

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

BİTKİSEL TABANLI YAĞLARDAN METAL
KESME SIVISI ELDESİ VE
KARAKTERİZASYONU

Emrah ŞİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI

GEBZE

2009

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

BİTKİSEL TABANLI YAĞLARDAN METAL
KESME SIVISI ELDESİ VE
KARAKTERİZASYONU

Emrah ŞİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Erhan DEMİRBAŞ

GEBZE

2009



YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
 tarih ve sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından
 tarihinde tez savunma sınavı yapılan
'ın tez çalışması Anabilim Dalında
 YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Erhan DEMİRBAŞ

ÜYE

: Doç. Dr. Babür ÖZÇELİK

ÜYE

: Doç. Dr. Faruk YILMAZ

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
/...../20... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZ KONU BAŞLIĞI: BİTKİSEL TABANLI YAĞLARDAN METAL KESME SIVISI ELDESİ VE KARAKTERİZASYONU

YAZAR ADI: EMRAH ŞIK

Bitkisel tabanlı yağlardan rafine ve ham ayçiçeği ve kanola yağları ile tekli ve çoklu yüzey aktif madde karışımları kullanılarak farklı içerik yüzdelерinde metal kesme sıvıları hazırlandı. Hazırlanan metal kesme sıvılarının fiziksel (pH, viskozite, parlama ve yanma noktası, yüzey gerilimi, damla boyutu, korozyon, emülsiyon stabilitesi ve bakteri üreme) ve kimyasal karakterizasyonları (FTIR analizleri) yapıldı.

Tekli yüzey aktif maddeler ile yapılan sonuçlarda rafine ve ham ayçiçeği ve kanola yağlarında hacimce %20–%35 Tween 85 ile hazırlanan metal kesme sıvıları stabil emülsiyonlar vermiştir. İkili yüzey aktif madde karışımları (hacimce %25 Tween 85– %9 Tween 20 ve %25 Tween 85– %9 Peg 400) ile hazırlanan metal kesme sıvılarında rafine ayçiçeği ve kanola yağlarında buna benzer stabil emülsiyonlar ve ham yağlarda ise hacimce %25 Tween 85 – %12 Tween 80 karışımlarında stabil emülsiyonlar elde edilmiştir.

SUMMARY

THESIS TITLE: PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF VEGETABLE BASED METAL WORKING FLUID

WRITER NAME: EMRAH ŞİK

Vegetable based oil such as refined and crude sunflower and canola oil were studied with containing different composition of single and multiple surface active agents in order to obtain metal cutting fluids. Physical (pH, viscosity, thermal conductivity, flash and fire points, surface tension, emulsion drop size, corrosion, emulsion stability and bacteria) and chemical characterizations (FTIR spectra) of metal cutting fluids were done.

Stable emulsions of metal cutting fluids were obtained with 25%–35% Tween 85 for refined and crude sunflower and canola oil. The similar stable emulsions were also obtained with mixture of two surface active agents, 30% Tween 85– 5% Tween 20 and 25% Tween 85– 9% Peg 400 for refined sunflower and canola oil, respectively and 30% Tween 85 – 12% Tween 80 for crude sunflower and canola oil.

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Erhan DEMİRBAŞ hocama göstermiş olduğu ilgi, alaka ve samimiyeti için teşekkür ederim.

İmalat ve Tasarım mühendisliğinden Sayın Doç Dr. Babür ÖZÇELİK hocama desteklerinden ve yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Kimya Bölümünden araştırma görevlisi arkadaşım Şule Aşkın'a yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Kimya Mühendisliğinden Sayın Prof. Dr. Yıldırım ERBİL'e ve Kimya Mühendisliği araştırma görevlisi arkadaşlara laboratuvar desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Malzeme Mühendisliği Araştırma laboratuvarı sorumlusu Sayın Adem Şen'e laboratuvardaki yardımlarından ve desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu tez 107M164 no'lu TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLolar DİZİNİ	xi
GRAFİKLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. Metal Kesme Sıvıları	3
2.1 Metal Kesme Sıvılarının Özellikleri	3
2.1.1 Metal Kesme Sıvılarının Fonksiyonları	4
2.1.2 Metal Kesme Sıvılarının Görevleri	7
2.1.3 Metal Kesme Sıvılarının Türleri	7
2.1.4 Metal Kesme Sıvılarının Gelişimi	9
2.1.5 Metal Kesme Hızı	10
2.2 Yüzey Gerilimi ve Emülsiyonlar	11
2.2.1 Yüzey Gerilimi	11
2.2.2 Yüzey Tabakalarının Termodinamiği	12
2.2.3 Temas Açısı (Kontak Açısı)	15
2.2.4 Yüzey ve Ara Yüzey Gerilimlerinin Ölçülmesinde	16
Kullanılan Metotlar	
2.2.5 Yüzey Aktif Maddeler	21
2.2.6 Yüzey Aktif Madde Türleri	24
2.2.7 Misel Oluşumu, Kritik Misel Konsantrasyonu	25
ve Hidrofobik Etkileşimler	
2.3 Emülsiyonlar	27
2.3.1 Emülsiyon Türleri	27
2.3.2 Emülsiyonlarda Damlacık Büyüklüğü	29
2.3.3 Emülsiyonlarda Konsantrasyonun Önemi	29

2.4 Yağlar	30
2.4.1 Yağ Asitleri	31
2.4.2 Ham Yağlar ve Rafinasyon İşlemi	33
2.4.3 Yağların Sınıflandırılması	35
2.4.4 Metal Kesme Sıvılarında Kullanılacak Yağın Seçimi	40
2.5 Katkı Kimyasalları ve Fonksiyonları	41
3. MATERYAL ve METOT	45
3.1 Metal Kesme Sıvılarını Etkileyen Parametreler	45
3.2 Ham Yağlarda Degumming Prosesi	50
3.3 Metal Kesme Sıvılarında Kullanılan Kimyasallar ve Özellikleri	53
3.4 Deneysel	57
4. SONUÇ ve TARTIŞMA	60
Rafine Ayçiçeği Yağıyla Hazırlanan Metal Kesme Sıvısının Karakterizasyon Tabloları	66
4.1 Emülsiyonlarda Damla Boyutu Grafikleri	86
4.2 Metal Kesme Sıvılarının FTIR Spektrumu ile İncelenmesi	91
4.3 Metal Kesme Sıvılarında Bakteri Testleri	95
4.4 Metal Kesme Sıvılarında Korozyon Testleri	96
TARTIŞMA	97
SONUÇLAR	99
KAYNAKLAR	100
ÖZGEÇMİŞ	104
EKLER	
Ek 1. Rafine Kanola Yağıyla Hazırlanan Metal Kesme Sıvısının Karakterizasyon Tabloları	1
Ek 2. Ham Kanola Yağıyla Hazırlanan Metal Kesme Sıvısının Karakterizasyon Tabloları	12
Ek 3. Ham Ayçiçeği Yağıyla Hazırlanan Metal Kesme Sıvısının Karakterizasyon Tabloları	23

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EP	Extreme Pressure (Aşırı basınç)
γ	Yüzey gerilimi
ΔG	Gibbs enerjisi
ΔH	Entalpi
ΔS	Entropi
T	Sıcaklık
W	İş
σ	Alan
θ	Kontak açısı
HLB	Hidrofilik lipofilik denge
KMK	Kritik misel konsantrasyonu
S/Y	Su yağ tipi emülsiyon
Y/S	Yağ su tipi emülsiyon
nm	nanometre
μm	mikrometre
Γ	Gibbs yüzey fazlası enerjisi
dA	Helmholtz enerjisi

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1. Metal kesme sıvılarının metal kesme esnasında kullanımı	4
2. Metal yüzeye adsorblanan EP katkısı	6
3. Metal kesme esnasında farklı sıvıların kullanımı ve etkileri	10
4. Temas açısı	11
5. Ara yüzey	11
6. Yağ damlasının yüzeyle yaptığı farklı kontak açılar	16
7. Wilhelmly levha metodu	17
8. Kapilerite yöntemi	19
9. Yüzey aktif maddelerin genel yapısı	21
10. Tween 20 yüzey aktif maddesinin kimyasal yapısı	23
11. Kritik misel konsantrasyonu grafiği	25
12. Misel gösterimi	26
13. Emülsiyon tiplerinin şematik gösterimi	27
14. Çoklu emülsiyon tiplerinin gösterimi	28
15. Bitkisel yağların genel gösterimi	30
16. Petrol tabanlı naftenik mineral yağ	30
17. Trigliserit(yağ) oluşum reaksiyonu	30
18. Doymamış oleik asit	31
19. Doymuş yağ asidi	31
20. Fosfolipidlerin genel gösterimi	34
21. Yağların esterleşme reaksiyonu	34
22. Mineral yağ bileşikleri	36
23. Yağların sabunlaşma reaksiyonu	52
24. Metal kesme sıvısı formülasyonunda karışımların belirlenmesinde kullanılan üçlü faz diyagramı	57
25. Peg 400- Tween 85 karışımından hazırlanan metal kesme sıvısı	58
26. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı	76
27. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85-Tween 20 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	77

28. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	77
29. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı	78
30. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	78
31. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	79
32. Rafine kanola yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı	79
33. Rafine kanola yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	80
34. Rafine kanola yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	80
35. Ham kanola yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı	81
36. Ham kanola yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	81
37. Ham kanola yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları	82
38. Rafine ayçiçeği yağı ve rafine ayçiçeği yağı-yüzey aktif madde karışımının FTIR spektrumları	91
39. Rafine kanola yağı ve rafine kanola yağı-yüzey aktif madde ve rafine kanola karışımının FTIR spektrumları	92
40. Rafine ayçiçeği yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında bakteri oluşumu	95
41. Rafine ayçiçeği yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında bakteri oluşumu	95
42. Rafine ayçiçeği ve rafine kanola yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında korozyon oluşumu	96
43. Rafine ayçiçeği ve rafine kanola yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında korozyon oluşumu	96

TABLOLAR DİZİNİ

<u>Tablo</u>	<u>Sayfa</u>
1. Bazı maddelerin HLB değerleri	22
2. Yüzey aktif madde türleri	24
3. Çeşitli yağların biyolojik ayrışabilirliği	40
4. Metal kesme sıvılarında kullanılan yüzey aktif maddeler ve özellikleri	53
5. Metal kesme sıvılarında kullanılan yüzey aktif maddelerin moleküler yapısı	54
6. Yağlar, yağ asitleri ve polisorbatsız yapısı	55
7. Metal kesme sıvılarında kullanılan katkı maddeleri ve özellikleri	56
8. Bitkisel tabanlı yağlara ait fiziksel ölçüm değerleri	60
9. Farklı içerik yüzdesine sahip konsantre Peg 400'ün farklı sıcaklıklardaki viskozite (cp) değerleri	61
10. Farklı içerik yüzdesine sahip %95 su ile seyreltilmiş Peg 400'ün farklı sıcaklıklardaki viskozite (cp) değerleri	62
11. Farklı içerik yüzdesine sahip Peg 400 ile hazırlanan metal kesme sıvılarında termal iletkenlik değerleri	63
12. %95 su ile seyreltilmiş farklı Peg 400 içeriğine sahip kesme sıvısında yüzey gerilim değerleri	64
13. Peg 400 ile hazırlanan metal kesme sıvısının stabilitesi	65
14. Tekli yüzey aktif madde ile hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri	66
15. Rafine ayçiçeği yağına farklı miktarlarda yüzey aktif madde ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	67
16. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 20 karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	69
17. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 80 karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	70
18. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 85 karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	71
19. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 60 karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	72
20. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 40 karışımına farklı miktarlarda	73

ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	
21. Rafine ayçiçeği yağı-Peg 400 karışımına farklı miktarlarda	74
ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	
22. Rafine ayçiçeği yağı-Span 80 karışımına farklı miktarlarda	75
ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları	
23. İki yüzey aktif madde ile hazırlanan kesme sıvılarında	82
emülsiyon stabiliteleri	
24. Rafine Ayçiçeği yağı ve Tween 85 ile hazırlanan emülsiyonların	84
yüzey termodinamik hesaplamaları	
25. Bitkisel yağlar ile bu yağlarla hazırlanan metal kesme sıvılarının	85
damla temas açıları	
26. Fonksiyonel grup dalga sayısı ilişkisi	93

GRAFİKLER DİZİNİ

<u>Grafik</u>	<u>Sayfa</u>
1. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı emülsiyonuna ait yüzey gerilimine karşı kritik misel konsantrasyonu	14
2. Rafine ayçiçeği yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	86
3. Rafine ayçiçeği yağı, %15 Tween 85 ve %9-20 Tween 20 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	87
4. Rafine ayçiçeği yağı, %20 Tween 85 ve %9-20 Peg 400 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	87
5. Rafine ayçiçeği yağı, %15 Tween 85 ve %9-20 Tween 80 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	88
6. Rafine kanola yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	88
7. Rafine kanola yağı, %25 Tween 85 ve %3-9 Peg 400 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimleri	89
8. Rafine kanola yağı, %25 Tween 85 ve %10-15 Tween 80 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimleri	89
9. Ham kanola yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler	90

10. Ham kanola yağı, %25 Tween 85 ve %9-15 Peg 400 yüzey aktif maddesi ile 90
hazırlanan metal kesme sıvındaki damla boyutundaki değişimleri
11. Ham kanola yağı, %25 Tween 85 ve %9-15 Tween 80 yüzey aktif maddesi 90
ile hazırlanan metal kesme sıvındaki damla boyutundaki değişimleri

1. GİRİŞ

Talaşlı imalat eski çağlardan beri bilinen bir yöntem olmasına rağmen son yüzyılda bu konu oldukça önem kazanmıştır. Eskiden metal kesme sıvıları torna tezgâhlarının verimliliğini artırmak için kullanılırken günümüzde gerek takım tezgâhları gerek kesici takımlar ve gerekse kesme sıvıları alanında büyük aşamalar kaydedilmiştir. Metal kesme sıvılarının gelişimi metal kesme teknikleri, makine dizaynı ve kesici takım malzemelerindeki gelişmelerle birlikte paralellik göstermiştir. Metal kesme sıvısının en önemli rolü her şeyden önce enerji kaybını azaltmak, aşınmayı minimum seviyeye indirmek ve metal yüzeylerinin birbirine kaynamasını önlemektir.

Talaşlı imalatta kesici uç iş parçası yüzeyinden talaş kaldırırken iç ve dış sürtünmelerden dolayı oluşan ısı, talaş kaldırma mekanizmasını ve takım ömrünü etkileyen önemli faktörlerden biridir [1,2]. Talaşlı kaldırma sırasında sarf edilen enerjinin büyük bir kısmı ısıya dönüşür. Bu sebeple, kesme bölgesinde oluşan ısı takım ömrü, kesme kuvvetleri, talaş biçimi ve iş parçası yüzey kalitesi bakımından önemlidir [2,3]. Talaşlı imalat sırasında ısı sebepli olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve imalatı kolaylaştırmak için sentetik kimyasal katkıları içeren ve suda çözünebilen soğutucu özelliğine sahip sıvılar kullanılmaktadır [4]. Ancak, mineral yağların çevreye ve insan sağlığına önemli zararlar verdiğinden, alternatif çevreye duyarlı kesme sıvılarının geliştirilmesi ve imalatta kullanılması son derece önemlidir. Kesme sıvı atıklarının (bitkisel kesme sıvıları hariç) geri kazanımı yüksek maliyetle olduğundan ve zararlı kimyasal maddeler içerdiğinden dolayı çevreye zararlıdır [4].

Dünyada ekonomik değeri olan başlıca yağlı tohumlu bitkiler; ayçiçeği, soya, kanola, mısır, zeytin, pamuk, aspir, susam ve hint yağını sayabiliriz. Bu yağlardan, çalışmamızda ayçiçeği ve kanola yağını dikkate alacağız. Bilindiği üzere ayçiçeği yağı üretimi ülkemizde oldukça yaygındır. Dünyada ise kanola üretimi yıllık 12–13 milyon ton arasındadır. Ayçiçeği ve kanola bitkilerinin yağ oranı %30–45 arasında değişmektedir ve bu da diğer yağlara göre yüksek bir yağ oranıdır. Bu sebeplerden

dolayı bitkisel metal kesme sıvılarının üretiminde öncelikli olarak ayçiçeği ve kanola yağları seçilmiştir.

Bu çalışmada, metal kesme sıvılarının eldesinde ayçiçeği ve kanola yağları taban yağ olarak kullanılmış, geliştirilmesi ve karakterizasyonu üzerinde durulmuştur. Araştırmamızda ayçiçeği ve kanola yağları çeşitli yüzey aktif maddelerle etkileştirilerek, emülsiyonlarının hazırlanması, fiziksel ve kimyasal parametrelerinin belirlenmesi ve stabil emülsiyonların hazırlanması yapılmıştır. Bunu yaparken, faz diyagramları oluşturulup su ve yağın etkileri tespit edilmiştir. Ayrıca farklı içerik yüzdelerine sahip emülsiyonlarda kritik misel konsantrasyonu ile uygun karışım oranı belirlenmiştir.

Bu çalışma tamamlandığında, talaşlı imalatta ekonomik açıdan uygun, çevre ve insan sağlığına zararsız soğutma ve yağlayıcı özelliğe sahip farklı metallerde kullanılabilecek bitkisel tabanlı metal kesme sıvıları geliştirilmiş olacaktır.

2. METAL KESME SIVILARI

2.1 Metal Kesme Sıvılarının Özellikleri

Araştırmalarda talaşlı imalat işleminde talaşların nasıl meydana geldiği ve metal kesme sıvısının rolünün neler olduğu incelenmiştir [1, 2]. Araştırmalar sonucu yüzey kalitesi ve takım ömrüne etki eden esas problemin yüksek ısı olduğu saptanmıştır. Metaller işlendikleri zaman, ana metalden talaşın kopması ile ve kesici uçla takım arasında sıkışmasıyla kesme hızına göre yüksek ısı meydana gelir. Metal işleme sırasında takım ucu ile parça arasında oluşan kuvvet, basınç, gerilme ve sıcaklık şeklindeki etkenler, belirli bir çalışma süresi sonunda; takımda, başta aşınma olmak üzere, ağız kısmında kırılmalara ve takım ile iş parçası arasında büyük bir sürtünme ve sıcaklık oluşmasına, takımda bozulmalara yol açmaktadır. İşlem sırasında bir sıvı kullanılması durumunda bu sıvı, takım ucu ile parça arasında yağlayıcı bir film tabakası oluşturarak yağlama görevi görür. Bu film tabakası, takım-talaş ve takım-iş parçası arasındaki sürtünmeyi azalttığı için takım aşınmasını minimumda tutar dolayısıyla takımın ömrünü arttırır ve düzgün, pürüzsüz bir yüzey elde edilmesini sağlar [1, 2, 5]. Metal kesme sıvıları, metal şekillendirme ve kesme işlemleri esnasında yağlayıcılık ve soğutuculuk görevini görerek üretimin kalitesini ve üretkenliğini arttırır [Şekil 1]. Sonuç olarak, iyi bir kesme sıvısı yağlayıcılık özelliğinden dolayı düzgün bir yüzey elde etmeye yardımcı olur.

Metal kesme sıvılarının emülsiyonları esas olarak su içinde asılı haldeki madeni yağ, bitkisel yağ ya da sentetik sıvıdan meydana gelmiştir. Asılı haldeki sıvının tane büyüklüğü, sistemi emülsiyonlaştırmak için kullanılan yüzey aktif maddeye bağlı olarak değişir. Stabil emülsiyonlar, asılı fazın yeterince küçük parçacıklardan meydana gelmesiyle elde edilebilir. Emülsiyonların stabilitesi metal kesme işlemlerinde çok önemlidir.



Şekil 1. Metal kesme sıvılarının metal kesme esnasında kullanımı.

Metal kesme sıvılarında çevre etkileri, maliyet, yıkama özelliği ve güvenlik gibi noktalar önemli unsurlardır. Endüstride yaygın olarak kullanılan kesme sıvısı türü suda çözünebilen türlerdir [1,2].

2.1.1 Metal Kesme Sıvısının Fonksiyonları

Metal kesme sıvılarının sahip olması gereken özellikleri soğutma, kaynağı önleme ve yağlayıcılık fonksiyonlarıdır. Bu üç özelliği yerine getirebilen sıvı ideal bir metal kesme sıvısı olarak adlandırılabilir.

2.1.1.1 Soğutma fonksiyonu

Isı daima daha sıcak bir maddeden daha soğuk bir maddeye akacağı için; iş parçası, kesici takım ve talaşta sürtünme ile ortaya çıkan ısı, soğutucu özellikteki kesme sıvısı ile absorbe edilmeye çalışılır. Sıvının kendisi ısınır ve devamlı olarak bir diğer sıvı ile değiştirilemediği için soğutma kabiliyetini kaybeder. Bu nedenle kesme sıvıları sürekli olarak, büyük oranlarda kesici takım ve parça üzerine akmalıdır. Yeterli hızda akan, kâfi miktardaki akışkan uygulanırsa, ısı üretildiği oranda uzaklaştırılacaktır.

2.1.1.2 Kaynağı önleme fonksiyonu

Kesme sıvısının soğutma ve yağlama özelliğine rağmen iş parçası, kesici takım ve talaş üzerinde metal ile metalin teması sınırlı bölgelerde daima mevcuttur. Bu sınırlı alanlarda ortaya çıkan ısı küçük metal partiküllerinin iş parçası ve kesici takıma kaynamasına imkân verebilecek yüksekliktedir.

Bu olayı önlemek için, sülfür, klorür ve diğer kimyasal bileşikler kesme sıvılarına ilave edilir. Bunlar temas alanlarını sabunumsu metalik bir film tabakası ile örterler ve metal partiküllerinin kaynak olmasını engellerler.

2.1.1.3 Yağlama fonksiyonu

Kesme sıvısının ilk görevi takımı, iş parçasını ve talaşı yağlamasıdır. Yağlayıcılık hareket halinde bulunan iki yüzey arasında bir film oluşturarak ve sürtünme katsayısını azaltarak hareketi kolaylaştırmakta ve hareket halindeki yüzeylerin aşınmasını engellemektir. Yağlama mekanizmasında, Van der Waals kuvvetleri filmin yüzeylere yapışmasını sağlar [7].

Yağların metal yüzeyinde yağ filmi oluşturarak sürtünmeyi engellemesi kohezyon ve adezyon kuvvetleriyle ilgilidir. Bütün sıvılar kohezyon ve adezyon özelliklerine sahiptir. Sürtünmenin yağlama ile önlenmesi için adezyon kuvvetinin kohezyon kuvvetinden büyük olması gerekir ve bu sayede metal yüzeye kolayca yapışır ve ıslatabilir.

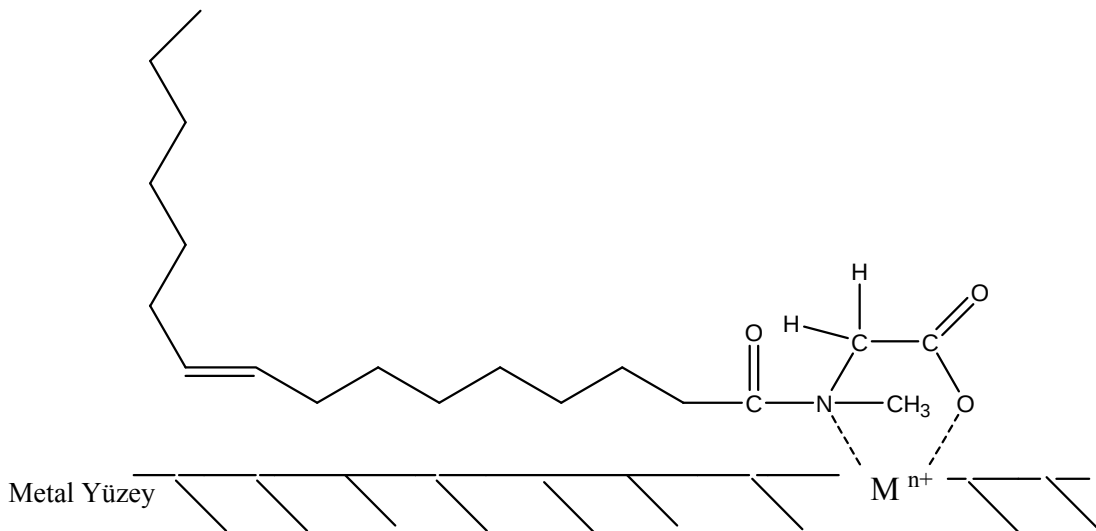
2.1.1.3.1 Polar (Sımr) Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık sıvının sahip olduğu polar katkılarla olur. Sıvının içindeki polar katkı maddeleri metal yüzeyinde toplanırlar ve polaritelerinin farklı olmasından dolayı birbirlerini ittiklerinden metal yüzeylerinin birbirlerine temaslarını

engelleyerek sürtünmeyi minimumda tutar ve yağlayıcılık yaparlar. Seçilen polar katıkların cinsi ve miktarı da yağlayıcılık derecesini etkiler. Çok aşırı basınç altında çalışmalarda katıkların polariteleri bozulduğundan bu yağlayıcılık istenen sonuçları vermez. Polar yağların metal yüzeyindeki çizgisel dizilimleri mıknatıs gibi bir etki yaratır ve polar olmayan yağlara göre daha güçlü bir yağlayıcılık özelliği oluşturur [7].

2.1.1.3.2 Extreme Pressure Yağlayıcılık

Bu tür yağlayıcılık formülasyona dahil edilen Extreme Pressure katıkları (Kükürt – Fosfor ve bileşikleri gibi) ile elde edilir. EP katıkları metal yüzeyi ile kimyasal reaksiyona girerek metal yüzeylerinde çok dayanıklı bir film tabakası oluştururlar [Şekil 2]. Bu reaksiyon sonucunda metal tuzları meydana gelir. Bu tuzlar, iş parçası ile takımın temas ettiği yüzeylerde kaynamayı önler ve metal tuzlarının sahip olduğu düşük kayma gerilimleri sebebiyle sürtünmeyi düşürür. Sıcaklık, hava, oksijen, nem ve su aşırı basınç yağlayıcılarının performanslarını etkileyen faktörlerdir [10]. Bu film tabakası en zor şartlarda (800–900°C'lere ulaşan sıcaklıklarda bile) bozunmayarak yağlayıcılık özelliğini devam ettirir ve aşınmayı engeller.



Şekil 2. Metal yüzeye adsorblanan EP katkısı

2.1.2 Metal Kesme Sıvısının Görevleri

İyi bir metal kesme sıvısı aşağıda verilen özelliklere sahip olmalıdır:

- Yüksek basınç altında yağlayıcılık sağlamalıdır.
- Yüzey sürtünmesini minimize ederek sıcaklık artışını önlemelidir.
- Talaş kaldırmadan kaynaklanan ısıyı uzaklaştırmalıdır.
- Yüzeyler arasında yağlayıcılık görevi görerek metal yapışmasını (adezyon) önlemelidir.
- Kesme bölgesindeki talaşı ve kirlilikleri uzaklaştırmalıdır.
- İş parçasının metalürjik özelliklerini korumalıdır [5,7].

2.1.3 Metal Kesme Sıvı Türleri

Dört tür metal kesme sıvısı vardır.

