskoz modül ( $G''$ ) değerleri, %1 ve %2 oranında lif içeren emülsiyonlara göre daha yüksek bulunmuştur.

Hammaddeden bağımsız olarak, kolloid emülsiyonların stabilite eğrilerinin eğimleri yaklaşık 1200 saniyeden sonra düz bir hat halini almaya başlarken, mikroakışkan emülsiyonlarda bu süre yalnızca 100 saniye civarındadır. Bu da mikroakışkan emülsiyonların daha uzun süre stabil kaldığını göstermektedir.

Aynı oranda yağ ve bitkisel lif içeren gruplardan mısır lifi içeren grubun stabilitesi portakal lifi içeren grubun stabilitesine göre daha yüksek bulunmuştur.

Sonuç olarak, gıda emülsiyonlarına bitkisel lif ilavesinin, emülsiyonların görünümünü iyileştirdiği ve stabiliteyi artırdığı gözlenmiştir. Bulgular, nano liflerin gıdalarda yağ-su emülsiyonlarında kullanılmasının teknolojik olarak mümkün olduğunu ve ürünlerin daha iyi bir tüküre sahip olacağını göstermektedir. Diğer taraftan, bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, gelecekte bu konuda yapılacak çalışmalara da ışık tutacaktır.

## KAYNAKLAR

- Benichou, A., Aserin, A. and Garti, N. 2002a. Double emulsions stabilized by new molecular recognition hybrids of natural polymers. *Polymers for Advanced Technologies*, **13**, 1019.
- Chen, G. and Tao, D. 2005. *Fuel Processing Technology*, **86**, 499– 508.
- Coupland, J.N. 2002. Crystallization in emulsions. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, **7**, 445–450.
- Delev, P.G. and Simeonova, L.S. 1995. Emulsifying properties of protein-pectin complexes and their use in oil containing foodstuffs. *J Sci Food Agric.*, **68**: 203–206.
- Dickinson, E., Murray, B.S., Stainsby, G. and Anderson, D.M.W. 1988. Surface activity and emulsification behaviour of some Acacia gums. *Food Hydrocoll.*, **2**: 477.
- Dickinson, E. 1992. *Introduction to Food Colloids*, Oxford University Press, Oxford, UK.
- Erçelebi, E.A. and İbanoğlu, E. 2009. Rheological properties of whey protein isolate stabilized emulsions with pectin and guar gum. *Eur Food Res Technol.*, **229**:281–286.
- Friberg, S.E. and Larsson, K. 1997. *Food Emulsions*, 3rd ed., Marcel Dekker, New York, NY.
- Friberg, S.E., Larsson, K. and Sjoblom, J. 2004. *Food Emulsions*, 4th ed., Marcel Dekker, New York, NY.
- Garti, N. and Benichou, A. 2004. Recent developments in double emulsions for food applications, in *Food Emulsions*, 4th ed., Friberg, S., Larsson, K., Sjoblom, J., Eds., Marcel Dekker, New York, NY, Chap. 10.
- Goff, H.D. 1997a. Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, **80**, 2620.
- Goff, H.D. 1997b. Instability and partial coalescence in dairy emulsions. *Journal of Dairy Science*, **80**, 2620.
- Goff, H.D. 1997c. Partial coalescence and structure formation in dairy emulsions, in *Food Proteins and Lipids*, American Chemical Society, S. Damodaran, Ed., Plenum Press, NY, pp. 137.

- Kabalnov, A.S. and Shchukin, E.D. 1992. Ostwald ripening theory: Applications to fluorocarbon emulsion stability. *Advances in Colloid and Interface Science*, **38**, 69.
- Luyten, H., Jonkman, M., Kloek, W. and van Vliet, T. 1993. Creaming behaviour of dispersed particles in dilute xanthan solutions, in *Food Colloids and Polymers: Stability and Mechanical Properties*, Dickinson, E., Walstra P., Eds., Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, pp. 224.
- McClements, D.J. and Decker, E.A. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. *Journal of Food Science*, **65**, 1270.
- Mermelstein, N.H. 2002. Food research trends—2003 and beyond. *Food Technology*, **66**: 12, 30.
- Mezdour, S., Lepine, A., Erazo-Majewicz, P., Ducept, F. and Michon, C. 2008. Oil/water surface rheological properties of hydroxypropyl cellulose (HPC) alone and mixed with lecithin: Contribution to emulsion stability. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **331**, 76-83.
- Mikkonen, K. S., Yadav, M. P., Cooke, P., Willfor, S., Hicks, K. B. and Tenkanen, M. 2008. Films from spruce galactoglucomannan blended with poly(vinyl alcohol). Corn arabinoxylan and konjac glucomannan. *BioResources*, **3(1)**, 178–191.
- Robins, M.M. 2000. Lipid emulsions. *Grasas Y Aceites*, **51**, 26–34.
- Sloan, A.E. 2003. Top 10 trends to watch and work on. *Food Technology*, **56**:4, 55.
- Taylor, P. 1995. Ostwald ripening in emulsions. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, **99**, 175.
- Walstra, P. 1996a. Emulsion stability, in *Encyclopedia of Emulsion Technology*, Vol. 4, Becher, P., Ed., Marcel Dekker, New York, NY, Chap. 1.
- Weers, J.G. 1998. Molecular diffusion in emulsions and emulsion mixtures, in *Modern Aspects of Emulsion Science*, Binks, B.P., Ed., The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK, Chap. 9.
- Whistler, R. L. 1993. Exudate gums. In R. L. Whistler and J. N. BeMiller (Eds.), *Industrial gums, polysaccharides and their derivatives* (3rd ed.). (pp. 309–339) San Diego: Academic Press.
- Wolf, M. J., MacMasters, M. M., Cannon, J. A., Rosewell, E. C. and Rist, C. E. 1953. Preparation and some properties of hemicellulose from corn hulls. *Cereal Chemistry*, **30**, 451–470.

- Woo, D.H. 2001. Stabilization of the emulsion prepared with dietary fiber from corn hull. *Food Science and Technology*, **10(4)**, 348–353.
- Yadav, M. P., Johnston, D. B., Hotchkiss, A. T. and Hicks, K. B. 2007. Corn fiber gum: a potential gum arabic replacer for beverage flavor emulsion. *Food Hydrocolloids*, **21**, 1022–1030.
- Yadav, M. P., Johnston, D. B. and Hicks, K. B. 2009. Corn fiber gum: New structure/function relationships for this potential beverage flavor stabilizer. *Food Hydrocolloids* **23**, 1488–1493.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Onur KETENOĞLU

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 07.09.1986

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi (2004)

Lisans : Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği  
Bölümü (2008)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği  
Anabilim Dalı (Eylül 2008-Ağustos 2010)

Yayımları:

1. Çalışkan, T., Tekin, A., Şahin, K., **Ketenoğlu, O.** 2010. Effects of Batch Refining Procedures on the Isomer Formation and Oxidative Stability of Vegetable Oils. The 1st International Symposium on "Traditional Foods from Adriatic to Caucasus", s. 1066, 15-17 Nisan 2010, Tekirdağ.