- Saf kesme yağları, metal kesme işleminde yağlayıcı olarak kullanılır. Saf yağlar, mineral bazlı, sentetik ya da bitkisel yağlar olup suyla seyreltilmeden, yalnız başlarına ya da polar ve/veya kimyasal aktif katkılarla beraber kullanılırlar. Saf yağlar, az sayıda katkı maddelerinden meydana gelirler, çünkü ortamda bulunacak suyun negatif etkileri yoktur. Önemli ana içerik olan yağ (mineral yağ, bitkisel yağ ve sentetik esterler), polar katıklar ve EP katkılarının eklenmesiyle zenginleşir ve kesme performansı artar [10]. Polar katıklar yağın ıslatma ve nüfuz etme özelliklerini geliştirir ve kaygan bir sınır yağlayıcı tabaka oluştururlar. Bu katkıların seçilmesindeki sebepler sahip oldukları oksidasyon direnci, yağda çözünabilirlik ve yapışkanlık özellikleridir. Çevreye verdikleri zarar göz önüne alındığında bitkisel yağlar çevreye zararı en az olan yağ türüdür. Mineral bazlı yağlara oranla oldukça pahalı olmalarına rağmen, kullanılmış bitkisel yağların elden çıkarılması, biyolojik olarak ortadan kaldırılmaları oldukça kolaydır. Fakat mineral bazlı yağlara nazaran biyolojik bozunmalara daha duyarlıdırlar.

- Suyla karışabilen metal kesme sıvılarında su metal kesme esnasında soğutmayı sağlarken yağda yağlama fonksiyonunu yerine getirir. Yağın su içinde emülsiye edilmesiyle operasyon veriminde artış sağlanmıştır. Su kesici takımların soğumasını sağlayarak kesici takım ömrünün artmasını sağlamıştır. Emülsiyonların pH'larındaki değişme iş parçası üzerinde korozyona sebep olur bu yüzden korozyon önleyiciler karışım içerisine ilave edilir [10].
- Yarı sentetik kesme sıvıları, kararlı bir mikro emülsiyon sistemi oluşturmak amacıyla, yağ bazlı katkıların su içinde emülsiye edilmesiyle meydana gelirler. Yarı sentetik sıvılar, suda çözünebilen yağ teknolojisinin avantajlarıyla birlikte, sentetik sıvıların bakterilere karşı yüksek dayanımı ve uzun tank ömrü vardır [10].
- Tam sentetik kesme sıvıları, sert suda daha kararlı oldukları için daha iyi soğutma ve mikrobiyal bozunmalara karşı yüksek dayanım sağlamaktadırlar. Fakat suda çözünebilen yağlar sentetik sıvılara göre bakteri üremesine karşı daha zayıf olmalarına rağmen, daha iyi yağlayıcılık ve geri kazanım özelliklerine sahiptirler. Bu olay yarı sentetik kesme sıvılarının geliştirilmesine yol açmıştır [10].

2.1.4 Metal Kesme Sıvılarının Gelişimi

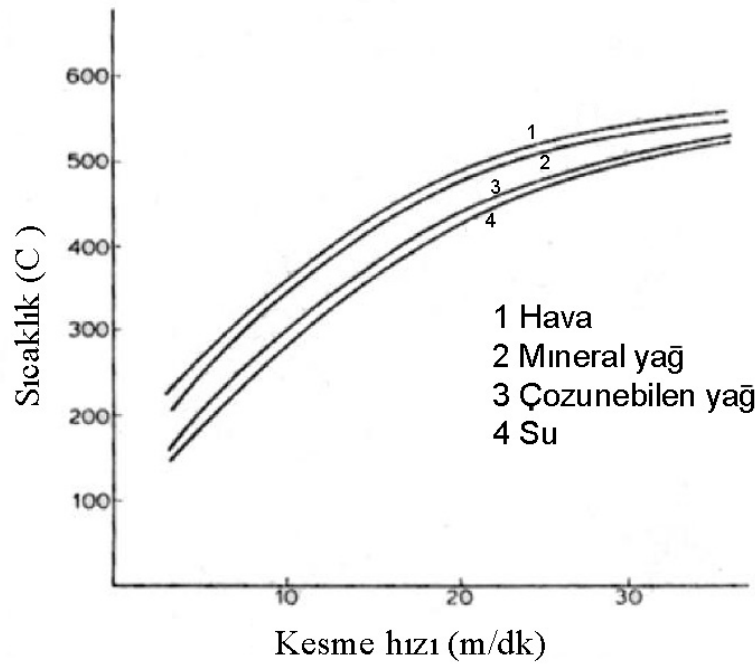
Su kesme sıvısında kullanılan en önemli akışkandır ve aynı zamanda da yüksek spesifik ısısı, yüksek termal iletkenliği ve yüksek buharlaşma ısısı ile en etkili soğutma aracıdır. Su tek başına kesme sıvısı rolü oynayamaz. Çünkü suyun porozite özelliği ve pas oluşumuna sebep olması suyun yağ ile karıştırılmasını gerektirir ve elde edilen homojen çözelti soğutma sıvısı özelliği kazanır ve istenilen yağlamayı sağlar. Metal kesme sıvıları ilk zamanlarda hayvani ve mineral yağlarla yapılmaktaydı. Teknolojinin ilerlediği ve insan sağlığının daha ön planda olduğu, önem kazandığı son yıllarda metal kesme sıvıları yeni yöntemlerle geliştirilmeye başlandı.

Hayvansal yağlarda yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça kokuşmalar ve uzun süreli beklemlerde bozunmaların meydana geldiği bilinmektedir. Petrol tabanlı metal kesme sıvılarının ise toprak ayrışmasının uzun yıllar alması, insan cildinde meydana gelen tahrişler ve zehirli toksik madde çıkışı günümüzde bitkisel tabanlı metal kesme sıvılarının üretimini ve geliştirilmesinin yolunu açmıştır. Bitkisel yağlar biyo bozunabilir olduğundan %95'e yakını kolaylıkla parçalanabilir. Bitkisel kesme sıvıları mineral yağlara göre yüksek viskoziteye ve parlama noktasına sahiptirler [9]. Ancak bitkisel yağların en büyük dezavantajı oksidasyon kararsızlığı ve yüksek maliyetidir. Bitkisel yağlardaki oksidasyon kararsızlığı yağ moleküllerindeki çift bağlardan kaynaklanır. Oksidasyon serbest radikal oksidasyon, parçalanma, yeniden düzenlenme, hidrojen bağları ve polimerizasyon gibi reaksiyonlar buna sebep olurlar. Bu problemler, bitkisel yağlarda yapı modifikasyonu ile azaltılabilir. Ozon ve kükürt modifikasyonları buna örnek olarak verilebilir [9,10].

Metal işleme teknolojisinin ilerlemesiyle ortaya çıkan yeni yöntemler, metal kesme sıvılarındaki beklentileri arttırmıştır. Bundan dolayı bir takım katkı maddelerinin ilavesi (yüksek basınç katkı maddeleri, EP, korozyon, aşınma, bakteri ve küf oluşumunu önleyici katkıları gibi) ile daha fonksiyonel metal kesme sıvıları geliştirilmeye başlanmıştır.

2.1.5 Metal Kesme Hızı

Metal kesme sıvısının soğutmayı etkili bir şekilde sağlayabilmesi için, kesici takım ile iş parçasının temas noktasına düşük basınç altında çok fazla miktarda kesme sıvısı uygulanmalıdır. Bu şekilde metal kesme sıvısı işlenecek bölgeyi iyi bir şekilde kaplayarak soğutmayı sağlar. Aynı zamanda kesme sıvısının akışı, talaşları işlenen bölgeden alıp götürecektir. Şekil 3’de metal kesme esnasında farklı sıvıların kullanımı ve etkileri gösterilmiştir.



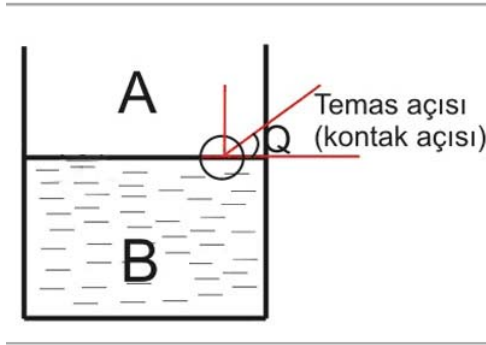
Şekil 3. Metal kesme esnasında farklı sıvıların kullanımı ve etkileri

Şekil 3’de görüldüğü üzere 3 nolu yağın daha iyi soğutma sağladığı kesme hızına bağlı olarak gösterilmiştir.

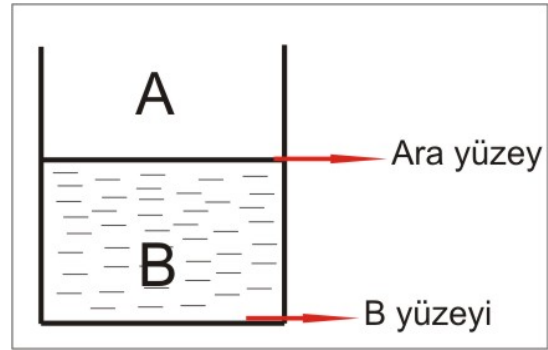
2.2 Yüzey Gerilimi ve Emülsiyonlar

2.2.1 Yüzey Gerilimi

Sıvılar yüzey alanlarını minimum enerji prensibine göre en aza indirmeye çalışırlar. Bu özelliğe yüzey gerilimi (γ) denir. Sıvı tanecikleri yüzey alanını en aza indirme eğiliminde olduklarından yüzey/hacim oranının minimum olduğu, maksimum hacme sahip olan küre şeklini almaya çalışırlar [11]. Şekil 4’de temas açısı ve şekil 5’de de ara yüzey gösterilmektedir.



Şekil 4. Temas açısı



Şekil 5. Ara yüzey

Birim hacmi başına daha az enerji ve daha kararlı bir hale gelmek için küre oluştururlar.

A (alan) / V (hacim) minimum olmalı küre için:

$$\frac{4\pi r^2}{\frac{4\pi r^3}{3}} = \frac{3}{r} \quad (1)$$

$$\Delta G \gamma = \text{minimum}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (2)$$

Yüzey olayları Helmholtz ve Gibbs enerjileri yardımıyla açıklanabilir. Bir sıvının yüzey alanını arttırmak için gerekli iş $d\sigma$ ile orantılıdır [11].

İş (W) = Yüzey gerilimi (γ) (dyn/m) x Alan (σ) (m^2)

$$W = \gamma \sigma \quad (3)$$

Yüzey alanını değiştirmek için gereken iş

$$dw = \gamma d\sigma \quad (4)$$

γ (Nm / m^2) oranı sabittir ve yüzey gerilimi olarak adlandırılır.

Sabit hacim ve sıcaklıkta yüzey oluşma işi, Helmholtz eşitliğiyle gösterilir.

$$dA = \gamma d\sigma \quad (5)$$

Yüzey alanı azaldığı zaman $d\sigma < \gamma$ Helmholtz enerjisinde $dA < 0$ azalacağından yüzeyler doğal olarak küçülme eğiliminde olacaktırlar [11].

Yüzey gerilimini sıvı moleküllerini bir arada tutan kuvvetler olarak da adlandırabiliriz. Molekül içinde polar grupların oranı ne kadar fazlaysa bu gruplar arasındaki çekim kuvveti o kadar güçlüdür. Bu kuvvetin güçlü olması yüzey geriliminin de güçlü olmasına, dolayısıyla da sıvının yüzeye yayılmak yerine damlacık halini almasına sebep olur. Suyun yüzey gerilimi su molekülleri içindeki –OH gruplarının oranının fazla olmasından dolayı yüksektir. Alkoller içindeki -OH grupları oranı daha düşük olduğu için alkollerin yüzey gerilimi suya göre daha düşüktür [12].

2.2.2 Yüzey Tabakalarının Termodinamiği

Yüzey aktif maddeler hem hidrofilik hem de hidrofobik karakterli bir yapıya sahiptirler. Yüzey aktif maddeler ara yüzeyde birikerek, yüzey gerilimini düşürürler. Yüzeyde bulunan yüzey aktif madde derişimi ile meydana getirdiği yüzey gerilimi değişikliği arasındaki ilişkiyi bulmak için α ve β olmak üzere iki faz düşünelim. Bileşenlerin iki faz içinde yüzey alanı s olan bir düzlemde ara yüzey boyunca düzenli

(uniform) olarak dağıldığını düşünürsek toplam Gibbs serbest enerjisi bu iki fazın Gibbs enerjileri toplamı olur. Bu da $G = G_{(\alpha)} + G_{(\beta)}$ Ancak bu iki fazdan biri ara yüzeyde biriktiğinden dolayı yüzeyde uniform olarak dağılım göstermezler ve bu durumda Gibbs enerjisi iki fazın Gibbs enerjileri toplamından yüzey Gibbs enerjisi adımı alan $G(\sigma)$ kadar fark eder [11].

$$G(\sigma) = G - (G_{(\alpha)} + G_{(\beta)}) \quad (6)$$

Dağılımın ara yüzeye kadar uniform olduğu farz edilip hacimler göz önüne alındığında α fazında $n_{j(\alpha)}$, β fazında ise $n_{j(\beta)}$ olur. Fazlardan biri ara yüzeyde birikeceğinden, toplam miktarı bu fazlardaki toplam miktarından $n_{j(\sigma)}$ kadar fark eder [11].

$$n_{j(\sigma)} = n_j - (n_{j(\alpha)} + n_{j(\beta)}) \quad (7)$$

ile ifade edilir.

Bu fark ise yüzey fazlası Γ_j ile gösterilir. Yüzeyde biriken yüzey aktif madde konsantrasyonunun aşırısına Gibbs yüzey fazlası enerjisi denir.

$$\Gamma_j = \frac{n_{j(\sigma)}}{\sigma} \quad (8)$$

yağ ve su fazlarından oluşan düz bir yüzey ile ayrılmış olan basit bir ara yüzey modelini göz önüne alırsak, yüzey aktif madde yüzeyde toplanır ve Γ_{su} ve $\Gamma_{yağ}$ değerleri sıfır olur. Bu durumda Gibbs denklemi

$$d\gamma = - \Gamma_s d\mu_s \quad (9)$$

seyreltik çözeltiler için ise

$$d\mu_s = RT d \ln c \quad (10)$$

şeklindedir. Burada c yüzey aktif madde konsantrasyonunun molar derişimidir. Sabit sıcaklıkta ise

$$\frac{d\gamma}{dc} = -\frac{RT\Gamma}{c} \quad \text{veya} \quad \frac{d\gamma}{d\ln c} = -RT\Gamma \rightarrow \frac{\gamma}{\ln c} = -RT\Gamma \quad (11)$$

Γ : gibbs yüzey fazlası enerjisi (mol/m²)

γ : yüzey gerilimi (mN/m)

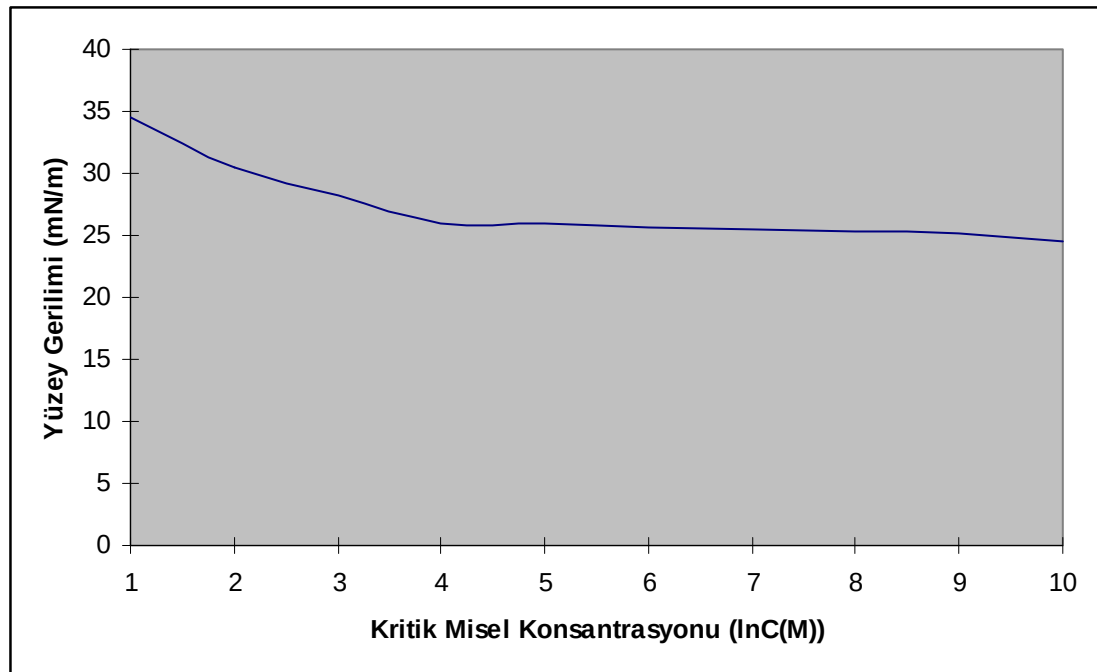
C: konsantrasyon (M)

T: sıcaklık (K°)

Eşitlik 11' deki denklem ile farklı konsantrasyonlardaki yüzey aktif maddeler için Gibbs yüzey fazlası enerjisi hesaplanabilir.

Γ yüzey fazlası Gibbs enerjisi pozitif ise ara yüzeyde madde birikmesi var demektir. bu da çözünen yüzey aktif maddenin yüzeyde birikmesi olup yüzey geriliminin azalması demektir. Eğer Γ yüzey fazlası Gibbs enerjisi negatif ise ara yüzeyde madde eksikliği görülür demektir.

Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi kullanılarak hazırlanan emülsiyonların yüzey gerilimine karşı Kritik misel konsantrasyonu Grafik 1'de verilmiştir.



Grafik 1. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı emülsiyonuna ait yüzey gerilimine karşı kritik misel konsantrasyonu

Kritik misel konsantrasyonu noktasında:

$$\frac{\gamma}{\ln c} = - R T \Gamma \quad (11)$$

Kritik misel konsantrasyonunun altında:

$$\tan \alpha = \frac{\gamma}{\ln c} = - R T \Gamma \quad (12)$$

2.2.3 Temas Açısı (Kontak Açısı)

Bir damlacığın yüzeye yayılıp yayılmayacağı veya yüzeyi ıslatıp ıslatamayacağı yüzeyler arasındaki gerilimlere bağlıdır. Bununla ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$\gamma_{sg} = \gamma_{sl} + \gamma_{lg} \cos \theta_c \quad (13)$$

$$\cos \theta_c = \text{Temas açısı} = (\gamma_{sg} - \gamma_{sl}) / \gamma_{lg}$$

Adezyon için gereken iş eşitlik 14’de gösterilmiştir.

$$W_{ad} = \gamma_{sg} + \gamma_{sl} - \gamma_{lg} \quad (14)$$

$$\cos \theta_c = (W_{ad} / \gamma_{lg}) - 1$$

Eşitlik 13 ve 14’de görüleceği üzere yüzeyi ıslatıp ıslatmaması değme açısı θ ile ilgilidir.[11]

$$\theta = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1 \text{ olduğuna göre;}$$

$$\cos \theta_c = (W_{ad} / \gamma_{lg}) - 1 \text{ formülünde yerine koyarsak;}$$

$$1 = (W_{ad} / \gamma_{lg}) - 1 \quad (15)$$

$$2 = (W_{ad} / \gamma_{lg})$$

$$2 \gamma_{lg} = W_{ad}$$

olur. Eşitlik 15’de sıvı ve gaz arasındaki yüzey gerilimi adezyon için gereken işten daha küçük ve dolayısıyla yüzeyi ıslatma özelliğine sahiptir.

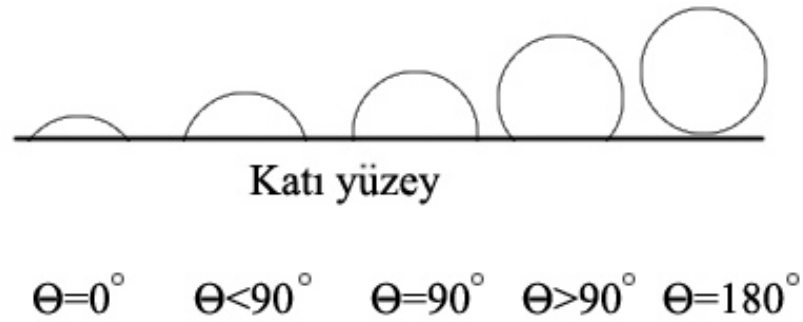
$\theta = 90^\circ \rightarrow \cos 90^\circ = 0$ olduğuna göre;

$\cos \theta_c = (w_{ad} / \gamma_{lg}) - 1$ formülünde yerine koyarsak;

$$0 = (w_{ad} / \gamma_{lg}) - 1 \quad (16)$$

$$W_{ad} = \gamma_{lg}$$

olur. Eşitlik 16'da adezyon için gereken iş sıvı ve gaz arasındaki yüzey gerilimine eşit olduğundan ıslatma tam anlamıyla sağlanamaz. Yağ damlasının substrat yüzeyiyle farklı temas açılarındaki durumu şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. Yağ damlasının, yüzeyle yaptığı farklı temas açıları

2.2.4 Yüzey Geriliminin Ölçülmesinde Kullanılan Metotlar

Yüzey geriliminin ölçülmesinde sırasıyla statik metotlar (Wilhelmy plaka, kapiler yükselme, halka yöntemi) ve dinamik metotlar (damla yöntemi) kullanılmaktadır.

2.2.4.1 Statik Metotlar

2.2.4.1.1 Wilhelmy Plaka Koparma Yöntemi

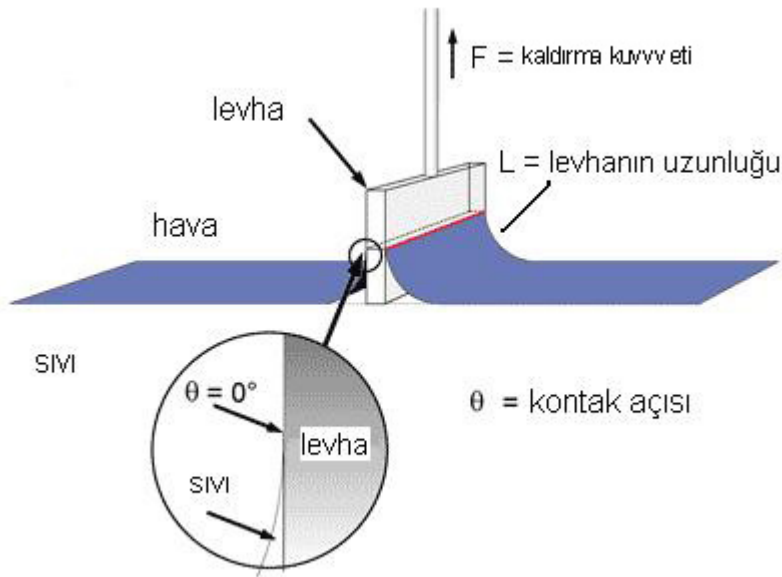
Bu yöntemde ince bir levha Şekil 7’de gösterildiği gibi, sıvının içine daldırılır. Koparma metodunda sıvıyı tutan kap derece derece düşürülür ve plakayı koparma noktasında sıvı yüzeyine değdiği noktada sabitlenir ve dengedeki çekme belirlenir. Yüzey gerilimi bu ölçülen değer ve değme açısı (kontak açısı) sıfır kabul edilerek eşitlik 17 ile hesaplanır; [11]

$$W_{\text{koparma}} - W = 2 (L + d) \gamma \quad (17)$$

$$\gamma = \frac{F}{2 (L+d)}$$

eşitliğini elde ederiz. Eşitlik 17’da

L: plaka uzunluğu; d: plaka genişliği; W= levhanın ağırlığı gösterir.



Şekil 7. Wilhelmy levha metodu

Genelde bu yöntem, saf sıvıların, polar ve polar olmayan sıvıların, düşük konsantrasyonda yüzey aktif madde içeren sıvıların yüzey gerilimlerinin ölçülmesinde kullanılır.

2.2.4.1.2 Halka Yöntemi

Bu yöntemde platin-iridyum halka sıvı içine tamamen daldırılır ve yavaşça en büyük kuvvete erişinceye kadar sıvı yüzeyine doğru çekilir ve maksimum kuvvete eriştiğinde halka sıvıdan ayrılır. Bu ayrılma, kopma anındaki kuvvet ile ölçülür ve 18 nolu eşitlik ile yüzey gerilimi hesaplanır; [11]

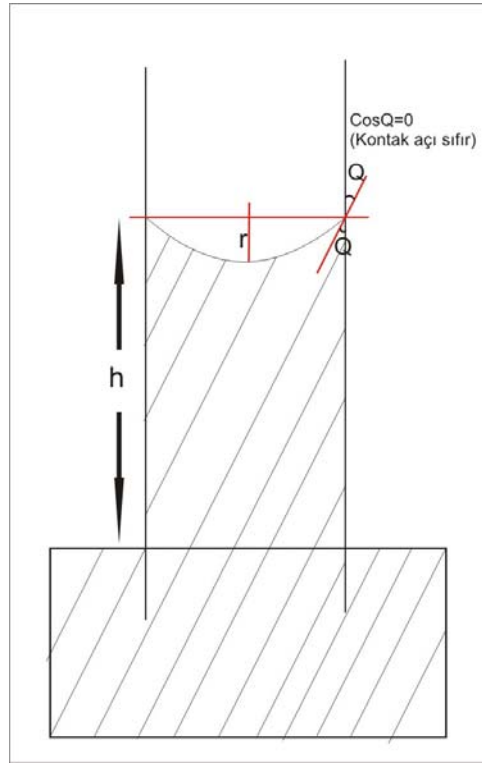
$$\gamma = \frac{F_{\max}}{(4\pi R f_{\text{corr}})} \quad (18)$$

eşitlik 18’de F: halkayı çekme faktörü; R: halkanın çekme kuvveti; f_{corr} : halka doğrulama faktörüdür.

Sıfır temas açısı elde etmek için, kuvvetli asitle yıkayarak ya da aleve tutarak plakanın temizlenmesi gerekir.

2.2.4.1.3 Kapilerite Yöntemi

Kapilerite (kılcallık) olayı, sıvıların küçük çaplı kılcal bir borunun içinde yüzey geriliminin etkisiyle boru içinde yükselmesi ya da alçalması olayıdır (Şekil 8). Sıvı ve kılcal borunun yapıldığı madde arasındaki adezyon kuvvetleri, sıvı molekülleri arasındaki kohezyon kuvvetlerinden daha zayıf olduğunda boru içerisindeki sıvı çeperden içeriye doğru çekilir.



Şekil 8. Kapilerite yöntemi

Kapilerite yükselmesi, yoğunluğu ρ ve yüksekliği h olan sıvı kolonu içinde eşitlik 19'da gösterilmiştir.

$$h = \frac{2\gamma}{\rho g r} \quad (19)$$

Eşitlik 19'da, r : kapiler borunun yarıçapı ve g : yer çekimi ivmesidir.

Eşitlik 19'da sıvıların yüzey gerilimini hesaplamak için kullanılan, diğer bir yöntemdir. Sıcaklık arttıkça metal kesme sıvılarının yüzey gerilimleri azalır [11].

2.2.4.2 Dinamik Metotlar

2.2.4.2.1 Damla Yöntemi

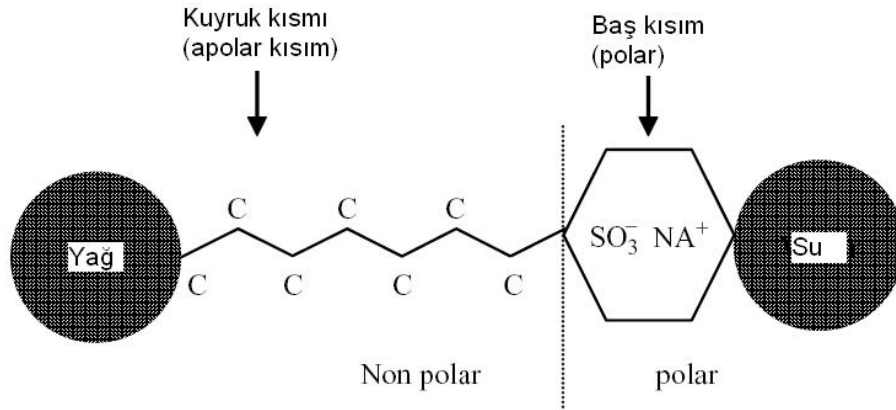
Sıvı damlaları uygun bir cihaz kullanılarak oluşturulur. Kılcal bir borunun ucunda oluşan damlayı tutan kuvvetler damlanın ağırlığından büyük olduğu müddetçe damlanın hacmi büyür ve damlayı tutan kuvvetler damlanın ağırlığına eşit olduğu anda damlacık düşer. Tam bu düşme esnasında düşen damlanın hacmi ölçülür. Bu hacim yardımıyla yüzey gerilimi eşitlik 20 ile hesaplanır.

$$\gamma = \frac{g\rho V}{2\pi r f_{HB}} \quad (20)$$

eşitlik 20’de, g: yer çekimi ivmesi; ρ : ölçülen örneğin yoğunluğu ve f_{HB} : doğrulama faktörüdür.

2.2.4 Yüzey Aktif Maddeler

Yüzey aktif maddeler, yağ moleküllerinin bir araya gelmesini önlemek için, yağ ve su arasında dağılırlar. Yüzey aktif maddeler olarak adlandırılan emülsifierler yağ ve su fazı arasındaki yüzey gerilimini düşürerek yağ damlacıklarının su içerisinde dağılımını sağlarlar. Yüzey aktif maddelerin yapısı Şekil 9'da gösterilmiştir. Yüzey aktif maddelerin en önemli karakteristik özelliği uzun hidrokarbon zincirlerine ve polar gruplara ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{NH}_3^+$, $-\text{PO}_4^-(\text{CH}_2)_2\text{NH}_3^+$) sahip olmasıdır. Uzun hidrokarbon zinciri molekülün hidrofob kısmını teşkil eder ve yüzey aktif özelliği sağlar. Polar grup ise molekülün hidrofil kısmını teşkil eder ve suda çözünmeyi sağlar. Yüzey aktif maddeler, lipofilik karbon zincirleri ve hidrofilik karboksilik asit grupları arasındaki denge dikkate alınarak seçilirler [14, 16, 17, 18].



Şekil 9. Yüzey aktif maddelerin genel yapısı

Yüzey aktif maddeler sıvı-sıvı arasındaki yüzey geriliminin düşmesinde rol oynarlar ve böylece su içindeki yağ damlacıkları aynı enerjiyle daha küçük damlacıklar halinde dağılırlar. Emülsiyondaki damlacıklar birbirlerini aynı elektriksel yüklerle etkiledikleri ve birbirlerine yaklaştıkları zaman partiküller arasındaki itme kuvvetlerinde artış olur. Böylece stabil emülsiyon partikülleri meydana gelir [14, 16, 17, 18].

Hidrofilik lipofilik denge (HLB) olarak ifade edilen HLB sayısı, moleküldeki hidrofilik ve hidrofobik kısımların molekülde sahip olduğu değeri ifade eder. HLB değerinin düşük olması sudaki çözünürlüğün düşük olması yani yüzey aktif maddenin lipofilik karakterli olduğu anlamına gelirken, HLB değerinin yüksek olmasında sudaki çözünürlüğün yüksek olması anlamına gelir. Bu durumda yüzey aktif madde hidrofilik karakterdedir [14, 18]. HLB sistemi, yüzey aktif maddelerin seçimi için kullanılan en yaygın yöntemdir. Hangi yüzey etkin maddenin seçileceği, molekülün hidrofil ve lipofil grupları arasındaki dengeyi temsil eden HLB değerlerine bakılarak kararlaştırılabilir de, gerekli konsantrasyonun bulunması için deneysel çalışmanın mutlaka yapılması gerekir [19].

Yüzey aktif maddeler HLB değerlerine göre;

- HLB 3–6 S/Y tipi emülsiyon oluşturun
- HLB 7–9 Islatici
- HLB 8–13 Y/S tipi emülsiyon oluşturun
- HLB 13–15 Temizleyici
- HLB 15–18 Çözündürücü olarak adlandırılır.

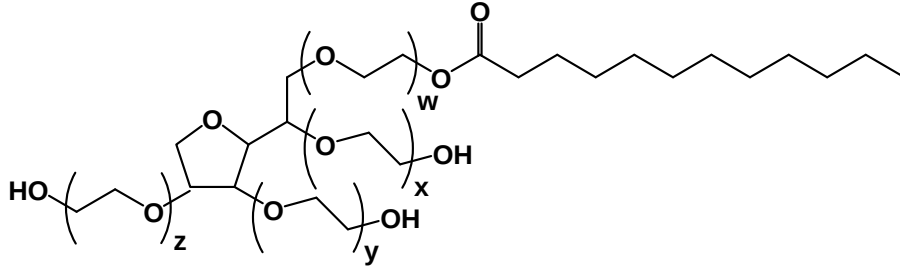
HLB değerleri 11–20 arasında olduğunda yüzey aktif madde hidrofilik, HLB değeri 9'un altında ise lipofilik özellik gösterirler [19]. Bazı maddelerin HLB değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Bazı maddelerin HLB değerleri

Maddeler	HLB Değerleri
Bitkisel yağlar	6 – 8
Mineral yağlar	10 – 11
Yağ asitleri ve alkoller	14 – 15
Polisorbat 20	16.7
Sorbitan Trioleat	1.8
Polisorbat 85	11
Peg 400	9.7
Sorbitan Oleat	4.3

HLB değeri molekülün molekül ağırlığı, hidrofilik baş kısmın molekül ağırlığı ve hidrofilik kısmın moleküler ağırlık yüzdesi bulunarak hesaplanır ve sonuç beşe bölünür.

Örnek olarak Tween 20 (Şekil 10) surfaktantının HLB değerini hesaplayalım.



Şekil 10. Tween 20 yüzey aktif maddesinin kimyasal yapısı.

Molekülün ağırlığı (g/mol)	Hidrofilik kısmın ağırlığı (g/mol)	Hidrofobik kısmın ağırlığı (Laurik asit C ₁₂ H ₂₄ O ₂) (g/mol)	Deneysel HLB	Teorik HLB
1228	1028	200	16.74	16.7

% HLB = Hidrofilik kısmın ağırlığı / molekülün ağırlığı

% HLB = 1028 / 1228

% HLB = 0.837

HLB = 100 * 0.818 / 5

HLB = 16.74

2.2.5 Yüzey Aktif Madde Türleri

Yüzey aktif maddeler genel olarak hidrofilik grubun yapısına göre anyonik, katyonik, iyonik olmayan ve amfoterik olarak dört gruba ayrılırlar. Hidrofobik kısım molekülün (–) elektrik yüklü grubunda ve Anyonik kısım (+) elektrik yüklü grubunda bulunuyorsa katyonik madde adını alır. Hidrofobik kısım hem anyon hem katyonda bulunduğu amfoter yüzey aktif madde adını alır. Suda çözünmesine rağmen (+) ve (–) yüklü gruplara ayrılmayan yüzey aktif maddelere iyonik olmayan yüzey aktif maddeler denir [17, 18, 19, 20]. Yüzey aktif madde türlerine örnekler Tablo 2’de gösterilmiştir.

Anyonik surfaktantlar ticari olarak çok önemlidirler ve kullanılan surfaktantların büyük bir kısmını temsil ederler. Katyonik surfaktantlar, bakteri oluşumunu önledikleri ve antiseptik (mikrop öldürücü) özellikte olduklarından dolayı ağırlıklı olarak sanayide kullanılırlar.

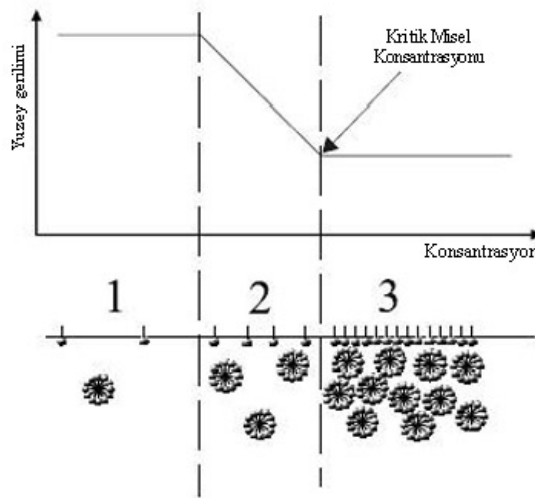
Tablo 2. Yüzey aktif madde türleri

İyonik olmayan surfaktant	Anyonik surfaktant	Katyonik surfaktant
Polisorbatlar	Sodyum dodesil	Setil tri-metil
(Tween 20, Tween 40	sulfat (SDS)	amonyum bromür
Tween 60, Tween 80)		(CTAB)
Trixtan X-100	Sodyum stearat	amonyum bromür
Polietilen glikoller (Peg 400)	Sodyum oleat	Dodesil amin
Sorbitan esterleri (Span 80)		

2.2.6 Misel Oluşumu, Kritik Misel Konsantrasyonu ve Hidrofobik Etkileşimler

Baş grupların su içinde çözünmesi ve hidrokarbon kısımların su tarafından itilerek bir arada kümeleşmesi ile oluşan yüzey aktif moleküler yapıya “misel” denir. Ayrıca surfaktantın sulu çözeltilerdeki küresel yapılı formlarına da misel adı verilir [20, 21]. Misel çözeltisi yüzey aktif madde moleküllerinin düzenlenmiş bir kolloidal dispersiyonudur. Miseller ancak bir kritik misel derişiminin yani kritik misel konsantrasyonun (KMK) veya Kraft sıcaklığının üstünde meydana gelir [14].

Bir yüzey aktif madde su içine ilave edildiğinde, hidrofob kısım suyun dışında olacak şekilde düzenlenir. Konsantrasyon hafifçe arttırıldığında fazlası su fazında çözünmeye başlar. Yüzey aktif madde konsantrasyonu arttıkça tabaka veya küresel formda miseller oluşur. Ancak bu misellerin oluşumundan sonra yani kritik misel konsantrasyonuna ulaştıktan sonra etki başlar. *Kritik misel konsantrasyonu*, yüzey gerilimi değerin en düşük değere ulaşması için gerekli minimum yüzey aktif madde konsantrasyonu olarak tanımlanır (Şekil 11). Diğer bir ifadeyle misellerin oluşmaya başladığı eşik konsantrasyona da kritik misel konsantrasyonu denir. Kritik misel konsantrasyonunda yüzey aktif madde etkisi maksimumken, yüzey gerilimi ve moleküller arası gerilim minimumdur [20, 21].

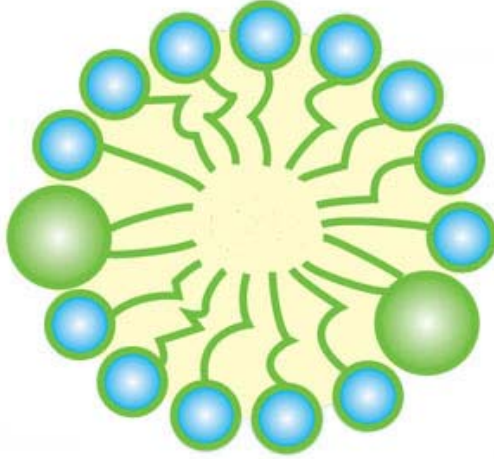


Şekil 11. Kritik misel konsantrasyonu grafiği

Yüzey aktif maddenin çözünmeye başladığı sıcaklık noktasına “ Kraft sıcaklığı” denir. Kraft sıcaklığının altında misel oluşumu gözlenmez. Sıcaklık yükseldikçe moleküllerin hareketliliği artar ve böylece Kraft sıcaklığına gelindiğinde misel oluşumu gözlenir [21].

Miseller birer yüzey aktif madde deposu gibidirler. Yağın ihtiyacı olan yüzey aktif madde sürekli olarak buradan karşılanır. Genelde, miselleşme ekzotermik bir süreçtir ve kritik misel konsantrasyonu sıcaklık artışı ile artar.

$$\Delta G = -RT \ln C_{(k.m.k)} \quad (21)$$



Şekil 12. Misel oluşumu

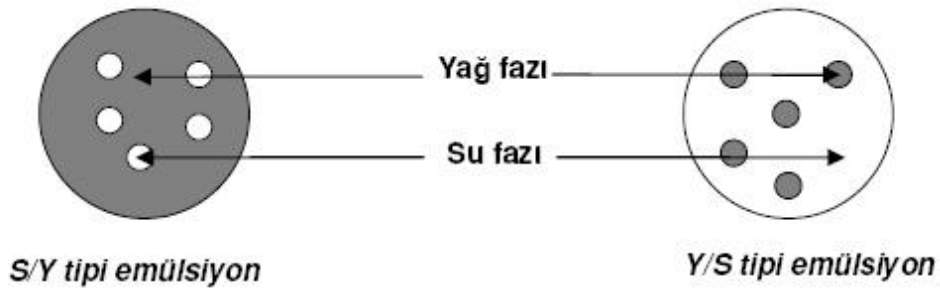
Sulu sistemlerde misel oluşumu genelde endotermik olup yüzey aktif maddenin molü başına $\Delta H \approx 1-2$ kJoule civarındır [11].

Yüzey aktif maddelerin yıkama kabiliyeti hidrofobik karbon zincirinin uzunluğu ve kısısalığı ile ilgilidir. Islatma kabiliyeti ise hidrofilik grupların moleküldeki yerleri ile ilişkilidir [20].

2.3 Emülsiyonlar

Emülsiyon, yağın emülsiyon yapıcı ajanlarla ve diğer katı maddeleriyle birlikte suda karıştırılmasıyla, yağ taneciklerinin su içinde askıda kalmasıyla oluşan bir karışımdır. Diğer bir ifadeyle de emülsiyonlar, basit bir tanımlama ile birbiri ile karışmayan en az iki sıvının birbirleri içerisinde damlacıklar halinde dağıldığı heterojen sistemlerdir. Bu sistemler bir hidrofilik bir de lipofilik iki fazdan oluşurlar. Bu iki faz, emülsiyonun iç ve dış fazı olarak adlandırılmaktadır. Dış faz sürekli faz olarak da tanımlanır ve iç fazı damlacıklar halinde taşır. Bir emülsiyonun meydana gelmesi için en az üç bileşene; yağ fazı, su fazı ve yüzey aktif maddeye ihtiyaç vardır [19].

Metal kesme sıvıları birer emülsiyon sistemleridir (Şekil 13). Emülsiyonlar su-yağ ve yağ-su olmak üzere ikiye ayrılır. Metal kesme sıvıları yağ/su tipi emülsiyon sistemidir. Bu sistemde, sürekli faz su dahili faz ise yağdır. Emülsiyon sistemlerinin kararlılığı, emülsiyon oluşumundaki damlaların büyüklüğüne bağlıdır.



Şekil 13 Emülsiyon tipleri (S: su, Y: yağ)

2.3.1 Emülsiyon Türleri

Dispers fazda damlacıkların büyüklüğüne göre emülsiyonlar makroemülsiyon (0.2–50 μm), mikroemülsiyon (0.01-0.1 μm) ve çoklu emülsiyonlar olarak üçe ayrılırlar [19].

2.3.1.1 Makro emülsiyonlar

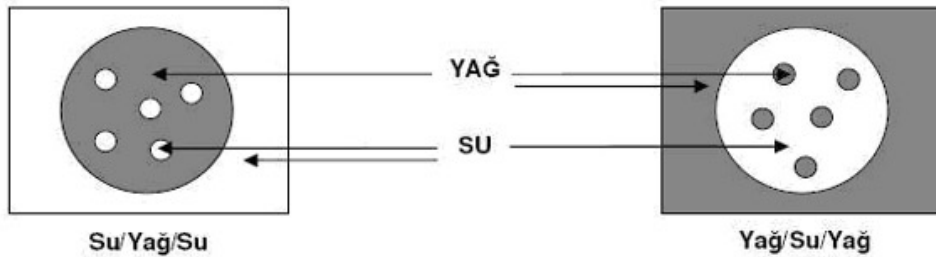
Makro emülsiyonlar, klasik emülsiyonlar veya basit emülsiyonlar olarak da tanımlanırlar. Emülsiyon iç fazını oluşturan damlacıkların boyutu ortalama 100 nm'den daha büyük olan sistemlerdir. Yağ, su ve yüzey aktif madde karışımından oluşurlar. Y/S veya S/Y tipinde olabilirler [19].

2.3.1.2 Mikro emülsiyonlar

Mikro emülsiyonlar, uzun raf ömrü, hazırlama ve uygulama kolaylıkları, aktif madde çözünürlüğünü arttırmaları gibi özelliklerinden dolayı dikkat çeken sistemlerdir. Mikro emülsiyonların en belirgin özelliği berrak olmalarıdır. Emülsiyon iç fazını oluşturan damlacıkların boyutu ortalama 10–100 nm arasındadır. Su, yağ, yüzey aktif ve yardımcı bir yüzey aktif madde karışımından oluşan mikro emülsiyonlar, genellikle üçgen faz diyagramları çizilerek formüle edilmektedirler [19].

2.3.1.3 Çoklu Emülsiyonlar

Çoklu emülsiyon sistemlerinde asılı faz damlacıkları, kendi içlerinde dağılmış halde bulunan daha küçük damlacıklar içerirler. Birbiri ile karışabilen iki sıvı fazın, bunlarla karışmayan bir diğer sıvı faz tarafından ayrılması, su/yağ/su (S/Y/S) ve yağ/su/yağ (Y/S/Y) olmak üzere başlıca iki tip çoklu emülsiyon oluşumuna neden olur (Şekil 14). S/Y/S tipi birçoklu emülsiyonda, iç ve dış su fazları birbirinden yağ fazı ile ayrılırken, Y/S/Y tipi çoklu emülsiyonlarda, iç ve dış yağ fazlarını bir su fazı ayırmaktadır.



Şekil 14. Çoklu emülsiyon tipi

2.3.2 Emülsiyonlarda Damlacık Büyüklüğü

Bir emülsiyonun görünüşü damla büyüklüğüne bağlıdır. Damlacıklar $1\text{ }\mu\text{m}$ veya daha büyükse emülsiyon beyaz renklidir. $0.05\text{-}0.1\text{ }\mu\text{m}$ arasında yarı saydam ve $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 'den küçükse saydamdır. Dispers fazın daha küçük partikülleri daha stabil emülsiyon sağlar. Damla büyüklüğü ve dağılımı analizi bir emülsiyonun kararlılığının saptanmasında büyük öneme sahiptir.

2.3.3 Emülsiyonlarda Konsantrasyon Kontrolünün Önemi

Emülsiyonların kullanıldığı işlemlere ve ortama göre ideal kullanım konsantrasyonları vardır ve maksimum performans bu aralıklarda elde edilir. Bu aralıkların dışına çıkıldığı durumlarda problemler meydana gelir. Bu nedenle metal kesme sıvısının konsantrasyonu günlük olarak kontrol edilmelidir. Konsantrasyon kontrolü refraktometre ile yapılır.

konsantrasyon yüksek olduğunda;

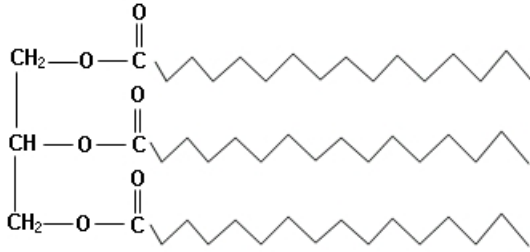
- parça yüzeyinde ve tezgâhta yapışkan depoziteler oluşur.
- kesme bölgesinde duman meydana gelir.
- operatörün ellerinde tahrişler olabilir.

konsantrasyon düşük olduğunda;

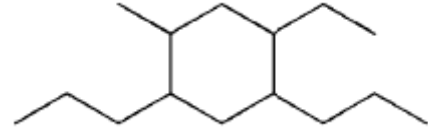
- parçalarda ve tezgâhta paslanma problemleri görülebilir,
- yağlayıcılık özelliği azalacağından kesici takımların uçlarında istenilen kalitede yüzey düzgünlüğü elde edilemez,
- emülsiyonun bakteri üremesine karşı koruyuculuğu azalır,

2.4 Yağlar

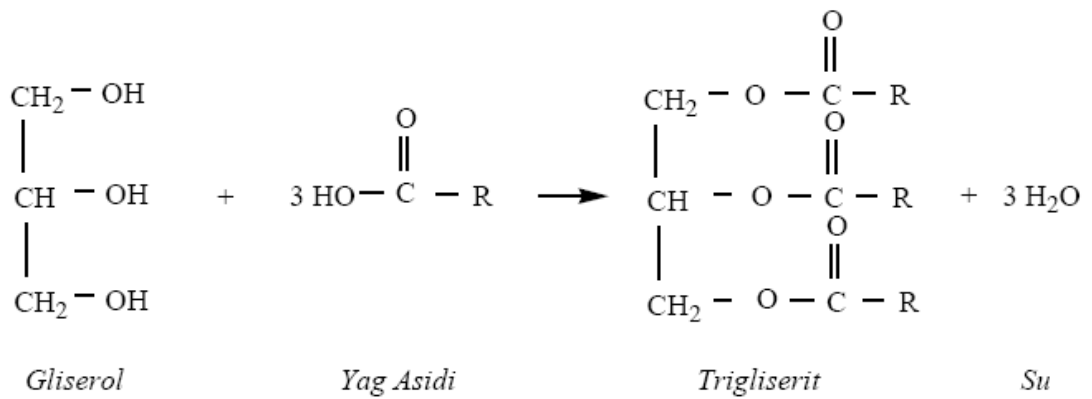
Sıvı ve katı yağların tamamına yakın bir kısmını, değişik zincir uzunluk ve yapısındaki yağ asitleri R-COOH ile üç değerlikli bir alkol olan gliserinin C₃H₅(OH)₃ verdiği ve trigliserid denilen esterler meydana gelir (Şekil 15-17). Üç değerlikli bir alkol olan gliserin ile üç mol yağ asidinin esterleşmesiyle oluşan trigliseritler, yağların ağırlığının %95'den fazlasını oluşturur, kalan %5'lik kısmı da mono ve digliseridler, serbest yağ asitleri, fosfolipidler, steroller ve diğer minör bileşikler oluşturur [22, 23].



Şekil 15. Bitkisel yağların yapısı



Şekil 16. Petrol tabanlı naftenik mineral yağ

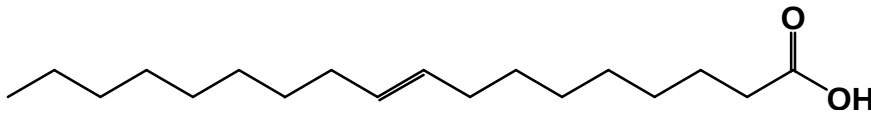


Şekil 17. Trigliserit (yağ) oluşum reaksiyonu

2.4.1 Yağ Asitleri

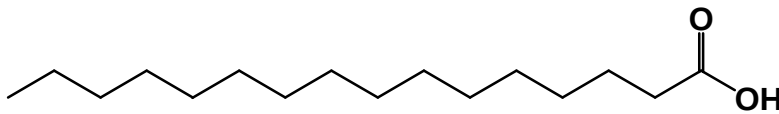
Yağ asitleri, genellikle çift sayıda karbon atomu içeren, düz zincirli ve değişik zincir uzunluğuna sahip organik asitler şeklinde tanımlanabilir. Yağ asidi molekülü bir alkil (R-) ve bir karboksil (-COOH) grubundan oluşmuştur. Yağ asitleri en az iki ve en çok yirmi altı karbon atomu içerirler. Genel olarak yağ asitlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimi ile molekül ağırlıkları, zincir uzunlukları arasında bir ilişki vardır. Bütün yağ asitleri zayıf asitler olup sudaki görünüşleri zincir uzunluğu ile ters orantılı olarak azalan tuzları oluştururlar. Yüksek moleküllü yağ asitlerinin alkali tuzları yüzey aktif maddelerdir ve sulu ortamda hidroliz olurlar [23].

Doymamış yağ, yağ asidi zincirinde bir veya daha fazla çift bağ içeren ya da üçlü doymamış bağın yer aldığı yağ veya yağ asitleridirler (Şekil 18). Bitkisel yağların oksidasyona uğramasının sebebi de bu çift bağlardır. Kaynama noktaları ile buhar basınçları, aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitleri ile kıyaslandığında, önemli bir farklılık söz konusu değildir. Bu arada doymamış yağ asitlerinin yoğunlukları ile kırılma indisleri, aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitlerine kıyasla daha yüksektir [23].



Şekil 18. Doymamış oleik asit (18:1)

Doymuş yağ, yağ asidi zincirinde çift bağ içermeyen yağ ve yağ asitleridir (Şekil 19). Doymuş yağ asitlerinin de, moleküldeki karbon atomu sayısının artışına paralel olarak, erime ve kaynama noktaları yükselirken, buhar basınçları ters yönde değişerek düşmektedir.



Şekil 19. Doymuş yağ asidi (palmitik asit 16:0)

Doymamış yağ asitleri, aynı zincir uzunluğundaki doymuş yağ asitlerine göre fiziksel ve kimyasal özellikler yönünden büyük farklılıklar gösterirler. Doymuş ve doymamış yağ asitleri, aynı sayıda karbon atomu içermelerine rağmen erime ve kaynama noktalarına ve özellikle radikal yapılarına (R-) bağlı olarak büyük farklılıklar gösterirler. Bazı doymuş ve doymamış yağ asitlerine örnekler aşağıda verilmiştir.

Bazı doymuş yağ asitleri:

Butirik: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$

Laurik (dodecanoic asit): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$

Miristik (tetradekanoik asit): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$

Palmitik (heksadekanoik asit): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$

Stearik (octadecanoic asit): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$

Araşidik (eicosanoic asit): $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$

Bazı doymamış yağ asitleri:

Alfa-linolenik asit: $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Linoleik asit: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Oleik asit: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_7\text{COOH}$

Erüsik asit: $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7\text{CH}=\text{CH}(\text{CH}_2)_{11}\text{COOH}$

2.4.2 Ham Yağlar ve Rafinasyon İşlemi

Yağlı tohumlu bitkilerden kabuk kırma, ayırma, presleme ve çözücü ekstraksiyonu gibi bir takım işlemlerden geçerek elde edilen yağlara *ham yağlar* denir. Ham yağlarda trigliseridin dışında fosfolipidler, steroller, hidrokarbonlar, karotenler, serbest yağ asitleri, konjuge yağ asitleri, proteinler, aldehytler, ketonlar, trans yağ asitleri, dimerler, mono ve digliserit gibi safsızlıklar bulunur. Ham yağ içinde bulunan safsızlıkların miktarı ve cinsi bitkilerin yetiştirildiği toprak yapısı, iklim şartları, depolama ve işlenme şekline göre değişiklikler gösterir [23].

Yağların kullanıma uygun hale getirilebilmesi için yağdaki safsızlıkların (yabancı maddelerin) uzaklaştırılması gerekir. Bu işleme Rafinasyon denir. Rafinasyon, yağdaki safsızlıkların yağın trigliserit yapısına zarar vermeden giderilmesidir.

Ham yağların rafinasyon aşamasını oluşturan fiziksel ve kimyasal işlemler aşağıda özetlenmiştir:

Degumming (Fosfolipidlerin giderilmesi): Yağ yıkama olarak da adlandırılan bu işlemle ham yağ içindeki fosfolipidler uzaklaştırılır. Degumming işleminde sülfürik asit ve fosforik asit kullanılır. Türkiye’de yetiştirilen ayçiçeği, soya, keten vb. gibi yağlı tohumlar fosfolipidlerce zengindir (% 1–2,5).

Nötralizasyon (Asitlik giderme): Nötralizasyon işleminde sodyum hidroksit ile muamele edilen ham yağ içindeki serbest yağ asitlerinin sabun şeklinde yağdan ayrılması sağlanır.

Beyazlatma Aşaması (Ağartma, renk açma): Bu aşamada kuru nötr yağ, ağartma toprağı adı verilen aktif kil - aktif kömür ile vakum altında (80–100°C) işleme sokulur. Böylece toprak tarafından klorofil ve karoten gibi renk maddeleri absorbe edilerek yağdan ayrılır.

Vinterizasyon (Mumsu maddelerin, waxların uzaklaştırılması): Berraklaştırma olarak da anılan bu işlemde aşırı soğutulan (- 2,+2°C) yağların, soğukta süzülerek mevcut

2.4.2.3 Hidrojenasyon

Bitkisel yağlar iki amaçla hidrojenasyona tabi tutulur. Bunlardan birincisi çift bağların sayısını azaltmak, böylece oksidasyona duyarlılığı azaltmak ve tat stabilitesini artırmaktır. İkinci amaç ise fiziksel özelliklerini değiştirerek, ürünün kullanım alanlarını artırmaktır. Böylece hidrojenasyonla bitkisel yağlardan margarin, kaplama yağı, kızartma yağı gibi değişik amaçlı yağların üretilmesi sağlanır. Yağ asitlerinin bu kimyasal değişikliklere bağlı olarak yağda iki önemli kalite değişikliği ortaya çıkar. Birincisi yağın erime aralığı yüksek derecelere kayar, ikincisi yağ dayanıklılığı (oksidasyon stabilitesi) artar. Hidrojenasyon ekzotermik bir reaksiyondur.

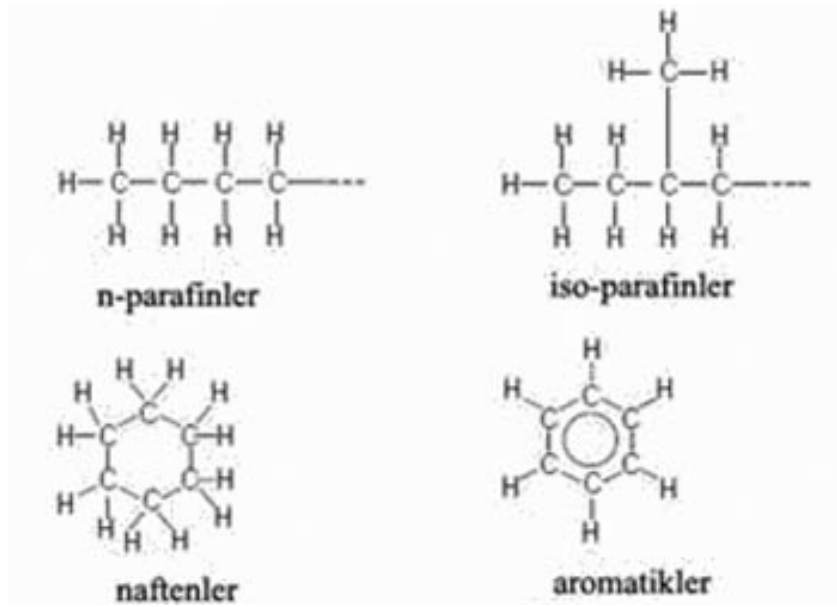
2.4.3 Yağların Sınıflandırılması

Yağlar türlerine göre üç sınıfta incelenir.

2.4.3.1 Mineral (Madeni) Yağlar

Ham petrolün rafinerilerde işlenmesi ile elde edilen ürünlerden biri olan mineral yağlar, tekrar özel işlemlerden geçirilerek, madeni yağların ham maddesi olan *baz yağlar* elde edilir. Bu yağlar, viskozitelerine göre sınıflandırılır. Tüm madeni yağları, doğrudan elde etmek mümkün değildir. Mineral yağlar, metal işleme yağlayıcıları için temel sıvı olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir [27]. Mineral yağlar molekül başına 10 ile 70 arasında değişen sayıda karbon atomu içerirler. Zincir uzunluğu arttıkça, viskozite, parlama noktası, yanma noktası ve kaynama noktası artar. Viskozite basınçla yükselirken, sıcaklıkla düşer. Mineral yağ bileşiklerinin yapısı şekil 22’de gösterilmiştir.

Parafinlerin yoğunlukları ve viskoziteleri daha düşüktür. Fakat sıcaklık arttıkça viskozite değerlerinde küçük bir azalma olur. Viskoziteleri, basıncın artmasıyla daha yavaş bir şekilde fakat daha düşük sıcaklıklarda katılaşır. Parlama noktaları yüksektir. Daha geç oksidasyona uğrarlar. Molekül yapısında dallanmanın artması isoparafinlerin naftenler gibi davranmasına sebep olur [28].



Şekil 22. Mineral yağ bileşikleri [27]

Parafinik yağların oksidatif kararlılıkları yüksektir, metal işleme esnasında daha az dumanlanmaya sebep olurlar. Fakat katkıları naftenik yağlar içinde daha fazla çözünemedikleri ve stabiliteleri yüksek oldukları için naftenik yağlar tercih edilen yağlardır. Naftenik yağların fiyatlarının daha uygun olduğu ve parafinik yağlara göre daha kolay emülsiyeye oldukları görülür. Fakat bütün mineral bazlı yağlar petrol bazlı oldukları için arıtılmaları ve geri kazanılmaları oldukça yüksek maliyet gerektirir ve çevreye zararlıdır [29]. Madeni yağlar, değişik viskoziteli baz yağlara, üründen beklenen özelliklere göre seçilen, çeşitli katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilirler.

Mineral baz yağlar, kimyasal yapıları bakımından üç büyük gruba ayrılırlar:

1. Alifatikler:
 - a) Parafinik
 - b) Naftanik
2. Aromatikler
3. Alifatik ve Aromatik

Günümüzde ekonomi ve ekoloji birbirine çok yakın hale gelmiştir. Aromatik bileşiklerin yağlar içindeki oranı azaltılmaya çalışılmaktadır. Mineral yağlar içinde bulunan aromatik ve çok halkalı aromatik bileşiklerin, hayvanlar üzerinde yapılan deneyler neticesinde kanserojen olduğu tespit edilmiştir [27].

2.4.3.2 Sentetik Yağlar

Sentetik yağlar petrol esaslı olmayan, sentetik baz yağdan kimyasal sentez yöntemleriyle elde edilir. Laboratuvar ortamında üretilen sentetik yağlar, mineral yağlara oranla daha yüksek ve daha düşük sıcaklıklar ile yüksek basınca karşı daha dayanıklıdır. Çoğunlukla kesme sıvılarında poliglikoller kullanılır. Esterler, doğal kaynakların korunmasını sağlarlar ve buharlaşma kabiliyetleri de polialfaolefinlere göre daha iyidir. Sentetik yağlar mineral yağlara göre daha pahalıdır.

Son yıllarda dünyadaki ham petrol üretiminin azalması ile petrol fiyatlarında görülen hızlı artışlar, günümüzün gelişen teknolojisi sonucu daha zor şartlarda çalışabilecek yağlara gereksinim duyulması nedeniyle sentetik yağlayıcıların kullanılması ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır.

Sentetik baz yağlara aşağıdaki gibi örnekler verilebilir.

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| · Polialfaolefin (PAO), | · Alkali aromatik |
| · Polybutenes, | · Alifatik Diester |
| · Poli esterler, | · Polialkilen glikoller |

2.4.3.3 Bitkisel Yağlar

Bitkisel yağlar petrol esaslı yağlardan farklı bir kimyasal yapıya sahiptirler. Mineral yağlar büyük oranlarda parafinler ve aromatiklerden oluşmasına karşılık, bitkisel yağlar, yağ asitlerinin gliserinle yapmış olduğu esterlerdir. Bu esterlere gliserit adı verilir. Gliserin molekülünü oluşturan 3 alkol grubu yağ asitlerinin esterleşmesi ile trigliserit adını alır. Trigliseritdeki doymamış yağ asitlerinin cinsi ve miktarı, bitkisel yağın özelliklerini oluşturmaktadır [30].

Mineral yağların negatif etkilerinin olması araştırmacıları çevreye ve insan sağlığına zararı bulunmayan bitkisel yağları araştırmaya yönlendirmiştir. Biyolojik olarak geri kazanılabilen yağlar üzerindeki çalışmalar son yıllarda artmıştır. Bitkisel yağların kanserojenik etkileri bulunmamaktadır ve mineral yağlar gibi kaynakları sürekli tükenmemektedir. Aksine bitkisel yağ kaynakları sürekli kendi kendini yenilemektedir. Bu sebeplerden ötürü bitkisel yağlar üzerine ilgi oldukça artmaktadır. Fakat bitkisel yağlar, petrol bazlı yağlara göre 1.5–2 kat daha pahalıdır. Bitkisel yağlar, yağlayıcılık özelliği dikkate alındığında mineral yağlardan daha iyi olmamakla birlikte benzer özellikler gösterirler. Bitkilerin tohumlarından elde edilen yağlar, yağlayıcılığı arttıran doğal yağ asitleri ve bileşikleri içerirler. Yüksek polar özelliklerinden ötürü metal yüzeylerine yapışır ve kaplarlar. Yüzeylerdeki kirlilikleri daha iyi temizlerler. Bitkisel yağların çoğu doymamıştır. Mineral yağlara göre daha az oksidatif kararlılığa sahiptirler. Bu sebepten mineral yağlara göre oksidatif bozunmaları önlemek için daha fazla miktarda antioksidantlara ihtiyaç duyarlar. Antioksidan maddelerin sadece maddi boyutları olup insan sağlığına ve çevreye zararları yoktur.

Bitkisel yağlarla ilgili olarak ortaya konulması gereken önemli konu ham ve rafine yağ ayrımıdır. Ham yağ, tohum yağlarının üretiminde kullanılan yağlı tohum çeşitlerinin esas olarak, presleme ve ardından hekzan ekstraksiyonu işlemlerinden geçirilmesi suretiyle elde edilmektedir. Ham yağlar değişik miktarlarda yağ dışı yabancı maddeler içerirler. Bu maddeler sırasıyla; fosfolipidler, reçineler, renk veren pigmentler, aldehit ve ketonlar, serbest yağ asitleri, hidrokarbonlar, steroller ve tokoferollerdir. Bu maddelerin miktarı yağlı tohumun cinsine, tohumun depolanma şartlarına ve tohumun işlenmesinde uygulanan proseslere bağlı olarak çok büyük

değişkenlik gösterir. Rafine yağlar ise söz konusu ham yağların rafinasyon işleminden geçirilmiş halidir. Rafinasyon işlemi, yabancı maddelerin yağın trigliserid yapısına ve tokoferollere mümkün olduğunca en az zarar verecek şekilde yağdan uzaklaştırılmasıdır.

Ayçiçeği Yağı: Ayçiçeği yağı, yağ oranı %39–45 arasında değişen *Helianthus annuus* bitkisinin tohumlarından elde edilen bir yağdır. Ayçiçeği yağı %14–40 oleik asit (18:1), %48–75 linoleik asit (C: 18:2), stearik asit (C 18:0) ve palmitik asit (C 16:0) içeren bir yağdır [22].

Dünyada ayçiçeği ekimi yapan başlıca ülkeler; Rusya, Ukrayna, Arjantin, Macaristan, Fransa, İspanya, Hindistan ve Türkiye'dir. Ülkemizde özellikle Trakya ve Marmara bölgelerimizde ayçiçeği bitkisinin tarımı önemli bir yer tutmaktadır. Ayçiçeği yağı, rafine edilmek suretiyle sıvı olarak tüketilebildiği gibi, margarin üretiminde hammadde olarak da yaygın bir biçimde kullanılmaktadır. Ayçiçeği yağı %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içermektedir. Ayçiçeği yağının içerdiği yağ asitlerini genetik yapı, ekim tarihi, yetiştirme bölgesi ve iklim koşulları, hasat tarihi ve bitkinin beslenme durumu belirlemektedir [30, 36]. Ayçiçeği yağı, dünya sıralamasında ise soya ve palm yağından sonra en çok üretilen ve tüketilen üçüncü yağdır.

Kanola Yağı: Kolza bitkisinin %30–42 oranında yağ içeren tohumlarından elde edilmektedir. Kanola yağı %51–71 oranında oleik asit ve %15–30 linoleik asit içeren bir yağdır [22]. Tüm sıvı yağlarda doymamış yağ oranı yüksek olmakla birlikte bu yağlar arasında %93 doymamış yağ oranı ile kanola yağı, ilk sırada yer almaktadır. Ayçiçeği yağının kullanıldığı her yerde kullanılabilen kanola yağı, lezzet olarak da ayçiçeği yağıyla benzerlik göstermektedir. Fiyat avantajı ve sağlıklı oluşu nedeniyle kanola yağı, dünya pazarlarında geniş bir yer bulmaktadır [30, 36]. Kolza tohumu yağının, 22 karbonlu doymuş zincirlere sahip olması sebebiyle yağlayıcılık özelliği çok iyidir. Oleik asitçe zengin olan kanola yağı, hafiflik, yüksek parlama sıcaklığı ve tortu bırakmama gibi üstün özellikler göstermektedir. Petrol bazlı yağların yanmaya

olan eğilimleri ve yüksek duman oluşturmaları göz önüne alındığında bu iyi bir özelliktir [25].

2.4.3.4 Biyolojik Olarak Ayrışabilir Yağların Tercih Edilmesinin Sebebi

Toksik atıklar, ozon tabakasının incilmesi, yeryüzü sularının kirlenmesi, hava kirliliği ve toprak kirliliği gibi çevre sorunları çevre bilincini arttırmış ve sanayicileri bu sorunlar için faaliyetlerde bulunmaya yönelmiştir. Son yıllarda dünyada birçok endüstri dalında bu problemler dikkate almış ve bununla ilgili olarak çevre dostu ürünlerin kullanımı ve üretilmesi yaygınlaşmıştır. Tablo 3’de çeşitli yağların biyolojik olarak ayrışabilirliği gösterilmiştir.

Tablo 3. Çeşitli yağların biyolojik ayrışabilirliği

Yağlar	Biyolojik Ayrışabilirlik
Mineral yağ	%15–35
Gres yağı	%25–45
Poliglikol	%50–80
Sentetik ester	%70–95
Bitkisel yağ	%75–95

2.4.4 Metal Kesme Sıvılarında Kullanılacak Yağın Seçimi

Metal kesme sıvısı olarak kullanılacak yağın seçiminde etkili olan parametreler sırasıyla viskozite, yoğunluk, pH, oksidasyon, termal stabilite, aşınma, bakteri ve küf oluşumu, köpürme, korozyon önleyici, parlama noktası, yüzey gerilimi, yağlayıcılık, donma noktası alçalmasıdır.

2.5 Katkı Kimyasalları ve Fonksiyonları

Başlangıçta yağda bulunmayan veya belli miktarda bulunan, yağlara istenen bazı özellikleri kazandırmak, mevcut özellikleri geliştirmek, yağın istenmeyen bazı özelliklerini yok etmek veya en aza indirmek amacıyla yağlara sonradan eklenen ilave maddelere “Katkı Maddesi” denilmektedir [31-33]. Yağın özelliklerini bozunmaya ve çeşitli kimyasal etkilere karşı korumak, yağ ile birlikte ve yağın görevini yapamadığı durumlarda metali korumak ve yağa yeni fiziksel özellikler kazandırmak katkı maddelerinin görevidir. Yağa bazı özellikleri kazandırmak için katkı maddesi eklenirken, bu katkı maddelerinin karıştırıldıkları yağın ve diğer katkı maddesi elemanlarının özelliklerini bozmamaları gerekmektedir. Metal kesme sıvılarında çalışılan metal üzerinde korozyon, köpük oluşumu, bakteri ve fungusit oluşumun önüne geçilmesi için formül içerisine bu önleyici katkı kimyasalları ilave edilir [31-33].

Kaliteli yağlar bile ağır çalışma koşullarında tam yağlama ve koruma görevlerini gerçekleştiremezler. Bu nedenle bazı kimyasal maddeler ortama ilave edilerek yağların özellikleri artırılmaktadır.

Kullanılan katkıların çoğu sıvı haldedir. Bazı temel kimyasal katkı maddeleri olarak yağ asitleri, etanolaminler, silikon tabanlı köpük önleyiciler, butil karbitol, bakteri ve fungusit önleyici kimyasallar sayılabilir. Katkı maddeleri, uygulama türüne göre dikkatli bir şekilde seçilmelidir. Metal kesme sıvısı formülasyonunda kullanılacak katkı maddelerinde nitrözamidler, formaldehit ve klor içeren bileşikler gibi çevreye zararlı kimyasallardan kaçınılmalıdır [31].

2.5.1 Donma Noktası Düşürücü Katkı Maddeleri

Yağların temel maddesi olan hidrokarbonlar düşük sıcaklıklarda katılaşmaktadırlar [32]. Bu tip katkı maddeleri yüksek molekül ağırlıklı polimerlerdir. Yağ donmaya başlamadan önce moleküllerin hareketleri yavaşlar sonrada kristalleşme başlar. Bu katkı maddeleri, kristallenmeye yani donmaya

başlayan yağ moleküllerinin arasına girerek kristallenmeyi önler [33]. Donma noktası düşürücü katkı maddeleri olarak etilen glikol bileşikleri örnek verilebilir.

2.5.2 Köpük Önleyici Katkı Maddeleri

Metal kesme sıvısının sistemde dolaşması ve sıvının kesici takıma püskürtülmesi esnasında hava metal kesme sıvısı içine girer. Çok az miktarda eklenen köpük önleyici madde köpüklenmeyi ortadan kaldırır. İyi bir köpük önleyici maddede aranan özellik sulu çözeltide iyi dağılma kabiliyetine sahip olmasıdır. Sistem içinde çözülmeden iyi bir şekilde yayılmalı ve köpük yüzeylerinin üzerlerini kaplamalıdır [34]. Bu katkı maddeleri yağın köpürmemesi ve havadan kolayca ayrılması için kullanılmaktadırlar. Köpüklenmeye dirençli yağların kabiliyeti, ham yağın tipine, rafine tipi ve derecesi ile viskozitesine bağlı olarak değişmektedir [32]. Köpük önleyici katkıları, polialkoksiloksanlar, yüksek molekül ağırlıklı amidler ve poliglikol gibi kimyasal maddelerdir.

2.5.3 Oksidasyon Önleyici Katkı Maddeleri

Metal kesme sıvılarının kimyasal olarak yükseltgenmeye karşı dirençli olması gerekir. Bu özellik yağın kullanım ve raf ömrünü belirleyen en önemli kriterlerden biridir. Petrol esaslı yağlar bazı doğal inhibitörleri içermektedir. Buna karşın bitkisel yağların yapılarındaki çift bağlardan dolayı oksidasyona karşı dirençleri zayıftır [35, 36]. Metal kesme sıvıları kullanıldıkları yerde havayla temas etmesinden dolayı oksidasyona maruz kalmaktadır [32, 36]. Anti-oksidasyon bileşikler olarak, sülfür, fosfor ve nitrojen gibi bileşikler içeren organik aminler, sülfidler, hidroksi sülfidler ve fenoller gibi maddelerle birlikte çinko, kalay veya baryum gibi bileşikler de kullanılmaktadır [36, 37].

2.5.4 Korozyon Önleyici Katkı Maddeleri

Korozyon önleyici katkı maddeleri kesici takımlar, makine parçaları ve iş parçası sistemini korozyona karşı korumak için kullanılırlar. Korozyon inhibitörleri, metalin yüzeyine kimyasal olarak adsorbe olan ve yüzeyde fiziksel tek tabakalı hidrofobik bir yüzey oluşturur. Böylece oksijen ve su moleküllerinin yüzeydeki teması bu hidrofobik bariyerle engellenmiş olur. Makine sisteminin aksamaları korozyona uğradığında görülen belirtiler metal yüzeyinde siyah noktalar ve yüzey pası şeklindedir.

Korozyon önleyici katkı madde bileşikleri aktif sülfür, fosfor veya azot içeren organik bileşikler, organik sülfidler, metal tuzları, fosforik asit ve sülfürleşmiş mumlar, bazik silikatlar, nitritler ve molekül ağırlıkları düşük bazik aminler, hidroksil amin, hekzamin, fenilendiamin, dimetiletanolamin, trietanolamindir [35, 36]. Katkı maddeleri çoğunlukla suyun negatif etkilerini önlemeye yöneliktir. Amin-boratlarda, karboksil aminler ve sülfat tuzları gibi korozyonu önlemek için okside edici katkı maddeleri vardır.

2.5.5 Yüksek Basınç Katkı Maddeleri

Yüksek basınç (EP) katkı maddeleri yük taşıma kapasitesini arttırmakta, sürtünmeyi azaltmakta, aşınmayı kontrol etmekte ve şiddetli yüzey bozulmalarını önlemektedir. EP katkı maddeleri metal yüzeyleriyle ortam sıcaklığında reaksiyona girmezler ve dolayısıyla reaksiyon sıcaklığından önce etkili değildir [38]. EP mekanizması şu adımlardan geçerek meydana gelir: Öncelikle EP katkı maddesi çevreyle (oksijen, su, diğer katkılar ve ana sıvıyla) reaksiyona girer. Sonra, katkı maddesi metal yüzeylerce emilir. Şiddetli basınç ve sıcaklık şartlarının olduğu temas durumunda, reaksiyon ürünleri ve aktif molekül içindeki bağlar kırılarak polimer yapıdaki film tabakası oluşur [28]. En çok sülfür, fosfor, klor, organik fosfat bileşikleri kullanılmaktadır. Bu yüksek basınçtan dolayı yüksek sıcaklıklarda katkı maddeleri metal yüzeylerle kimyasal reaksiyona girerek etki ederler. Klorlu katkılar olarak parafinler, olefinler ve esterler sayılabilir. Kükürtlü katkılar bileşimlerinde %

1–5 arasında kükürt içerirler ve kokuludurlar. Fosfat esterleri sınır yağlayıcılık sağlarlar ve düşük sıcaklıklarda EP katkısı olarak etkisi vardır. EP katkısı olarak son zamanlarda daha çok fosfor ve fosforik asitlerin esterleri ve polar gruplu oksitlenmiş organik bileşikler kullanılmaktadır [32, 35, 36, 39].

2.5.6 Biositler ve Fungisitler

Metal kesme sıvıları, içerdikleri organik maddeler nedeni ile mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam oluştururlar. Yeterli koruma sağlanmadığında metal kesme sıvısı mikrobiyolojik olarak bozulmaya başlar. Kokuşma, filtre tıkanması, pH’da düşme, korozyon oluşumu ve yağ kremleşme gibi sorunlar meydana gelebilir. Bunun sonucunda metal kesme sıvısı kullanılamaz hale gelir ve değiştirilmesi gerekir. Mikrobiyolojik olarak bozulmuş metal kesme yağlarının geri dönüşümü yoktur. Mikroorganizmalar, sudan dolayı ortamda her zaman mevcuttur. Biositler, metal kesme sıvıları içinde mikro organizmaların üremelerini ve çoğalmalarını engellemek için kullanılır. Fungisitler bakterilere kıyasla daha yavaş üremelerine rağmen, filtreleri ve üretim hattını tıkayan büyük kütleler oluştururlar, kötü koku ve korozyona sebep olurlar. Mikrobiyolojik kirlilik seviyesine göre 4–5 günde veya haftada bir biosit ve fungusit eklenmesi tavsiye edilmektedir [40].

3. MATERİYAL ve METOT

Bu kısımda metal kesme sıvılarında etkili olan parametreler tanımlanmıştır. Metal kesme sıvılarını etkileyen parametreler sırasıyla; pH, yoğunluk, kırılma indisi, viskozite, yüzey gerilimi, parlama ve yanma noktası, damla boyutu, stabilite, korozyon, termal iletkenlik ve biyolojik bozulmadır.

3.1. Metal Kesme Sıvılarını Etkileyen Parametreler

3.1.1. pH

pH, emülsiyonda bulunan serbest hidrojen iyon konsantrasyonudur. pH, metal kesme sıvılarının en önemli faktörlerinden biri olup, hazırlanan emülsiyonlarda pH değerinin 9–10 arasında olması beklenir. pH değerinde ani azalma ve artma metal kesme sıvısının performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu etkilenme, CNC (torna) tezgâhında çalışanların, metal işlenirken ortamdaki kesme sıvısının ısı ile buharlaşması sonucu teneffüs yollarında ve temas halinde cilt üzerinde (deri yüzeyinde tahriş) bazı sağlık problemlerine yol açmaktadır. Kesme sıvılarında mikrobiyal kontaminasyon, asidik ortamda meydana geldiğinden dolayı pH bazik olarak ayarlanır. Metal kesme sıvılarının pH'ları HANNA HI 221 pH metre cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

3.1.2. Yoğunluk

Yoğunluğun 1 değerine yakın olması yağ-su emülsiyonun stabilitesinde önemlidir. Karışımın yoğunluğunun bu değerden farklı olması durumunda, faz ayrımları nedeniyle heterojen karışım meydana gelebilir. Bu durum kesme sıvılarında istenmeyen bir özelliktir. Metal kesme sıvılarının yoğunlukları piknometre ile ölçülmüştür.

3.1.3. Kırılma İndisi

Emülsiyonlarda çalışma esnasında konsantrasyon değişiminin ölçüsü kırılma indisleri ölçülerek belirlenir. Işığın boşluktaki yayılma hızının madde içindeki yayılma hızına oranına kırılma indisi denir. Işığın madde içindeki hızı ne kadar küçükse, kırılma indisi o kadar büyüktür. Metal kesme sıvıları çalışma esnasında çalışılan metal yüzeyinin sıcaklığının yüksek olmasından dolayı suyla seyreltilen kesme sıvısı zamanla buharlaşarak daha yoğun hale gelir. Kaybolan su miktarı kırılma indisi ile belirlenerek kesme sıvısı üzerine gerekli miktarda su tekrar ilave edilir. Metal kesme sıvılarının kırılma indisleri Abbe dijital refraktometre kullanılarak ölçülmüştür. Metal kesme sıvısından birkaç damla refraktometre üzerindeki saydam kısma konur. Cihaz üzerinde gerekli ayarlamalar yapıldıktan sonra kırılma indisi değeri cihaz üzerinden okunur.

3.1.4. Viskozite

Metal kesme sıvılarında kullanılan en önemli özelliklerden biri olan viskozite, sıvıların akmaya karşı gösterdikleri dirençtir. Viskozite sıvının yağlayıcılık değeri hakkında bilgi verir. Brookfield LDV-E Viscometer cihazı kullanarak viskozite ölçümleri yapılmıştır. Viskozimetre cihazının kalibrasyonu saf su ile yapıldıktan sonra örneklerin viskoziteleri farklı sıcaklıklar için ölçülmüştür.

3.1.5. Yüzey Gerilimi

Kesme sıvılarının hazırlanmasında surfaktantlar çok önemli yer teşkil etmektedirler. Surfaktantlar suyun yüzey gerilimini düşüren maddelerdir. Kesme sıvılarının yüzey gerilimleri Wilhemly levha metodu ile çalışan KSV CAM 200 temas açısı ve sıvı yüzey gerilim ölçer cihazıyla yapılmıştır. Yaygın olarak kullanılan bu metotta ince bir plaka şeklindeki dikdörtgen levha sıvı yüzeyine dik olarak plaka-sıvı arasındaki temas açısı sıfır derece olana dek kaldırılır ve cihaz temas halindeki sıvının yüzey gerilimini ölçer [41].

3.1.6. Parlama ve Yanma Noktası

“Parlama Noktası” bir sıvının, devamlı şekilde yanmadan önce, sıvı buharının alev almaya başladığı minimum sıcaklık derecesidir. “Yanma Noktası” ise sıvının buharının bir aleve dokunarak yanması ve en az 5 saniye yanabilmesi için gerekli en düşük sıcaklık derecesi olarak tanımlanır. Bir yağ için yanabilirlik veya parlama işçi sağlığı, üretim esnasındaki riskleri ve taşıma açısından dikkate alınması gereken oldukça önemli parametrelerdendir. K16500 Rapid Flash Closed-Cup Tester cihazı kullanılarak metal kesme sıvılarının parlama ve yanma noktaları belirlenmiştir. Yağ örneklerinden cihazın numune haznesine metal kesme sıvısı numunesi konur ve hazne kapatılır. Cihazın sıcaklığı zamanla artırılarak parlama ve yanma sıcaklıkları bulunur.

3.1.7. Damla Boyutu

Emülsiyondaki damlaların boyutları çözeltinin görünüşünü belirler. Emülsiyonda damla boyutu küçüldükçe emülsiyon nano seviyesine gelir. Süt görünümündeki emülsiyonların damla boyutu 100–500 nm çapları arasında değişmektedir. Damla büyüklüğü emülsiyon içerisindeki yüzey aktif madde cinsi ve yüzey aktif madde konsantrasyonuna bağlı olarak değişir. Emülsiyonların damla büyüklükleri Lazer Dinamik Işın Saçılım Tekniği (DLS) ve Malvern Mastersizer 2000 cihazı kullanılarak yapılmıştır.

3.1.8. Emülsiyon Stabilitesi

Emülsiyonlarda stabilite testi, konsantre haldeki metal kesme sıvılarından %95 su ile seyreltilmiş olarak hazırlanan emülsiyon çözeltilerinin 30, 60, 120, 240 ve 1440 dakika sonunda faz ayrımı ve çözelti üzerinde kremalaşma olup olmadığı gözlenerek yapıldı. Emülsiyonlarda gözlem sonuçları aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir.

- | | |
|---|---|
| • Homojen hiç ayrılmamış | 4 |
| • Hemen hemen homojen, tüpün çeperlerinde adsorplanma var | 3 |
| • Kısmen faz ayrımı ve kremalaşma (sedimentasyon) | 2 |
| • Tamamen faz ayrımı ve kremalaşma (sedimentasyon) | 1 |

3.1.9. Korozyon

Korozyon, elektrokimyasal bir olaydır ve elektronların akışına sebep olan her türlü etki korozyona sebep olur. Korozyon önleyicilerin esas amacı, makine parçaları, takım, tezgâh ve çalışılan metal yüzeyinde korozyon oluşumunu önlemektir. Metal kesme sıvılarında korozyon önleyiciler üretim esnasında karışıma ilave edilir. Bu çalışmada, trietanol amin ve monoetanol amin korozyon önleyici olarak kullanılmıştır. Talaşlı imalattan alınan 2 gr çelik numunesi bir petri kabına konur ve üzerine 10 ml kesme sıvısı emülsiyonundan ilave edilir. Metal numunesi 10 dakika çözeltide bekletildikten sonra, süzgeç kâğıdından süzülür ve açık ortamda 24 saat bekletilerek korozyonun varlığı görsel olarak 10 puanlık bir sistem içerisinde değerlendirilir [42-44].

3.1.10. Termal İletkenlik

Termal iletkenlik, metal kesme sıvılarında konsantrasyon değişiminin ısı taşıma özelliklerini belirlemede yaygın olarak kullanılan parametrelerden birisidir. Metal kesme sıvılarında ısı iletkenlik ölçümleri HUKSEFLUX Termal Sensor TP08 cihazı kullanılarak yapılmıştır. Isıl iletkenlik cihazının kalibrasyonu %99'luk gliserol çözeltisi ile yapılmıştır.

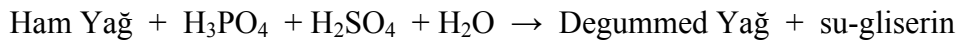
3.1.11. Emülsiyonlarda Köpürme

Metal kesme sıvılarında köpük önleyiciler, kesici takım, iş parçası ara yüzeyinin yeterli düzeyde soğuması ve köpürmeden kaynaklanan metal yüzeyindeki birikimin oluşmasını engellemede kullanılır. Tezgâh üzerinde köpük oluşumu kesme sıvısının soğutma ve yağlama performansını düşürebilir ve metal yüzeyinde pürüzlülüklere sebep olabilir. Metal kesme sıvısı ile havanın temas ettiği yüzeylerde havanın ortamda bulunması sebebiyle elastik bir film tabakası oluşur. Metal kesme sıvısının sistemde devir daim etmesi ve kesme sıvısının kesici takıma püskürtülmesi esnasında, hava kesme sıvısı içine girerek köpük oluşumunu başlatır. Çok az miktarda metal kesme sıvısına eklenen köpük önleyicilere silikon tabanlı uzun zincirli alkoller ve suda çözünmeyen poliglikoller örnek verilebilir. İyi bir köpük önleyici madde, emülsiyon içerisinde iyi dağılma kabiliyetine sahip olmalı ve askılı halde çözelti içerisinde ayrı bir faz oluşturmamalıdır.

3.2. Ham Yağlarda Degumming Prosesi

Yağlar, yağlı tohumlardan; kabuk ayırma, presleme, çözücü ekstraksiyonu ve ayırma metotlarıyla ayrılır. Bu yağlar çok sayıda yabancı madde ihtiva ettiğinden dolayı bu yağlara ham yağ denir. Ham yağların büyük bir kısmını trigliseritler, mono ve digliseritler, fosfolipid, serbest yağ asitleri, steroller, renkli maddeler, oksidasyon ürünleri ve yağda çözünen vitaminler gibi maddeler oluşturur. Yağlarda rafinasyon işlemi kimyasal ve fiziksel olmak üzere iki yöntemle yapılmaktadır. Kimyasal rafinasyonda; fosfolipidlerin giderilmesi (degumming), asitlik giderme (nötralizasyon), renk açma (ağartma), mumsu maddelerin uzaklaştırılması (kışlandırma-vinterizasyon) ve koku giderme (deodorizasyon) basamaklarından sonra işlem tamamlanır.

Yağın bileşiminde bulunan fosfolipitler surfaktant yapısına benzerler; hem hidrofobik (hidrokarbon kuyruk kısmı apolar) hem de hidrofilik (baş kısmı polar) gruplara sahiptirler. Yağ içinde ters miseller oluştururlar. Fosfolipitler susuz (anhidrat) yapıları nedeniyle yağda çözünürler. Hidratasyona uğratılan fosfolipitler bu şekilde yağlardan uzaklaştırılırken hidratlaşmayan fosfolipitler ise H_3PO_4 ve H_2SO_4 gibi asitlerle muamele edilmesi sonucunda uzaklaştırılırlar. Asit çözeltilerinden ham yağ içerisine %3'lük H_3PO_4 'den %5 oranında ilave edilir ve karışım 60–70° C sıcaklıkta 8 saat bekletildikten sonra santrifüjlenerek ayırma işlemi yapılır. Degumming prosesinde yer alan reaksiyon aşağıda gösterilmiştir.



3.2.1 Serbest Asit Miktarı ve Sabunlaşma Sayısı

Asit sayısı, bir gram kesme sıvısını sabunlaştırmak için gerekli potasyum hidroksidin miligram cinsinden değeridir. Bu parametre, yağlardan sabun elde etmede önemli olup, kesme sıvılarının bozunmaya başladığı anda değişir [25].

Yağ numunesi 2-propanol de 1/10 oranında çözünür. Karışıma 3-4 damla fenolftalein indikatörü damlatılır. Alkollü potasyum hidroksit çözeltisi (0.1 N) ile karışım titre edilir. Titrasyon esnasında potasyum hidroksit çözeltisi ortamdaki yağ asitleri ile birleşerek sabuna dönüşür. Bu reaksiyon, çözeltinin rengi pembe olana kadar devam eder. Çözeltide meydana gelen pembe rengin 30 sn boyunca değişmemesi gerekir ve o andaki 0.1 N alkollü potasyum hidroksit çözeltisindeki sarfiyat hacmi okunur. Yağlardaki asit miktarı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\text{Asit miktarı} = \frac{0.1 \times V_{\text{KOH}}(\text{ml}) \times M_{\text{KOH}}}{m_{\text{yağ}} \times 1000} \quad (22)$$

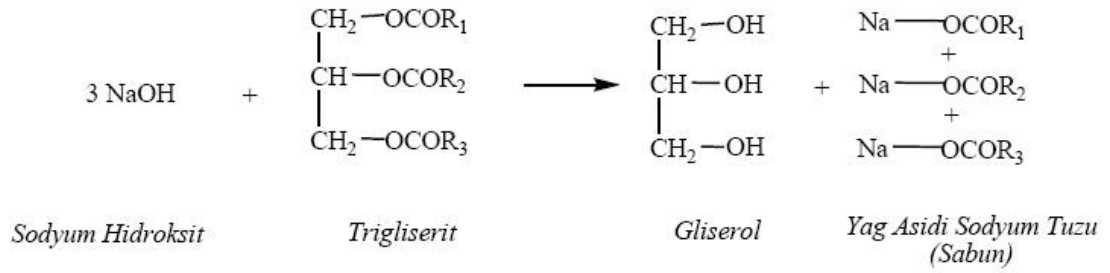
$m_{\text{yağ}}$: gram cinsinden yağ miktarı,

M_{KOH} : 56.11 g/mol

Yağlara ait asit sayısı Tablo 6' da gösterilmiştir.

3.2.2 Yağlarda Sabunlaşma Sayısı

Sabunlaşma tepkimelerinden yağ sanayinde sabun üretimi ve ham yağlardaki serbest asitliğin giderilmesinde yararlanılmaktadır [24]. Yağların sabunlaşma reaksiyonu Şekil 23’de gösterilmiştir.



Şekil 23. Yağların sabunlaşma reaksiyonu

2.5 gram yağ numunesi tartılır ve 25 ml 2-propanolde çözünür. Karışım üzerine 0.5 ml bromo fenol blue indikatörü ilave edilir, karışım çalkalanır ve 0.1 N HCl ile çözelti rengi sarıya dönünceye kadar titre edilir. Sabunlaşma sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Sabunlaşma Sayısı} = \frac{0.1 \times V_{\text{HCl}} (\text{ml}) \times M_{\text{HCl}}}{m_{\text{yağ}}} \quad (23)$$

$$(M_{\text{HCl}}: 36.5 \text{ g/mol})$$

3.2 Metal Kesme Sıvılarında Kullanılan Kimyasallar ve Özellikleri

Metal kesme sıvılarının hazırlanmasında kullanılan yüzey aktif maddeler, yağın özellikleri ve katkı maddeleri Tablo 4–7’ de gösterilmiştir.

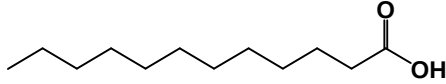
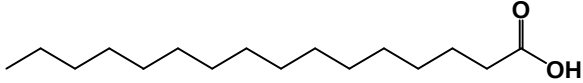
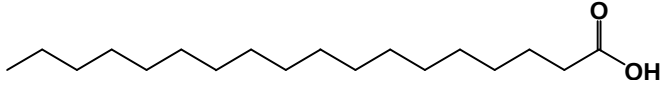
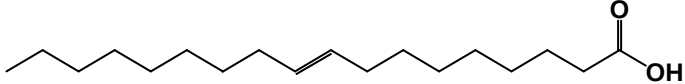
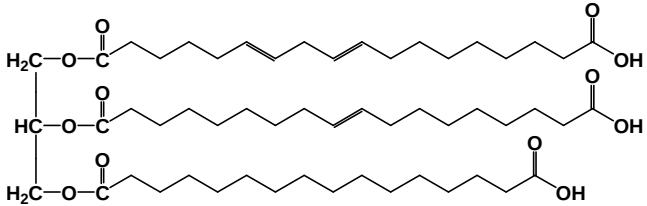
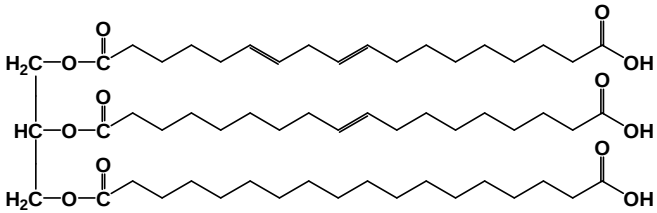
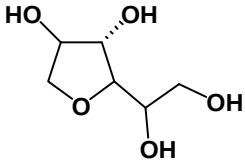
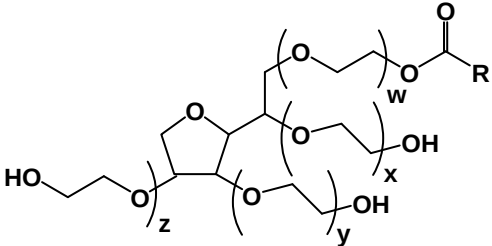
Tablo 4. Metal kesme sıvılarında kullanılan yüzey aktif maddeler ve özellikleri

Surfaktant tipi		Türü	HLB	M _A (g/mol)	d (g/cm ³)
Peg 400	polietilen glikol esteri	non-iyonik	9.7	400	1.13
Tween 20	polioksietilen (20)sorbitan monolaurate	non-iyonik	16.7	1228	1.10
Tween 40	polioksietilen (40)sorbitan monopalmitate	non-iyonik	15.6	1277	1.08
Tween 60	polioksietilen (60)sorbitan monostearate	non-iyonik	14.9	1309	1.04
Tween 80	polioksietilen (80)sorbitan monooleate	non-iyonik	15.0	1310	1.07
Tween 85	polioksietilen sorbitan trioleat	non-iyonik	11.0	1312	1.03
Span 80	sorbitan monooleate	non-iyonik	4.3	429	0.99

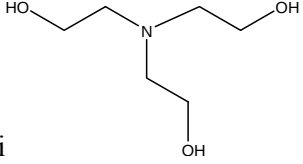
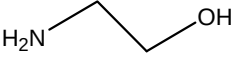
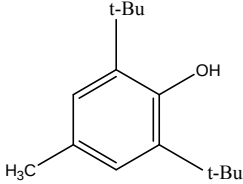
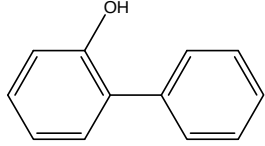
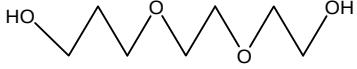
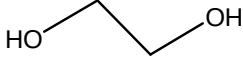
Tablo 5. Metal kesme sıvılarında kullanılan yüzey aktif maddelerin moleküler yapısı

Yüzey Aktif Madde	Moleküler Yapısı
Tween 20 (sorbitan monolaurate)	
Tween 40 (sorbitan monopalmitite)	
Tween 60 (sorbitan monostearate)	
Tween 80 (sorbitan monooleate)	
Tween 85 (sorbitan trioleate)	
Span 80	
Polyethylene Glycol PEG 400	

Tablo 6

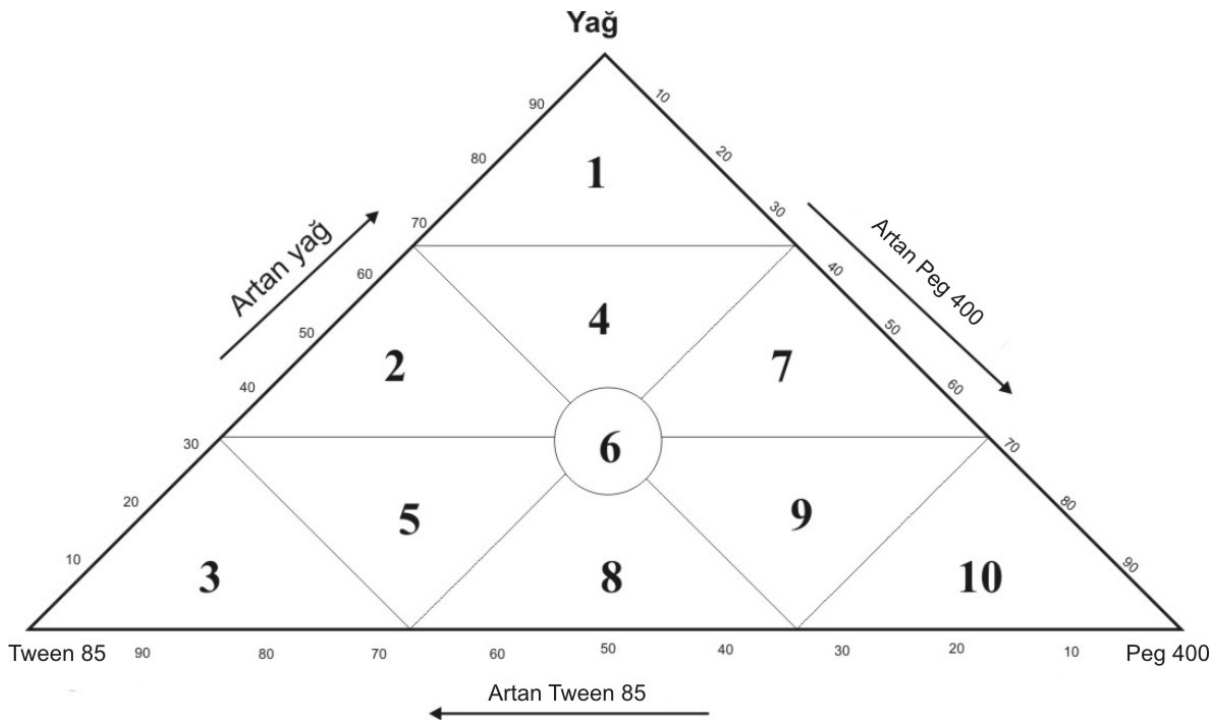
Yağ Asidi	Moleküler Yapısı
Laurik Asit $C_{12}H_{24}O_2$	
Palmitik Asit $C_{16}H_{32}O_2$	
Stearik Asit $C_{18}H_{36}O_2$	
Oleik Asit $C_{18}H_{34}O_2$	
Ayçiçeği yağı	
Kanola yağı	
Sorbitan	
Polisorbatlar	

Tablo 7. Metal kesme sıvılarında kullanılan katkı maddeleri ve özellikleri

Kimyasal adı	Fonksiyonu	Moleküler yapısı
Tri-etanol-amin	ph-tamponu, korozyon önleyici	
Mono-etanol amin	ph-tamponu ve korozyon önleyici	
Butil karbitol	ko-surfaktant (bağlayıcı)	
2-hidroksi-bi-fenil	bakteri önleyici	
2,6-di-ter-butil-4-metil fenol	anti-oksidant	
Etilen glikol	Donma noktası düşürücü	
SN 6010	Köpük Önleyici	

3.3 DENEYSEL

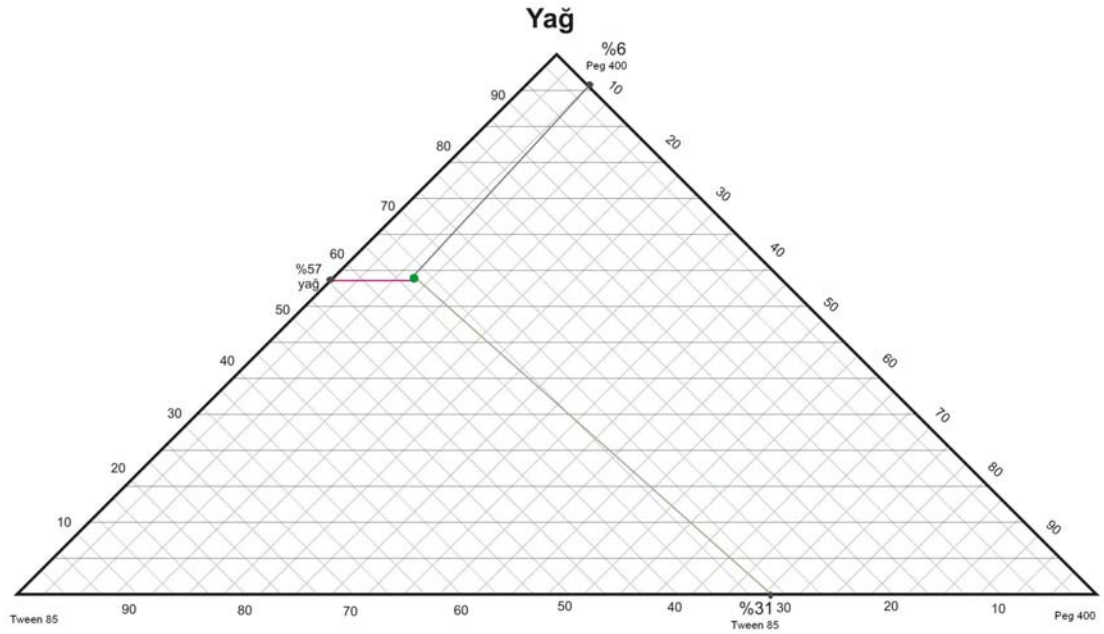
Rafine ve ham ayçiçeği ve kanola yağları metal kesme sıvı formülasyonunda taban yağ olarak kullanılmıştır. Taban yağının su ile iyi bir emülsiyon vermesi için iyonik olmayan 7 tane yüzey aktif madde (Tween 20, Tween 40, Tween 60, Tween 80, Tween 85, Span 80, Peg 400) bu çalışmada kullanıldı. Tekli ve ikili yüzey aktif madde karışımları metal kesme sıvısı eldesinde denendi. Bu karışımların hazırlanmasında şekil 24’de gösterilen üçlü faz diyagramı baz alınmıştır. Faz diyagramı üçgeninde uçlardaki her bir nokta o bileşenin yüzde yüz olduğunu gösterir. Faz diyagram üçgeninde metal kesme sıvısının bileşim yüzdesi yağ, surfaktant ve ko-surfaktant üçlü karışımlarının meydana getirdiği emülsiyonlar incelenmiştir. Her bir emülsiyon denemesinde kesme sıvısını belirleyen faktörlerin (pH, yoğunluk, damla boyutu, termal iletkenlik, kritik misel konsantrasyonu, viskozite, parlama noktası, korozyon) ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 24. Metal kesme sıvısı formülasyonunda karışımların belirlenmesinde kullanılan üçlü faz diyagramı.

Şekil 24’de metal kesme sıvısı formülasyonu için farklı surfaktant yağ oranları ve farklı surfaktant ikinci ko-surfaktant oranları düzenli olarak ayrılmış 10 bölge için deneysel olarak çalışıldı. 2, 4 ve 6 nolu bölgeler stabil emülsiyonlar vermiştir [Şekil 24] .

Örnek olarak çalışmalarımızda emülsiyon stabilitesi açısından iyi sonuç veren Peg 400- Tween 85 karışımı Şekil 25’de gösterilmiştir. Şekil 25’den de görüleceği üzere ideal karışım oranı yağ (%57), Tween 85 (%31)-Peg 400 (%6) ve %6 diğer katkı maddelerini içerir.



Şekil 25. Peg 400- Tween 85 karışımından hazırlanan metal kesme sıvısı

Yağ fazı ve surfaktantların örnek karışımında HLB değerleri arasındaki fark 0.01’dir (HLB değerinin hesaplanması aşağıda verilmiştir). Bu da karışım stabilitesi iyi bir yağ/su tipi emülsiyon sonucunu verir.

$$\text{Tween 85 için: } 11 \times (31/100) = 3.40$$

$$\text{Peg 400 için: } 9.7 \times (31/100) = 0.58$$

$$\text{Surfaktant HLB değeri} = 3.40 + 0.58 = 3.98$$

$$\text{Yağ HLB değeri} = 7 \times (57 / 100) = 3.99$$

3.3.1 Emülsiyonların Hazırlanması

Emülsiyonlar su-yağ ve yağ-su tipi olmak üzere ikiye ayrılırlar. Metal kesme sıvıları birer yağ-su emülsiyon türüdür. Burada sürekli faz su, dâhili faz ise yağdır. Emülsiyonlar, IKA Ultra-Turrax T-25 Dijital homojenizer kullanılarak 20 dakika 15.000 rpm de karıştırılarak hazırlandı. Emülsiyonlar oda sıcaklığında bir saat bekletildikten sonra emülsiyonların kararlılığı görünüş ve faz ayırımına bakılarak değerlendirildi.

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Metal kesme sıvıları genelde çok farklı kullanım alanlarına sahiptir, bazen yağlayıcılık ön plandadır, bazen de soğutuculuk daha önemlidir. Metal kesme sıvıları birer emülsiyon sistemleridir. Bitkisel tabanlı kesme yağı, emülsiyon yapıcı yüzey aktif maddeler (surfaktantlar ve/veya ko-surfaktantlar ile) ve diğer katkı kimyasallarını (köpük, korozyon ve fungusit önleyici) içeren karışımdır. Bu karışım su ile uygun oranlarda seyreltilerek farklı metal işleme alanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, metal kesme sıvıları CNC tezgahında istenilen performansları (yüzey pürüzlülük ve delme kuvveti) elde edebilmek için değişik özelliklerde hazırlandı.

Deneylerde kullanılan bitkisel yağların fiziksel özellikleri Tablo 8’de gösterilmiştir.

Tablo 8. Bitkisel tabanlı yağlara ait fiziksel ölçüm değerleri

Bitkisel Yağ	pH	Yoğunluk (g/cm ³)	Asit Değeri (mgKOH)	Sabunlaşma (mg/l)	Parlama Noktası (°C)	Viskozite (cp)		
						30 °C	40 °C	50 °C
Rafine Ayçiçeği	5.8	0.915	0.2	302	260	43.0	30.0	22.0
Rafine Kanola	5.1	0.914	0.3	284	245	47.4	34.0	24.3
Ham Ayçiçeği	4.7	0.917	1.5	860	210	43.6	31.8	20.0
Ham kanola	4.6	0.925	1.9	1020	202	45.0	37.2	25.5

Tablo 8’de görülen sabunlaşma değeri bitkisel yağların karakteristik özelliklerini belirlemede kullanılan parametrelerden birisidir. Tanım olarak bir gram yağı sabunlaştırmak için gereken potasyum hidroksidin miligram cinsinden değeridir. Bu parametre, yağlardan sabun elde etmede önemli olup, kesme sıvısı bozunmaya uğradığı zaman bu değer değişir. Emülsiyonda asit değerinin yüksek çıkması

Tablo 10. Farklı içerik yüzdelerine sahip %95 su ile seyreltilmiş Peg 400'ün farklı sıcaklıklardaki viskozite (cp) değerleri

Sıcaklık (°C)	%13	%19	%25	%29	%33	%37	%40
30	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	3.1	3.2
35	2.0	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
40	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.4	2.5
45	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1	2.2
50	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	2.0

Yağ-su karışımındaki surfaktant oranı arttıkça viskozite değeri artmıştır (Tablo 9 ve 10). Burada surfaktant oranının artması karışımın yağlayıcılık özelliğini artırmıştır. Kesme sıvısının viskozitesi artan sıcaklık ile azalmıştır, yani sıvı ısıtıldıkça daha kolay akıcılık kazanmıştır.

Termal iletkenlik ölçümleri oda sıcaklığında yapıldı. Tablo 11'daki sonuçlardan da anlaşılacağı gibi metal kesme sıvısında surfaktant konsantrasyonu arttıkça termal iletkenlik de artmaktadır ve daha etkili bir soğutuculuk kazanmaktadır.

Tablo 11. Farklı içerik yüzdesine sahip Peg 400 ile hazırlanan metal kesme sıvılarında termal iletkenlik değerleri (25°C)

Peg 400 (%)	Termal İletkenlik (W/mK) (konsantre)	Termal İletkenlik (W/mK) (%95 su ile seyreltilmiş)
10	0.16	0.09
14	0.16	0.09
18	0.20	0.10
22	0.19	0.11
25	0.21	0.11
28	0.18	0.14
31	0.23	0.15
33	0.22	0.18
36	0.20	0.22
38	0.24	0.25
40	0.23	0.26
42	0.25	0.28
44	0.26	0.32
46	0.25	0.33
*Ayçiçeği yağı	0.18	
Peg 400	0.25	
Su	0.60	

Tablo 12’da Peg 400’ün farklı konsantrasyonlarda hazırlandıktan sonra yüzey gerilimi ile olan değişimi gösterilmiştir. Karışımда Peg 400 oranının artmasıyla kesme sıvısının yüzey gerilimi düşmeye başlamıştır. Bu sonuç, surfaktantların yüzey gerilimini düşürmesi özelliğiyle uyusmaktadır.

Tablo 12. %95 su ile seyreltilmiş farklı Peg 400 içeriğine sahip kesme sıvısında yüzey gerilim değerleri

Peg 400 (%)	Yüzey Gerilimi (mN/m)
13	32.24
19	31.92
25	31.58
29	31.08
37	30.76
40	30.71
50	30.28
60	30.18
*Peg 400	33.05
*Ayçiçeği yağı	32.18

Tablo 13’de Peg 400 ile farklı içerik yüzdelerinde hazırlanan %95’lik yağ/su emülsiyon sisteminin sudaki stabilitesi incelenmiştir.

Tablo 13. Peg 400 ile hazırlanan metal kesme sıvılılarında emülsiyon stabilitesi

Peg 400 (%)	Emülsiyonun zamanla stabilitesindeki değişim					
	5 dak	15 dak	30 dak	1 saat	12 saat	24 saat
9	x	yüzeyde 0.5ml ayrılma	yüzeyde 0.5ml ayrılma	yüzeyde 1ml ayrılma	yüzeyde 1.5ml kremalaşma	yüzeyde 1.7ml kremalaşma
13	x	yüzeyde 1ml ayrılma	yüzeyde 1ml ayrılma	yüzeyde 1.5ml ayrılma	yüzeyde 1.5ml kremalaşma	yüzeyde 1.7ml kremalaşma
15	x	x	x	x	yüzeyde 1ml kremalaşma	yüzeyde 1.4ml kremalaşma
19	x	x	x	x	yüzeyde 1ml kremalaşma	yüzeyde 1.4ml kremalaşma
25	x	x	x	x	x	x
29	x	x	x	x	x	x
37	x	x	x	x	x	x
40	x	x	x	x	x	x
50	x	x	x	x	x	x

x: fazda ayrılma yok

Ayçiçeği yağı-surfaktant karışımları ilk başta birbiriyle iyi karışabilen homojen emülsiyonlar vermesine rağmen kısa süre beklemeden sonra yüzeyde krema şeklinde faz ayrımı olmuştur.

Tablo 13’de farklı surfaktant içeriği ve zamana karşı emülsiyon stabilitelerinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Diğer tekli yüzey aktif madde ile hazırlanan metal kesme sıvılarının (rafine ve ham ayçiçeği, rafine ve ham kanola yağlarından hazırlanan) stabiliteleri tablo 14 ile ekler tablo 9, 19 ve 29’da verilmiştir.

Tablo 14. Tekli yüzey aktif madde ile hazırlanan metal kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktant	%95 su ile seyreltilmiş farklı içerik yüzdelerine sahip emülsiyonlarda (yağ-surfaktant karışımı) stabilite değerleri							
	%2.0	%3.0	%4.0	%9.0	%12.0	%15.0	%20.0	%25.0
Tween 20	1	1	1	2	3	3	3	3
Tween 40	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80	1	1	1	1	2	2	3	3
Tween 85	1	1	1	2	2	3	3	4
Peg 400	1	1	1	2	2	3	3	4
Span 80	1	1	2	2	1	1	1	1

- 4 Homojen, hiç ayrılmamış kararlı emülsiyon
 3 Homojenliğe yakın
 2 Kısmen faz ayrımı var, yüzeyde kremalaşma var
 1 Tamamen faz ayrımı var

Rafine ayçiçeği yağının 7 farklı emülsifiyer ile tekli (Tween 85) ve ikili (Tween 85-Tween80, Tween 85- Tween20, Tween 85- Peg 400) yüzey aktif madde karışımı ile hazırlanan metal kesme sıvılarının karakterizasyonları tablo 15-22’de gösterilmiştir. Kütlece farklı içerik yüzdelerine sahip surfaktantların yağ bileşimi üzerindeki etkileri (pH, yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi gibi parametreler) belirlenerek emülsiyonların stabiliteleri belirlenmiştir (Tablo 14).

Tablo 15. Rafine ayçiçeği yağına farklı miktarlarda surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvılarında fiziksel değişimler

Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.6	6.8	7.2	7.8	8.5	8.7	8.8
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.983	0.98	0.99	0.992	0.992	0.993	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.5	1.6	1.8	1.9	1.9	2.0	2.2
40°C	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7	1.9
50°C	1.1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.22	25.10	25.05	24.80	24.24	23.97	23.82
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.70	7.00	7.10	7.50	8.60	8.60	8.70
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.986	0.989	0.99	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	1.9	1.9
40°C	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7
50°C	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.59	25.19	24.84	24.34	23.84	23.48	23.39
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.8	7.1	7.4	7.8	8.8	8.9	8.9
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	99	0.99	0.992	0.993	0.995	0.997
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8
40°C	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7
50°C	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.32	25.92	25.42	25.12	25.03	24.51	23.38
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.20	7.50	7.50	7.70	8.80	8.90	8.90
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.99	0.991	0.992	0.992	0.995	0.995	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7
40°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
50°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.89	26.63	26.21	25.78	24.36	23.15	22.62
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.80	6.80	7.00	7.40	7.70	8.00	8.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.985	0.99	0.991	0.992	0.994	0.995	0.995
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7
40°C	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6
50°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.93	25.89	25.67	25.54	25.33	25.16	24.55
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.10	7.20	7.40	7.70	8.40	8.70	8.70
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.99	0.99	0.991	0.991	0.993	0.994	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
40°C	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
50°C	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	30.05	28.26	27.21	26.38	25.56	24.30	23.79
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.00	7.10	7.30	7.70	8.40	8.70	8.90
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.991	0.991	0.994	0.996	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	1.8
40°C	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
50°C	1.0	1.1	1.1	1.3	1.3	1.4	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.87	23.66	23.22	23.15	23.09	22.87	22.64

Rafine ayçiçeği yağının 7 farklı emülsifiyer ile olan deneysel çalışmaları ikili yüzey aktif maddeleri kullanarak karakterizasyonları yapılmıştır. Kütlege farklı içerik yüzdelerine sahip surfaktantların yağ bileşimi üzerindeki etkileri (pH, yoğunluk, viskozite ve yüzey gerilimi gibi parametreler) belirlenerek emülsiyonların stabiliteleri belirlenmiştir (Tablo 16–22).

Tablo 16. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 20 (%12) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	4.80	4.70	4.60	4.50	4.50	4.40	4.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.990	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.26	24.03	23.87	23.64	23.60	23.43	23.28
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	4.80	4.80	4.90	5.00	5.10	5.20	5.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.12	23.97	23.81	23.74	23.52	25.51	23.25
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.60	5.60	5.50	5.30	5.10	4.80	4.60
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.991	0.992	0.993	0.993	0.995
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
50°C	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.94	23.81	23.50	23.33	23.18	22.74	22.42
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.30	5.40	5.60	5.70	5.90	6.00	6.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.995	0.996	0.996	0.996	0.997	0.998	0.998
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.69	25.36	24.96	24.22	24.05	23.73	23.42
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.20	5.50	5.90	6.20	6.40	6.60	6.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.990	0.991	0.992	0.993	0.995	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
40°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5
50°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.67	22.49	22.48	22.31	22.20	22.18	21.92
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.50	5.60	5.60	5.80	6.00	6.10	6.30
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.993	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
40°C	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.56	25.14	24.46	23.67	22.98	22.65	22.22

Tablo 17. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 80 (%20) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	3.70	3.80	4.00	4.30	4.35	4.50	4.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.991	0.991	0.993	0.992
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
40°C	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7
50°C	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.06	25.79	25.18	24.56	24.26	23.92	23.73
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	3.50	3.70	3.80	3.90	4.00	4.10	4.10
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.81	24.55	24.49	24.38	24.30	24.17	24.00
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	4.30	4.20	4.10	4.00	3.90	3.60	3.55
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.991	0.991	0.992	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.25	25.91	25.54	25.13	24.84	24.77	24.55
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	4.40	4.50	4.50	4.60	4.70	4.90	5.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.994	0.995	0.995	0.996	0.996	0.997	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.87	25.25	24.80	24.10	23.79	23.27	22.27
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	3.60	3.80	4.00	4.30	4.40	4.50	4.60
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.991	0.991	0.992	0.992	0.993	0.994	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8
40°C	1.1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6
50°C	0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.49	25.24	24.91	24.18	23.80	23.69	23.42
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	3.70	3.80	4.00	4.20	4.25	4.40	4.50
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.988	0.989	0.991	0.991	0.992	0.992
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
50°C	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.32	24.26	24.05	23.78	23.54	23.22	23.11

Tablo 18. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 85 (%20) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.30	5.40	5.40	5.50	5.50	5.60	5.70
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.990	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.28	25.20	24.92	24.56	24.41	24.28	23.89
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.60	5.60	5.70	5.80	5.80	5.90	6.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.990	0.990	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
50°C	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.48	25.17	24.87	24.44	23.18	23.09	22.87
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.70	5.80	5.80	6.00	6.10	6.10	6.30
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.989	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.67	25.46	25.22	24.91	24.84	24.67	24.63
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.00	6.10	6.20	6.30	6.40	6.50	6.70
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.992	0.993	0.994	0.995	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.59	25.50	25.46	25.38	25.30	25.14	24.91
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.30	6.40	6.50	6.70	6.70	6.80	6.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.17	24.07	23.89	23.21	23.15	22.98	22.61
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.20	6.30	6.40	6.70	6.90	7.10	7.40
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.992	0.992	0.994	0.996	0.997	0.998	0.999
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.77	24.67	24.61	24.45	24.38	24.27	24.18

Tablo 19. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 60 (%9) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.00	5.90	5.70	5.60	5.50	5.30	5.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.993	0.994	0.994	0.995	0.996	0.996	0.997
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.45	27.18	26.91	26.81	26.77	26.52	26.24
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.10	5.80	5.60	5.50	5.30	5.20	5.10
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.996	0.996	0.997	0.998	0.998	0.999	0.999
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.71	25.43	25.22	24.87	24.74	24.41	24.25
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.90	5.60	5.50	5.45	5.40	5.10	5.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.992	0.993	0.993	0.994	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
50°C	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.12	25.97	25.63	25.33	25.10	24.86	24.46
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.30	5.50	5.80	6.10	6.40	6.70	6.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.996	0.996	0.997	0.997	0.997	0.997	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.21	25.99	25.70	25.58	25.41	25.02	24.74
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.10	5.20	5.30	5.50	5.70	5.90	6.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.993	0.995	0.995	0.997	0.998
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
40°C	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.48	28.11	27.66	27.15	26.34	25.86	25.51
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.30	5.30	5.50	5.70	5.90	6.00	6.10
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.993	0.993	0.994	0.995
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.51	24.34	23.87	23.56	23.21	22.99	22.78

Tablo 20. Rafine ayçiçeği yağı-Tween 40 (%9) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.30	8.30	8.20	8.00	8.00	7.90	7.90
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.991	0.992	0.993	0.994	0.995
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
50°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	33.17	32.04	30.25	28.01	27.54	25.89	25.03
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.60	8.60	8.50	8.30	8.30	8.10	8.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.989	0.990	0.991	0.991	0.992	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
50°C	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.54	26.96	26.28	25.90	25.88	25.67	25.62
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.70	8.70	8.60	8.50	8.30	8.00	7.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6
40°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
50°C	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.83	26.25	25.88	25.47	25.39	25.35	25.22
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.60	8.50	8.50	8.40	8.40	8.35	8.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.992	0.994	0.995	0.996	0.997
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.12	26.74	26.12	25.65	25.44	25.23	25.20
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.70	8.70	8.60	8.40	8.40	8.30	8.30
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.990	0.991	0.992	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
40°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.66	28.10	27.70	26.86	26.51	26.05	25.65
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	8.80	8.80	8.75	8.60	8.50	8.40	8.30
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.992	0.994	0.995	0.996	0.996
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8
40°C	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6
50°C	0.9	0.9	1.0	1.2	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.30	26.08	25.99	25.89	25.80	25.68	25.65

Tablo 21. Rafine ayçiçeği yağı-Peg 400 (%20) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

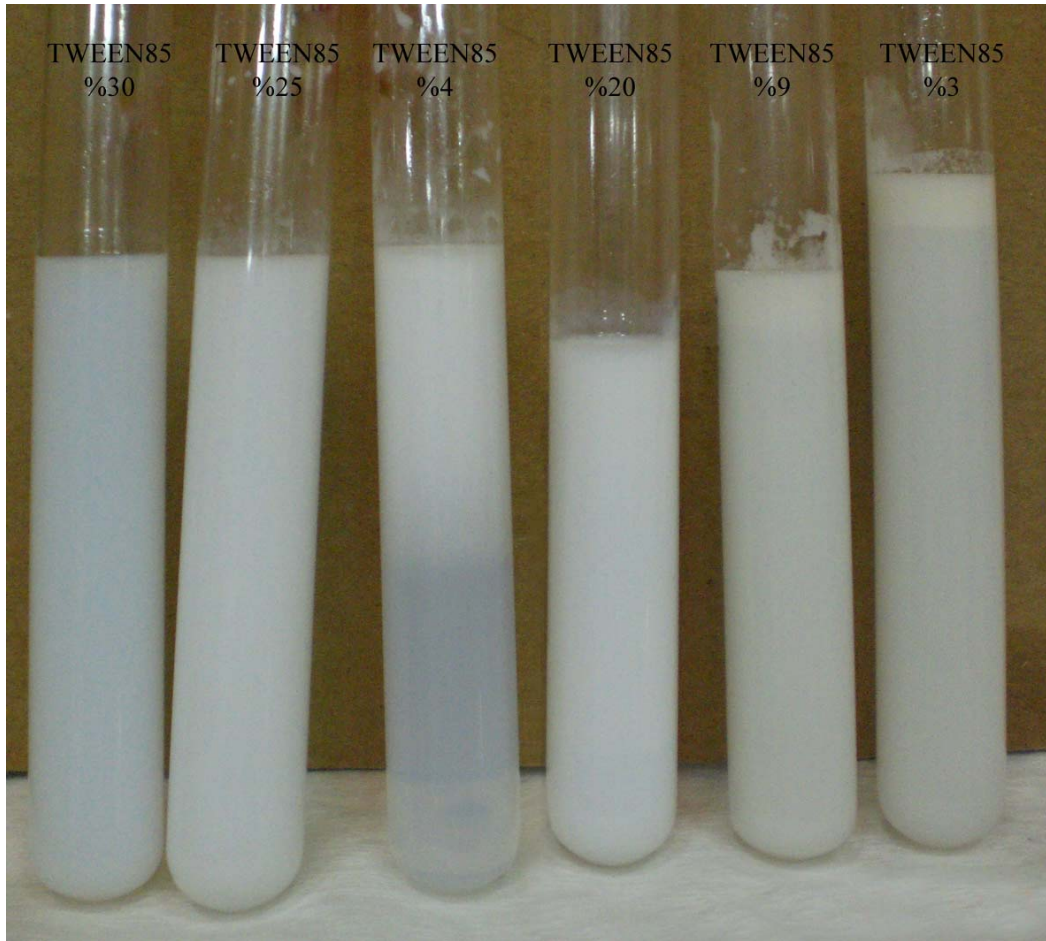
Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.50	7.50	7.40	7.30	7.10	7.10	7.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.991	0.992	0.993	0.994	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.26	24.03	23.87	23.64	23.60	23.43	23.28
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.90	6.00	6.30	6.70	6.80	7.00	7.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.991	0.992	0.993	0.994	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.12	23.97	23.81	23.74	23.52	25.51	23.25
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.60	6.70	6.90	7.00	7.00	7.20	7.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.990	0.991	0.991	0.993	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
50°C	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.81	23.50	23.33	23.18	22.94	22.74	22.42
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.50	7.40	7.40	7.30	7.20	7.10	7.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.990	0.991	0.991	0.992	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°C	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.69	25.36	24.96	24.22	24.05	23.73	23.42
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	7.50	7.50	7.50	7.40	7.40	7.30	7.20
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.994	0.994	0.995	0.996	0.996	0.998	0.998
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5
40°C	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
50°C	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.67	22.49	22.48	22.31	22.20	22.18	21.92
Span 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.80	6.90	7.20	7.40	7.50	7.60	7.60
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.992	0.992	0.993	0.994	0.996	0.998	0.999
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
40°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4
50°C	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.14	23.12	22.92	22.90	22.74	22.48	22.06

Tablo 22. Rafine ayçiçeği yağı-Span 80 (%4) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

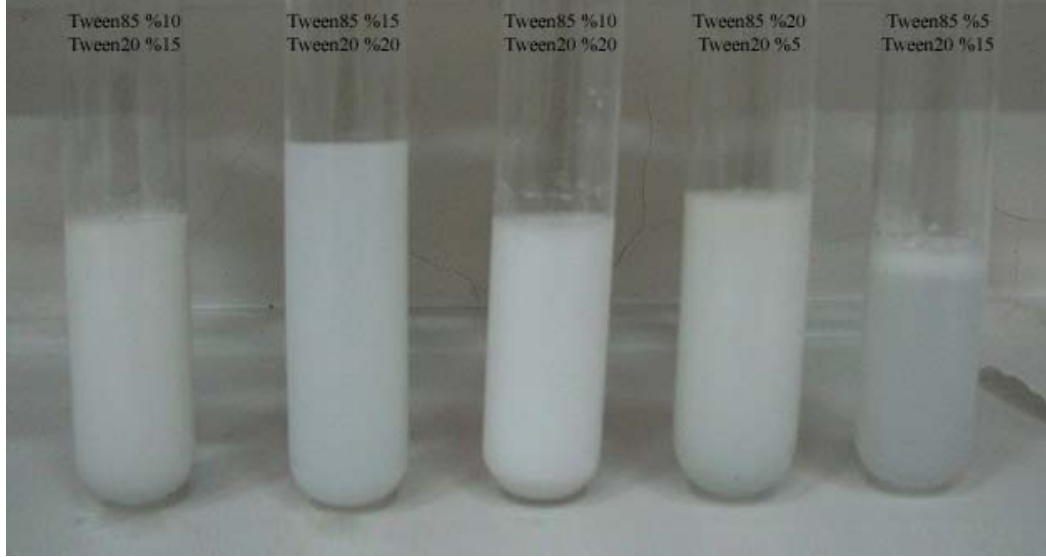
Tween 20	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.61	6.40	6.30	6.15	6.10	5.90	5.86
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.988	0.989	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
40°C	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5
50°C	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.25	24.08	23.88	23.40	23.38	23.22	23.10
Tween 40	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.70	6.50	6.33	6.20	6.10	6.00	5.92
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.992	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
40°C	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
50°C	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.14	22.97	22.78	22.72	22.64	22.58	23.55
Tween 60	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.60	5.70	5.90	6.10	6.10	6.30	6.40
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.993	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
40°C	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
50°C	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.56	23.33	23.08	22.86	22.77	22.44	22.38
Tween 80	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.90	6.00	6.10	6.30	6.40	6.60	6.80
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.992	0.992	0.993	0.994	0.995	0.996	0.997
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°C	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3
50°C	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.95	23.66	23.52	23.45	23.38	22.91	22.82
Tween 85	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	6.00	6.10	6.30	6.50	6.50	6.70	7.00
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.99	0.99	0.991	0.992	0.993	0.993	0.994
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.8	2.0
40°C	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6
50°C	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.77	24.70	24.67	24.31	24.02	23.85	23.74
Peg 400	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
<i>pH</i>	5.50	5.60	5.60	5.70	5.70	5.80	5.90
<i>Yoğunluk (g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.992	0.993	0.994	0.995
<i>Viskozite (cSt)</i>							
30°C	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.7
40°C	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
50°C	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.33	23.14	22.93	22.87	22.63	22.55	22.54

Emülsiyon stabilite çalışmasında, kullanılan yüzey aktif maddelerin tek başına emülsiyon stabilitesini sağlamada yeterli olmadığı görülmüş ancak Tween 20, Tween 85 ve Peg 400'ün farklı içerik yüzdeleri ile hazırlanan emülsiyonların diğerleriyle hazırlananlara göre daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur.

Şekil 26-37'de tekli ve ikili farklı içerik yüzdesine sahip yüzey aktif maddeleriyle hazırlanan metal kesme sıvılarında emülsiyon stabilitelerini göstermektedir. Tekli karışımda en iyi emülsiyon stabilitesi Tween 85'in içerik yüzdesi hacimce %25- %30 olduğunda ve ikili karışımlarda Tween 85-Tween 20 arasında iyi sonuçlar göstermiştir (24 saat beklemede faz ayrımı gözlenmemiştir).



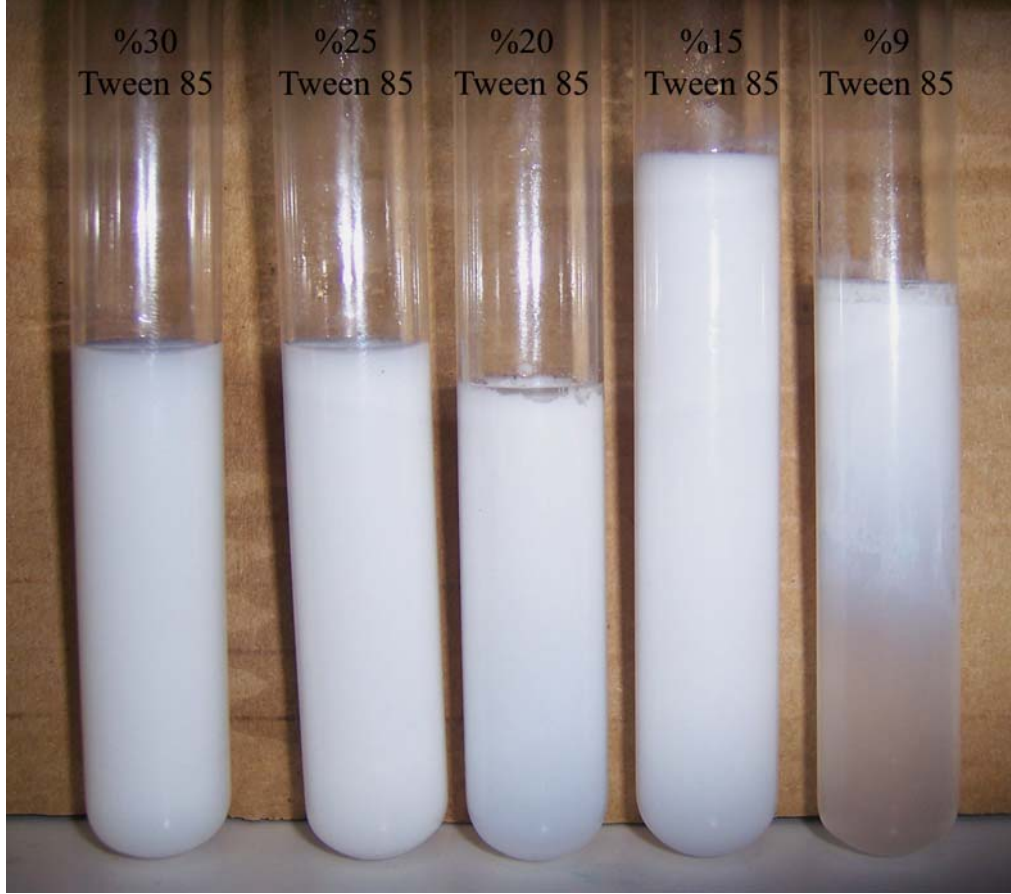
Şekil 26. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvıları



Şekil 27. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85-Tween 20 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 28. Rafine ayçiçeği yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 29. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85'in farklı içerik yüzdeleri ile hazırlanan metal kesme sıvısı



Şekil 30. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 31. Ham ayçiçeği yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 32. Rafine kanola yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı



Şekil 33. Rafine kanola yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 34. Rafine kanola yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 35. Ham kanola yağı ve Tween 85 yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısı



Şekil 36. Ham kanola yağı ve Tween 85-Tween 80 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları



Şekil 37. Ham kanola yağı ve Tween 85-Peg 400 yüzey aktif madde karışımlarından elde edilen metal kesme sıvıları

Tablo 23. İki yüzey aktif madde ile hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabilite değerleri

Yüzey aktif madde cinsi	%95 su ile seyreltilmiş farklı içerik yüzdelere sahip emülsiyonlarda (yağ-surfaktant karışımı) stabilite değerleri						
	%2.0	%3.0	%4.0	%9.0	%12.0	%15.0	%20.0
Tween 20- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 20- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 20- Tween 80	1	2	2	2	2	3	3
Tween 20- Tween 85	1	2	2	2	3	3	4
Tween 20- Peg 400	2	2	2	2	3	3	3
Tween 20- Span 80	2	2	3	2	2	1	1
Tween 40- Tween 20	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 40- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 40- Tween 85	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Peg 400	1	1	1	1	1	1	1
Tween 40- Span 80	1	1	1	1	1	1	1

Tween 60- Tween 20	1	1	1	1	2	2	2
Tween 60- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 85	1	1	1	1	1	1	2
Tween 60- Peg 400	1	1	1	1	1	1	2
Tween 60- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 20	1	1	1	2	2	3	3
Tween 80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 85	1	1	1	2	2	3	4
Tween 80- Peg 400	1	1	2	2	3	3	3
Tween 80- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 85- Tween 20	2	2	3	4	4	3	3
Tween 85- Tween 40	2	2	2	2	2	2	2
Tween 85- Tween 60	2	2	2	2	2	2	2
Tween 85- Tween 80	2	2	3	4	4	4	3
Tween 85- Peg 400	3	4	4	4	3	3	2
Tween 85- Span 80	3	2	2	2	2	2	2
Span80- Tween 20	1	1	1	2	2	2	3
Span80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween85	1	1	1	1	2	2	2
Span80- Peg 400	1	1	1	1	2	2	3
Peg 400- Tween 20	2	2	3	3	3	3	3
Peg 400- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 80	1	2	2	2	3	4	2
Peg 400- Tween85	2	2	3	3	4	4	4
Peg 400- Span 80	1	2	2	2	1	1	1

Rafine ayçiçeği-Tween 85 karışımından hazırlanan emülsiyonların yüzey termodinamik hesaplamaları Tablo 24’de gösterilmektedir. Yüzey gerilimi, Gibbs enerjisi, Helmholtz enerjisi ve Gibbs yüzey fazlası enerjisi 21, 5 ve 11 nolu denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 24. Rafine Ayçiçeği yağı ve Tween 85 ile hazırlanan emülsiyonların yüzey termodinamik hesaplamaları

Tween 85 (%)	Yüzey gerilimi (mN/m)	Gibbs enerjisi ΔG (kJ/mol)	Helmholtz enerjisi dA	Gibbs yüzey fazlası enerjisi Γ (mol/m ²)
2	25.93	—10.29	— 421.13	0.0026
3	25.89	—9.287	—358.71	0.0028
4	25.67	—8.575	—334.05	0.0030
9	25.54	—6.565	—257.04	0.0039
12	25.33	—5.853	—231.07	0.0043
15	25.16	—5.299	—210.61	0.0047
20	24.55	—4.587	—186.90	0.0054

$$d_{\text{Tween 85}} = 1.03 \text{ g/ml}$$

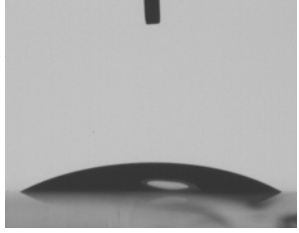
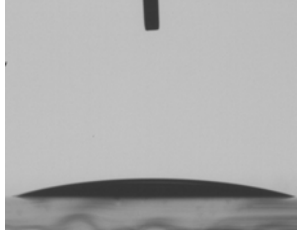
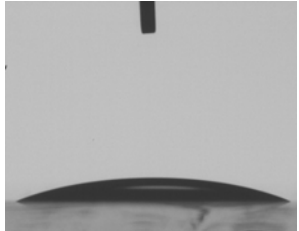
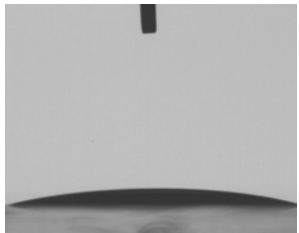
$$M_{\text{A Tween 85}} = 1312 \text{ g/mol}$$

dA < 0 olması Helmholtz enerjisinin yüzey alanı ile azaldığını göstermektedir.

Tween 85 oranı karışım içerisinde arttırıldığında yüzey gerilim ve Gibbs enerjisi azalırken Gibbs yüzey fazlası enerjisinin arttığı Tablo 24’de görülmektedir.

Bitkisel yağlar ve metal kesme sıvılarında yüzey gerilimleri, temas açıları ve konsantre kesme sıvısının cam yüzeyindeki dağılımları Tablo 25’de gösterilmektedir.

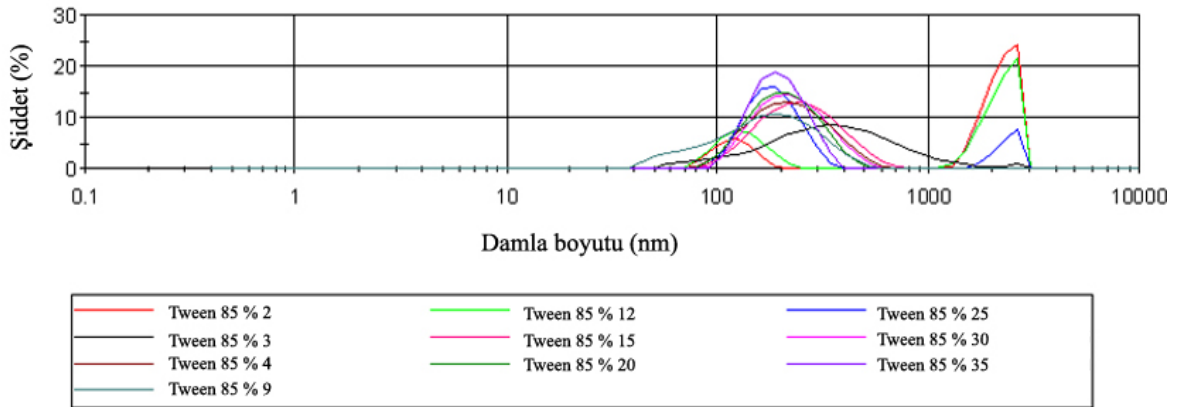
Tablo 25. Bitkisel yağlar ve metal kesme sıvılarında yüzey özellikleri

Bitkisel yağlar/Kesme sıvıları	Yüzey gerilimi (mN/m)	Temas Açısı (θ)	Damlanın cam yüzeyindeki görüntüsü
Rafine ayçiçeği yağı	32.11	29.15	
Rafine ayçiçeği yağı - Tween 85 (%20)	24.55	16.55	
Ham ayçiçeği yağı	34.52	30.51	
Ham ayçiçeği yağı - Tween 85 (%20)	22.11	14.80	
Rafine kanola yağı	31.05	23.16	
Rafine kanola yağı - Tween 85 (%20)	22.56	15.20	

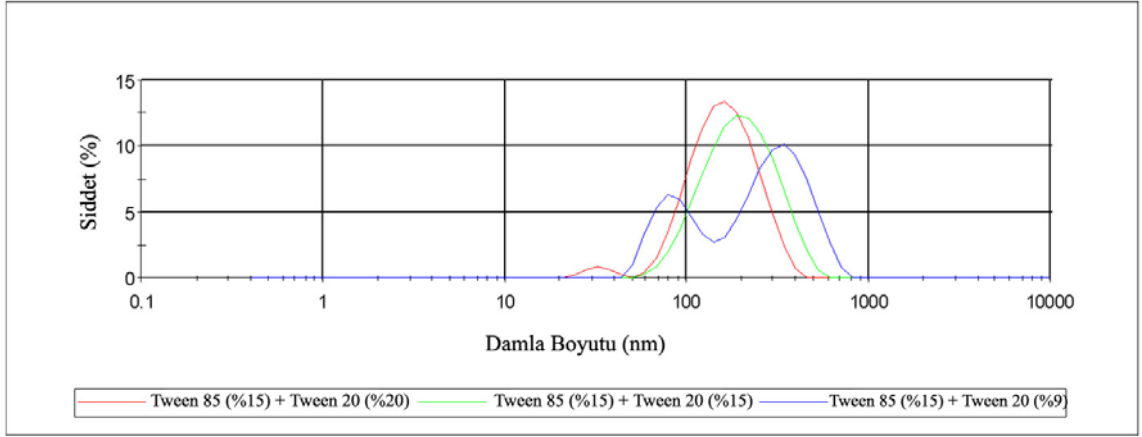
4.1 Emülsiyonlarda Damla Boyutu

Metal kesme sıvılarında meydana gelen emülsiyonların görünüşünü emülsiyonu meydana getiren damlaların boyutu belirler. Emülsiyonun damla boyutu emülsiyon içerisindeki yüzey aktif maddesinin oranı ve cinsine bağlı olarak değişir. Emülsiyonlarda damla boyutunun nano seviyelerde olması emülsiyonun homojenliği hakkında bilgi verir. Grafik 2-11’de ayçiçeği yağı (rafine ve ham) ve kanola yağı (rafine ve ham) kullanılarak Tween 85, Tween 85-Tween 20, Tween 85-Tween 80 ve Tween 85- Peg 400 karışımları ile hazırlanan metal kesme sıvılarındaki damla boyutlarının dağılımları gösterilmiştir.

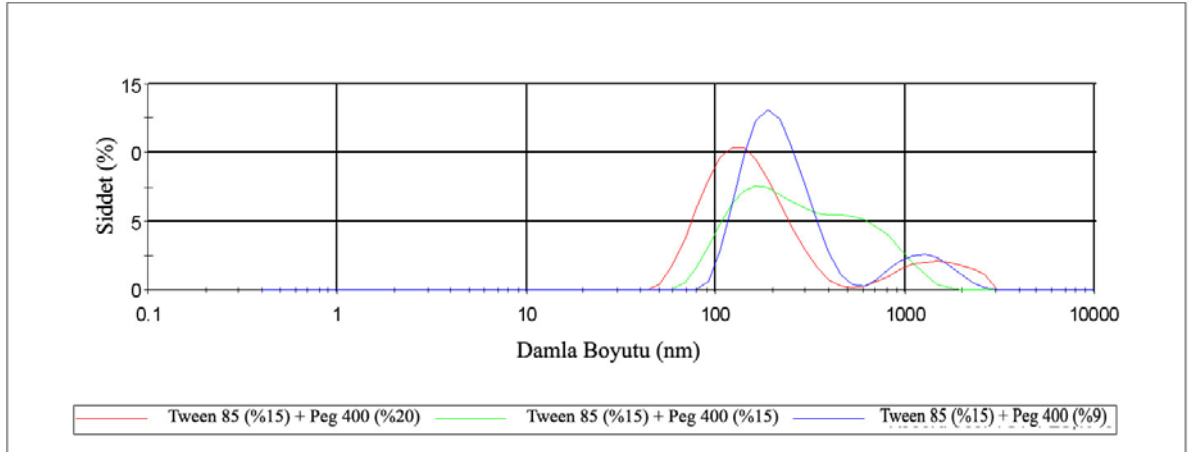
Grafik 2-11’de, metal kesme sıvısı emülsiyonlarında yüzey aktif madde miktarının artmasıyla birlikte emülsiyonlarda damla boyutlarının değişimleri görülmektedir. Grafiklerde damla boyutu arasındaki farklılık yüzey aktif maddenin HLB değerine bağlı olarak değişmesinden kaynaklanmaktadır.



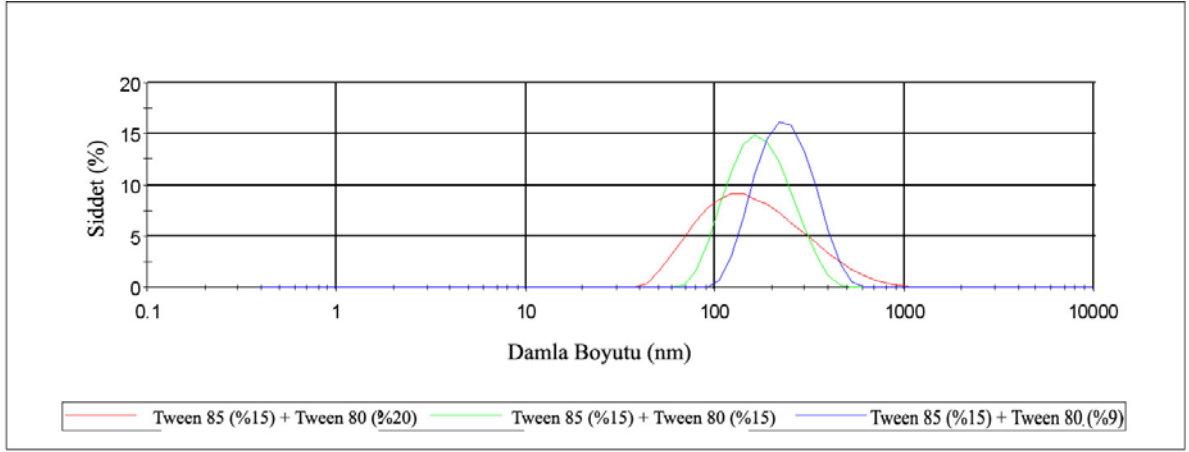
Grafik 2. Rafine ayçiçeği yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



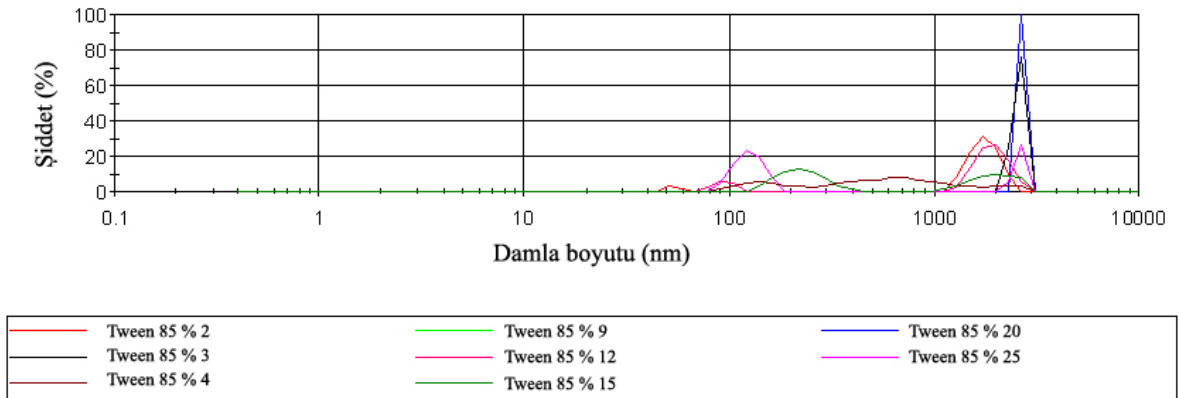
Grafik 3. Rafine ayçiçeği yağı, Tween 85 (%15) ve Tween 20 (%9-20) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



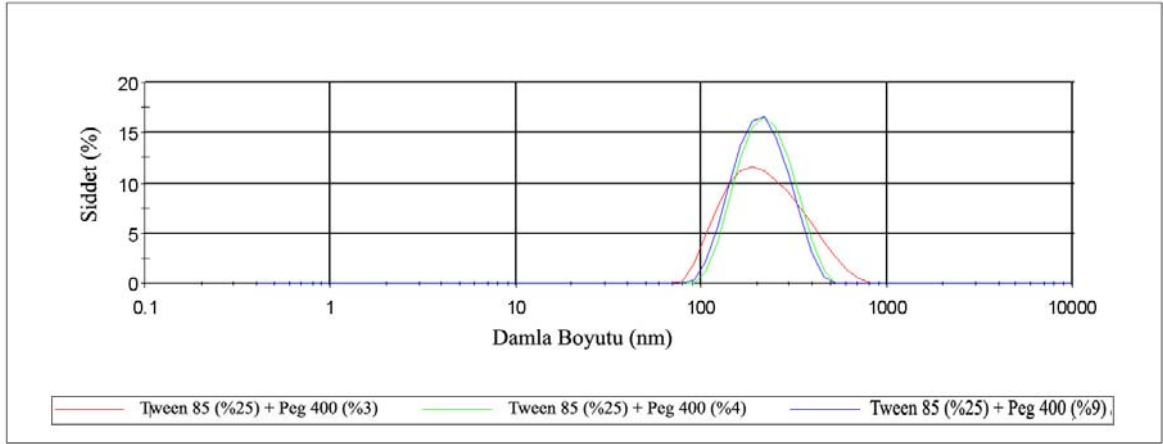
Grafik 4. Rafine ayçiçeği yağı, Tween 85 (%15) ve Peg 400 (%9-20) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



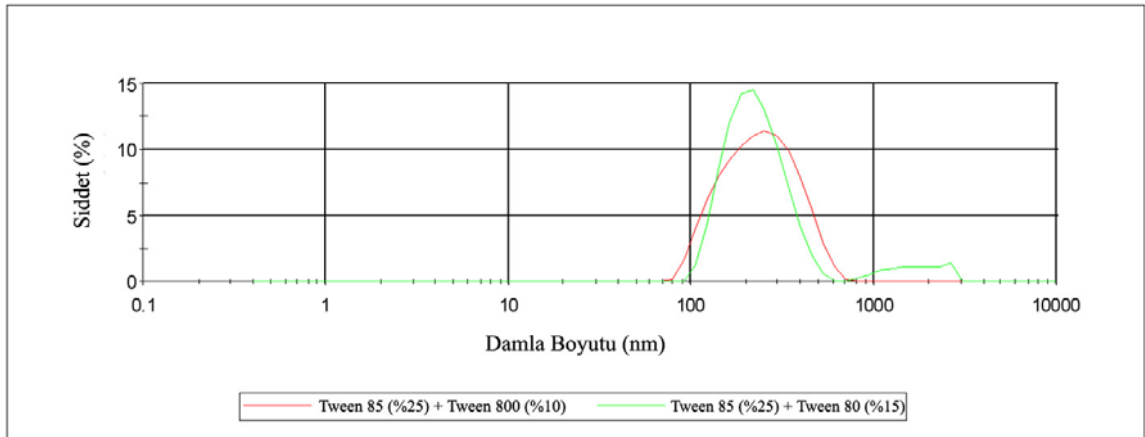
Grafik 5. Rafine ayçiçeği yağı, Tween 85 (%15) ve Tween 80 (%9-20) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



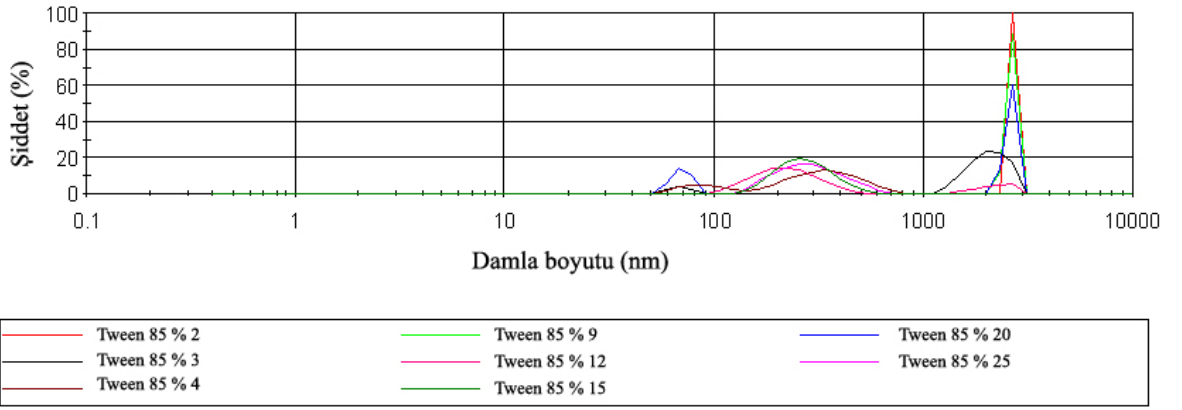
Grafik 6. Rafine kanola yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



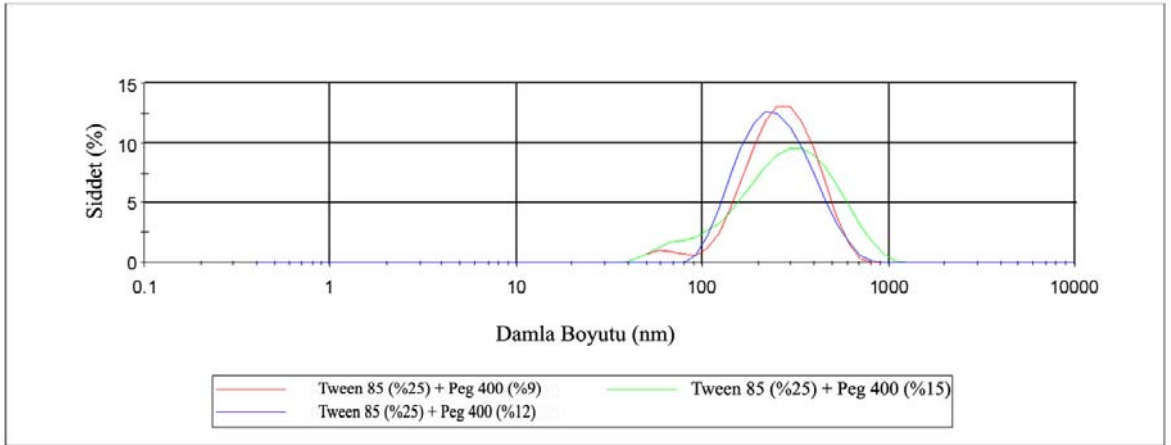
Grafik 7. Rafine kanola yağı, Tween 85 (%25) ve Peg 400 (%3-9) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimleri.



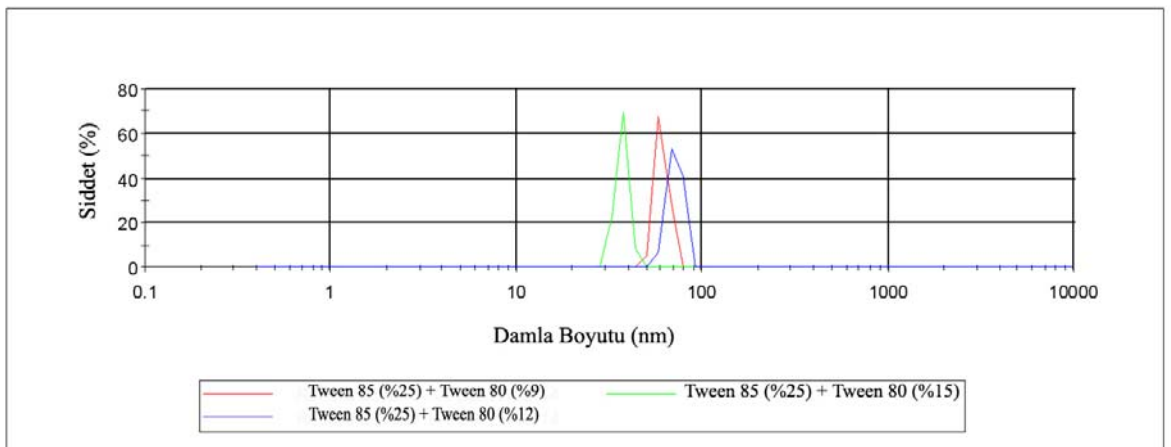
Grafik 8. Rafine kanola yağı, Tween 85 (%25) ve Tween 80 (%10-15) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimleri.



Grafik 9. Ham kanola yağı ve farklı içerik konsantrasyonuna sahip Tween 85 yüzey aktif maddesiyle hazırlanan metal kesme sıvılarında damla boyutundaki değişimler.



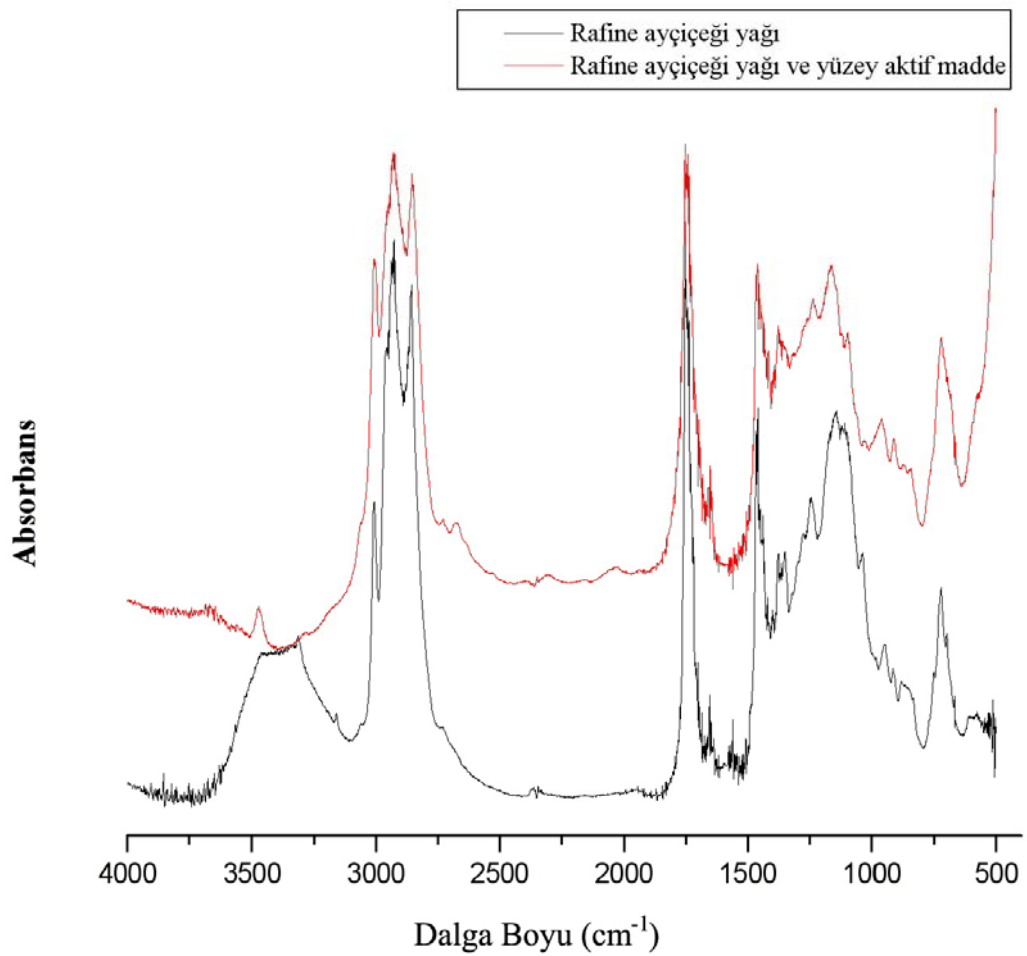
Grafik 10. Ham kanola yağı, Tween 85 (%25) ve Peg 400 (%9-15) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimler.



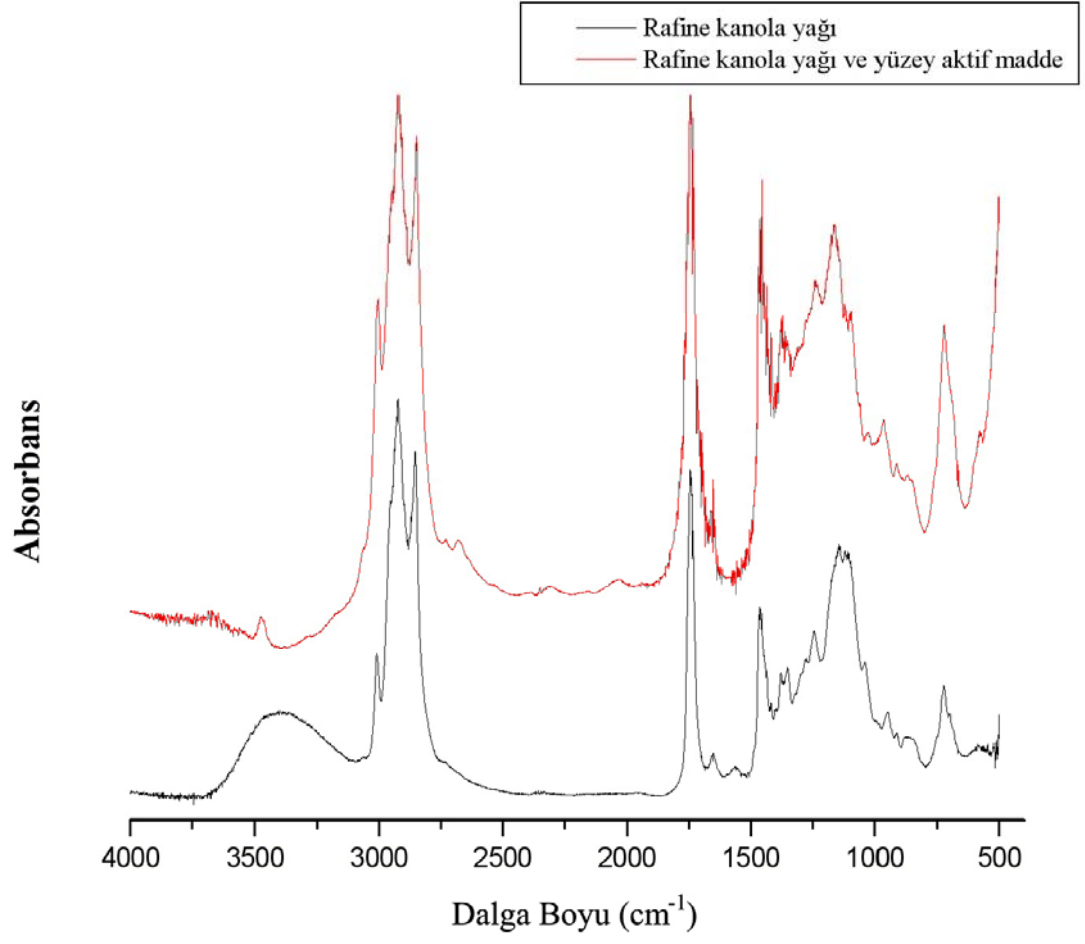
Grafik 11. Ham kanola yağı, Tween 85 (%25) ve Tween 80 (%9-15) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısındaki damla boyutundaki değişimler.

4.2 Metal Kesme Sıvılarının FTIR Spektrumu ile İncelenmesi

Rafine ayçiçeği, rafine kanola yağı ve tekli (Tween 85) yüzey aktif maddesi ile hazırlanan metal kesme sıvısının FTIR spektrumları Şekil 38-39'da gösterilmiştir. Spektrum açıklamaları Tablo 22'de verilmiştir.



Şekil 38. Rafine ayçiçeği yağı ve rafine ayçiçeği yağı-yüzey aktif madde karışımının FTIR spektrumları.



Şekil 39. Rafine kanola yağı ve rafine kanola yağı-yüzey aktif madde karışımının FTIR spektrumları.

Tablo 26. Fonksiyonel grup dalga sayısı ilişkisi

Fonksiyonel Gruplar	Dalga Sayısı (cm ⁻¹)
A- Hidrokarbonlar	
<i>C-H titreşimleri</i>	
Alkan	2942–2853
Alken	3040–3010, 3095- 3075
Alkin	3040–3010
Aromatik	3300–3030
<i>C-H Eğilme titreşimleri</i>	
Alkan (C-H)	1340
Alkan (-CH ₂ -)	1845–1445
Alkan (CH ₃ -)	1470–1430, 1380–1370
Alken (monosüstitüe)	995–985, 915–905, 1420–1410
Alken (disüstitüe)	690, 895–885, 970–960, 1420–1410
Alkin	630
Aromatik süstitüsyon	830, 750, 700
<i>C-C doymamış bağ esnemeleri</i>	
Alken (konjuge olmayan)	1680–1620
Alken	1645, 1658, 1669, 1675
Alkin (disüstitüe)	1600
Aromatik	1600, 1580, 1500 ,1450
Çeşitli Gruplar	
<i>Alkol ve fenoller</i>	
<i>O-H esneme titreşimleri</i>	
Serbest O-H, moleküller arası hidrojen bağı, molekül içi hidrojen bağı	3650–3590, 3550–3450
<i>O-H eğilme ve C-O esneme titreşimleri</i>	
Primer, sekonder ve tersiyer alkoller	3570–3450
<i>Aminler</i>	
N-H esneme titreşimleri	3500 – 3400 -3310
N-H eğilme titreşimleri	3400–3300, 3130–3030
C-N titreşimleri	1650 -1590–1550–1500

3550 cm^{-1} – 3400 cm^{-1} aralığındaki pik -OH grubuna aittir. Metal kesme sıvısı karışımına ilave edilen trietanol amin ve monoetanol amin ilavesiyle -NH'nin dalga sayısı kaymıştır.

3050 cm^{-1} , 3030 cm^{-1} , 2950 cm^{-1} ve 2800 cm^{-1} 'deki pikler alifatik -CH₂ gerilmesinden kaynaklanmaktadır.

1700 cm^{-1} civarındaki pik O=C-O ester pikine aittir.

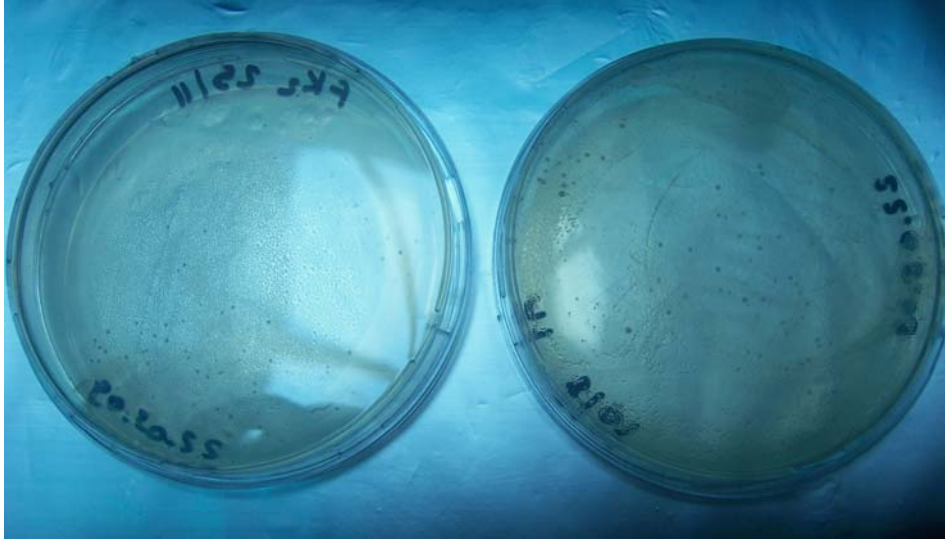
1300 cm^{-1} ve 1050 cm^{-1} aralığında C-O gerilmesi gözlenir.

Aynı şekilde 1430 cm^{-1} , 1380 cm^{-1} ve 1370 cm^{-1} bölgesindeki yoğun piklerin alkanlardaki -CH₃ eğilme titreşimleridir.

1680 cm^{-1} , 1650 cm^{-1} , 1645 cm^{-1} , 1600 cm^{-1} , 1580 cm^{-1} ve 1550 cm^{-1} de görülen yoğun piklerinde bitkisel yağların yapısındaki C-C doymamış bağlardan ileri geldiği görülmektedir.

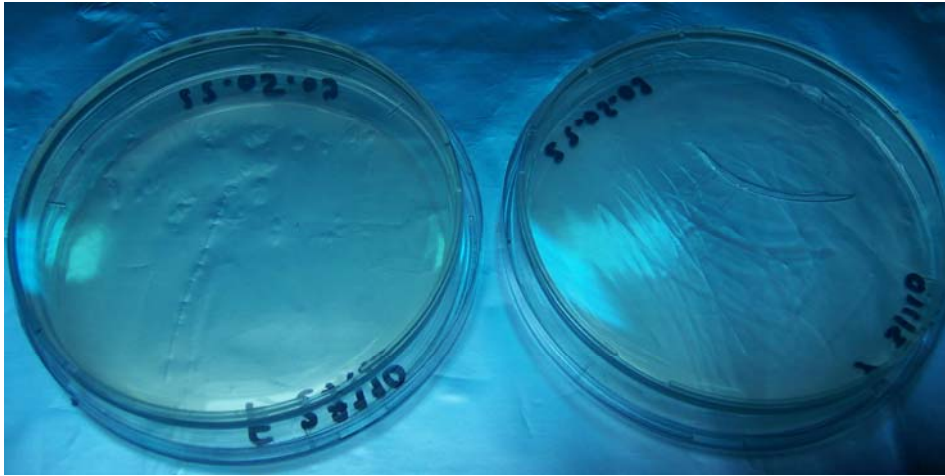
4.3 Metal Kesme Sıvılarında Bakteri Testleri

Metal kesme sıvıları mikroorganizmaların üremesi için uygun ortamlardır. Şekil 40'daki gibi %0.5 oranında bakterisit ve fungusit kullanıldığı zaman yani yeterli koruma sağlanmadığı durumlarda metal kesme sıvıları mikrobiyolojik olarak bozunmaya başlarlar.



Şekil 40. Rafine ayçiçeği yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında bakteri oluşumu.

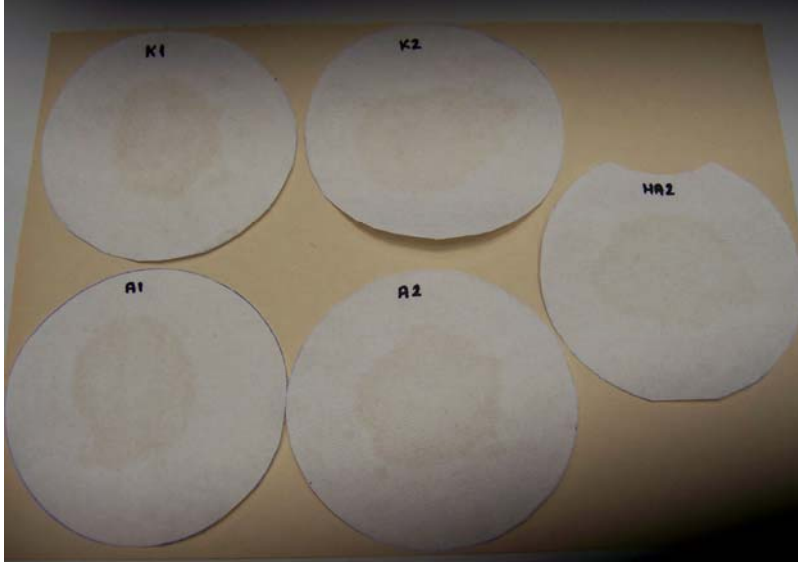
Şekil 41'de rafine ayçiçeği yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında %1 oranında bakterisit ve fungusit kullanıldığında bakteri oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 41. Rafine ayçiçeği yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında bakteri oluşumu.

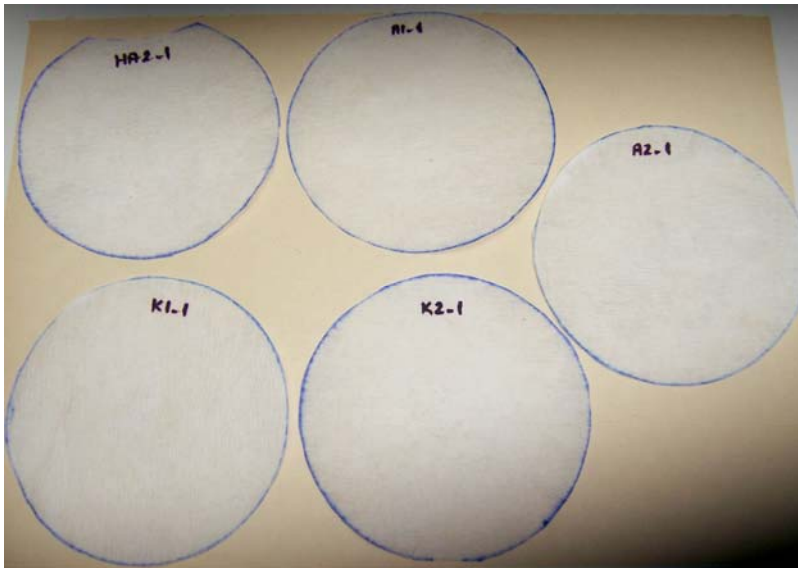
4.4 Metal Kesme Sıvılarında Korozyon Testleri

Şekil 42’de rafine ayçiçeği ve rafine kanola yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında %2 oranında korozyon önleyici ve pH tampon olarak trietanol amin kullanıldığında korozyon oluşumu gözlenmiştir.



Şekil 42. Rafine ayçiçeği ve rafine kanola yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında korozyon oluşumu.

Şekil 43’de ise %3 oranında korozyon önleyici ve pH tampon olarak trietanol amin ve monoetanol amin birlikte kullanıldığında korozyon oluşumu gözlenmemiştir.



Şekil 43. Rafine ayçiçeği ve rafine kanola yağıyla hazırlanan metal kesme sıvılarında korozyon oluşumu

TARTIŞMA

Metal kesme sıvıları yağ su tipi emülsiyon sistemleridir. Yağı su içinde emülsiye etmek için anyonik, katyonik ve iyonik olmayan yüzey aktif madde grupları kullanılır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, ağırlıklı olarak çalışmaların iyonik olmayan yüzey aktif maddeleri üzerine yoğunlaştığı görülmektedir [1–5]. Bizim çalışmamızda iyonik olmayan 7 farklı HLB değerlerine sahip yüzey aktif madde kullanıldı.

Metal kesme sıvılarında bitkisel yağın su ile karıştırılarak tek bir fazın meydana gelebilmesi için uygun yüzey aktif madde veya maddeleri ile etkileştirilmesi gerekmektedir. Bunu belirleyebilmek için en uygun karışım oranı yüzey gerilimi ölçümleri neticesinde kritik misel konsantrasyonunun belirlenmesi ile sağlandı. Yüzey aktif maddeler karışımların yüzey gerilimlerini düşürürler (Şekil 11).

Suyun yüzey gerilimi 72 dyn/cm ve yağın yüzey gerilimi 34 dyn/cm'dir. Bitkisel ayçiçeği yağı farklı miktarlarda iyonik olmayan yüzey aktif madde ile muamele edildikten sonra çözeltinin yüzey gerilimi 21–24 mN/m değerine düşmüştür. Çalışmalarımızda yüzey gerilimi bulguları baz alınarak farklı metal kesme sıvıları geliştirilmiştir.

Bir yüzey aktif madde ile hazırlanan metal kesme sıvıları yağ ve yüzey aktif madde içeriklerinin birbirine yakın değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu sonuç üretim maliyeti esas alındığında yeterli görülmemiştir. Bundan dolayı aynı işlem yüzey aktif madde karışımları dikkate alınarak yapılmıştır. İki yüzey aktif madde karışımı ile hazırlanan metal kesme sıvılarında üretim maliyetinin düştüğü ve daha stabil emülsiyonlar elde edildiği gözlemlenmiştir. Bu durum teorik olarak üçgen faz diyagramı ile çalışıldığında da aynı sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir. Emülsiyonların damla boyutunun 100–500 nm arasında değişmesi stabilitenin iyi olduğunu doğrulamaktadır.

Yağ, yüzey aktif madde ve katkı maddelerinin birbirleriyle kimyasal bir etkileşime girmedeği yalnızca moleküller arası kohezyon kuvvetlerinin, itme kuvvetlerinin, Van der Waals, London kuvvetleri gibi fiziksel etkilerin olduğu FTIR ölçüm sonuçlarından görülmektedir. Yağ ve surfaktantın polar baş grupları ve apolar kuyruk kısımları arasındaki etkileşimler sonucu su içinde dispers olmuş yağ surfaktant miselleri oluşturur.

Metal kesme sıvılarına eklenen trietanol amin ve monoetanol aminin pH tampon görevi gördüğü, birlikte etkin bir korozyon önleyici olduğu yapılan deneylerde belirlenmiştir. Şekil 42-43'de bu katkıların yeterli miktarda olmaması durumunda korozyon oluşumu gözlemlenmiştir.

İyonik olmayan yüzey aktif maddelerin kuyruk kısmının sahip olacağı hidrokarbon zinciri uzunluğu kanola ve ayçiçeği yağının yapısındaki yağ asitlerinin uzunluklarına eşit ya da yaklaşık olmalıdır. Kanola ve ayçiçeğinin yapısında ağırlıklı olarak oleik asit ve linoleik asit yağ gruplarının bulunması iyonik olmayan surfaktantında en az 16 karbon zinciri uzunluğunda olmasını gerektirir. Ayrıca surfaktantın polar hidrofilik grubu da aşırı büyük bir yapıda olmamalıdır. Yağ asitlerinin $-COOH$ hidrofilik kısmı eğer molekülün kalan apolar kısmından çok büyük değilse molekülün çözünürlüğü artar. Formülasyonlarda kullanılan yüzey aktif madde moleküllerinin yapısındaki kuyruk zinciri de aynı büyüklüklerde olmalıdır ki daha stabil bir emülsiyon oluşturabilsinler.

Yağların zamanla fizikokimyasal özelliklerinden bazıları (pH, konsantre çözeltinin görünüşü v.b) değişmektedir. Zamanla farklılık gösteren değişiklikler yağların başlangıç özellikleri ile karşılaştırıldıklarında çok fazla değiştirmedeği görülmüştür.

SONUÇLAR

- Yüzey aktif madde içeriğinin artmasıyla kinematik viskozite, yoğunluk ve termal iletkenliğin arttığı Tablo 9–12, 15–22’de görülmektedir.
- EP (extreme pressure) katığının ekstra yağlayıcılık sağladığı, delme işlemi esnasında aşınmanın etkili bir şekilde azaldığı gözlenmiştir.
- Yüzey aktif maddelerin ikili kombinasyonunun yağlamada tek yüzey aktif madde kullanımına göre daha etkili olduğu gözlemlendi.
- Emülsiyonların stabilitesinde etkili olan parametreler damla büyüklüğü, damlalar arasındaki elektrostatik ve sterik etkileşimlerdir.
- Tween 85’in ayçiçeği ve kanola (rafine ve ham) yağının her ikisinde de etkili olduğu, Tween 85- Peg 400 ve Tween 85-Tween 80 ikili çalışmaların ham yağlarda daha uygun olduğu, Tween 85-Peg 400 ve Tween 85-Tween 20’inde rafine yağlarda daha uygun olduğu bulunmuştur.
- Yüzey aktif madde içeriğinin artmasıyla stabil emülsiyonlarda damla boyutu 1 mikron ila 200 nanometre civarına geldiği damla çapı ölçüm grafikleri ile belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Çakır, O., Kılıçkap, E., “Metallerin Soğuk Talaşlı İşlenmesi”, Makine Tasarım ve İmalat Teknolojileri Kongresi, Konya, 279-283, 2001.
- [2] Çakır, O., Kıyak, M., Atlan, E., “Comprasion of Gases Applications to Wet and Dry Cuttings in Turning”, Journal of Materials Processing Technology, 153, 35-42, 2004.
- [3] Yamane, Y., Nautili, N., Hayashi, K., “Suppression of Tool Wear by Using An Inert Gas in Face Milling”, Journal of Materials Processing Technology, 62, 380-383, 1996.
- [4] Nguyen, T., Zhang, L. C., “An Assessment of the Applicability of Cold Air and Oil Mist in Surface Grinding”, Journal of Materials Processing Technology 140, 224-230, 2003.
- [5] A. Münir Cerit, Makine Mühendisliği El Kitabı, Üretim ve Tasarım, Cilt 2, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Yayın No 170, sayfa 280
- [6] Hamrock, B.J., (1994), Fundamentals of Fluid Film Lubrication.
- [7] Bastian, E.L.H., (1951), Metalworking Lubricants, Their Selection, Application, and Maintenance.
- [8] John,J.,Bhattacharya, M., Raynor, P., 2004, Emulsions containing vegetable oils for cutting fluid application, Colloids and Surfaces A: Physicohem. Eng. Aspects, 237, pp. 141–150.
- [9] V. D’Sousa, L. deMan, J.M. deMan, Polymeric behaviour of high-melting glycerides from hydrogenated canola oil, J. Am. Oil Chem. Soc. 68 (1991) 907–911.
- [10] Byers, J.P., (1994), Metalworking Fluids, Copyright by Marcel Dekker, Inc.

- [11] Physical Chemistry, P.W. Atkins, 6th Edition, Oxford University Press, 1998, page:154–157
- [12] Flexo&Gravure Asia, Volume:4, May 2005
- [13] Cocks, L.V. ve van Rede, C. (1966), Laboratory Hanbook for Oil and Fat Analysts, Academic Pres, Londra, 109–123.
- [14] Schubert, H.; Armbruster, H. Principles of Formation and Stability of Emulsions. *Int. Chem. Eng.* 1992, 32 (1), 14–28.
- [15] Influence of emulsifier content on cutting fluid properties, D Nageswara Rao and R R Srikant, The manuscript was received on 3 February 2006 and was accepted after revision for publication on 10 July 2006.
- [16] Cavallo, J. L.; Chang, D. L. Emulsion Prepartion and Stabiltiy. *Chem. Eng. Prog.* 1990, 6, 54–9.
- [17] Tadros, T. F. Fundamental Principles of Emulsion Rheology and Their Applications. *Colloids Surf. A* 1994, 91, 39–55.
- [18] Tadros, T. F. Industrial Applications of Dispersions. *Adv. Colloid Interface Sci.* 1993, 46, 1–47.
- [19] EMÜLSİYONLAR, Dr. Ecz. M. Sedef Erdal, A. Ü. Eczacılık Fakültesi, Farmasötik Teknoloji Anabilim Dalı
- [20] Lissant, K.J. (ed.), Emulsions and Emulsion Technology (in 3 Parts). Marcel Dekker, Inc., New York, 1984
- [21] Jönsson. B., Lindman, B., Holmberg, K., Kronberg, B., Surfactants and Polymers in Aqueous Solution, John Wiley & Sons, Chichester, 1999
- [22] Bockisch, M. (1998), *Fats and Oils Handbook*, AOCS Press, Champaing, Illinois.
- [23] A.T.James and A.J.P.Martin, Biochemistiy, s: 679–690 (1952)

- [24] Formo, W. M., Jungermann, E., Norris, F. A., Sonntag, N. O. V. (1979), Bailey's Industrial Oil and Fat Products, John Wiley & Sons, A.B.D., 99-159.
- [25] Cocks, L.V. ve van Rede, C. (1966), Laboratory Hanbook for Oil and Fat Analysts, Academic Pres, Londra, 109-123.
- [26] E.H. Crook, D.B. Fordyce, G.F. Trebbi, Molecular weight distrubution of nonionic surfactants, J. Colloid Sci. 2 (1965) 191–204.
- [27] Rhenus Lub GmbH & Co KG, (1997), Cooling Lubricants Theory for the Practical Applications.
- [28] Schey, J.A., (1983), Tribology in Metalworking, American Society for Metals.
- [29] Zimmerman, J.B., (2003), .Formulation Evaluation of Emulsifier Systems For Petroleumand Bio-Based Semi-Synthetic Metalworking Fluids., a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in the College of Engineering at the University of Michigan.
- [30] Erdoğan, D. ve Mohammed A.A. 1997. Yakıt Olarak Kullanılan Bazı Bitkisel Yağların Dizel motor Performanslarına Etkileri”. Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 17 – 19 Eylül, Tokat.
- [31] Bartz, W., 2001, Ecological and Environmental Aspects of Cutting Fluids, Lubrication Engineering, v57, pp. 13 – 16.
- [32] RADOW, C.K., “ Engine Oil Additives ”, Aus Praxis Und Forschung, Tribologie + Schmierungstechnik. Jahrgang - 5/1990, 250 – 258, 37, 1990
- [33] WILLS, J.G., “ Lubrication Fundamentals (Mechanical Engineerin :3)”, Mobil Oil Corp. 27-34, New York, 1980.
- [34] HODGES, P., “ Hyraulic Fluids”, John Willey & Sons, Inc. 1996.
- [35] SARIN, R., TULI; D.K., MARTIN, V., RAI, N.M. And BHATNAGAR, A.K., “Development Of N, P, And S - Containing Multifunctional Additives For

Lubricants” Journal Of Stle Lubrication Engineering, 21–26, May, 1997.

[36] DURAK, E., 1998, " Farklı Yükleme Şekillerinde Yağ ve Yağ Katkı Maddelerinin Yatak Performansına Etkileri", Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Isparta.

[37] BAU, P.J.,“ Friction, Lubrication And Wear Technology ”, Asm Handbook, Volume 18, Cheng, H.S., “ Lubrication Regimes ”, 89-97, U.S.A., 1992.

[38] O’CONNOR J.J.“ Standart Handbook Of Lubrication Engineering ”, Ch. 11,13,14,15, Mc.Graw Hill Book Comp. New York,1960.

[39] “Petrol Ofisi Ürünler El Kitabı, Hidrolik Sistem Yağları ”, Petrol Ofisi A.Ş. 50–54, Nurol Matbaacılık, Ankara,1985.

[40] Gernsman, (2004), Teknik Bülten, Metal İşleme Sıvıları AR&GE ve Teknik Servis Şefliği.

[41] Barrow G.M., "Physical Chemistry", 4th edn., McGraw-Hill, New York, 1979.

[42] AKDOĞAN, A., (2003), Yüksek Lisans Korozyon Dersi Notları.

[43] Zeren, M.A., (1999), Elektrokimya, Birsan Yayınevi.

[44] S. Watanabe, H. Nakagawa, Y. Ohmori, T. Fujita, M. Sakamoto, T. Haga, Characteristic properties of cutting fluid additives derived from half esters of dimer acids, J. Am. Oil Chem Soc. 73 (1996) 807–809

ÖZGEÇMİŞ

21.02.1982’de İstanbul’da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi İstanbul’da tamamladım. Süleyman Demirel Üniversitesi Bilgisayar Programcılığı önlisans programından 2001 yılında mezun oldum. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Kimya bölümü lisans programından 2006 yılında mezun oldum. 2007 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Bölümü fizikokimya anabilim dalında yüksek lisansa başladım.

Ek 1. Rafine kanola yağının 7 farklı emülsifiyer ile tekli ve ikili yüzey aktif maddeleri (surfaktant) kullanarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri Tablo 1–10’da gösterilmiştir.

Tablo 1. Rafine kanola yağı - tekli surfaktant kullanılarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri

Surfaktantlar	Surfaktant oranı (%)						
	2	3	4	9	12	15	20
Tween 20							
<i>pH</i>	7.20	7.05	7.05	6.80	6.70	6.60	6.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.986	0.988	0.990	0.991	0.993	0.996	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9
40°	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6
50°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.45	24.02	23.87	22.74	22.57	21.87	21.81
Tween 40							
<i>pH</i>	6.70	6.60	6.40	6.10	5.90	5.50	5.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.992	0.990	0.991	0.993	0.995	0.995
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7
40°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.14	24.95	24.56	23.41	23.26	23.23	23.12
Tween 60							
<i>pH</i>	6.10	6.30	6.40	6.50	6.70	6.90	7.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.988	0.991	0.992	0.995	0.994	0.995
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8
40°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.78	25.98	25.63	25.21	24.67	24.42	24.26
Tween 80							
<i>pH</i>	7.05	7.05	6.90	6.80	6.60	6.50	6.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.992	0.989	0.991	0.993	0.997	0.999
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9	2.0
40°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7
50°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.4	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.04	25.78	25.54	24.24	24.02	23.81	23.69
Tween 85							
<i>pH</i>	7.60	7.55	7.40	7.40	7.20	7.10	7.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.996	0.988	0.992	0.994	0.993	0.998	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.8
40°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5
50°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.87	24.77	24.58	23.99	23.56	22.94	22.56
Span 80							
<i>pH</i>	7.90	7.80	7.65	7.50	7.35	7.30	7.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.989	0.990	0.992	0.994	0.995	0.998
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8
40°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5
50°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2

<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.54	23.41	23.20	22.75	22.24	21.86	21.66
Peg 400							
<i>pH</i>	6.72	6.85	6.80	6.90	6.95	7.05	7.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.989	0.992	0.994	0.993	0.995	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.8
40°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
50°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.43	25.05	24.88	23.70	23.27	22.58	21.86

Tablo 2. Rafine kanola yağı-Tween 20 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 40							
<i>pH</i>	6.63	6.45	6.25	6.10	6.05	5.70	5.52
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.994	0.990	0.991	0.991	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.6	1.7
40°	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5
50°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.79	23.62	23.57	23.52	23.48	23.14	23.08
Tween 60							
<i>pH</i>	6.70	6.65	6.57	6.50	6.44	6.30	6.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.991	0.988	0.994	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	2.0
40°	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7
50°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.78	24.62	24.23	23.84	23.70	23.52	23.49
Tween 80							
<i>pH</i>	6.62	6.50	6.47	6.51	6.45	6.40	6.37
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.965	0.97	0.972	0.975	0.977	0.978	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0	2.0	2.2
40°	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7
50°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.68	24.56	24.28	23.99	23.96	25.93	23.64
Tween 85							
<i>pH</i>	6.40	6.55	6.57	6.60	6.60	6.70	6.81
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.992	0.991	0.993	0.993	0.995	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.3
40°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.9
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.21	22.90	22.89	22.84	22.76	22.70	22.65
Span 80							
<i>pH</i>	6.60	6.63	6.70	6.80	6.95	7.30	7.50
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.986	0.987	0.985	0.983	0.981	0.980	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.7	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0
40°	1.2	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6
50°	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.12	23.08	22.96	22.92	22.80	22.62	22.50
Peg 400							
<i>pH</i>	6.44	6.50	6.70	6.78	6.81	6.80	6.88
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.990	0.990	0.991	0.993	0.996	0.960
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.8	1.8	2.0	2.4	2.5	2.8
40°	1.4	1.5	1.6	1.6	1.9	1.9	2.2
50°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.85	23.75	23.60	23.23	23.12	23.08	22.86

Tablo 3. Rafine kanola yağı-Tween 40 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	5.23	5.19	4.87	5.10	5.05	4.98	4.85
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.983	0.984	0.984	0.985	0.986	0.986	0.986
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.7	1.9	2.1	2.1	2.2	2.3
40°	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9
50°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.08	27.01	26.74	26.57	25.97	25.69	24.50
Tween 60							
<i>pH</i>	5.26	5.17	5.05	4.90	4.90	4.80	4.75
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.984	0.986	0.988	0.990	0.991	0.991	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.7	2.0	2.2	2.3	2.3	2.4
40°	1.4	1.5	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9
50°	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.22	27.18	27.08	26.84	26.82	26.17	25.86
Tween 80							
<i>pH</i>	6.20	6.10	5.90	5.60	5.50	5.45	5.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.964	0.970	0.972	0.975	0.978	0.983	0.984
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2
40°	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8
50°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.25	27.17	27.11	26.99	26.82	26.57	26.17
Tween 85							
<i>pH</i>	5.18	5.20	5.34	5.70	5.82	6.06	6.11
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.988	0.99	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.9	2.2
40°	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9
50°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.05	27.02	26.97	26.87	26.86	26.54	26.16
Span 80							
<i>pH</i>	5.04	5.35	5.58	6.00	6.10	6.30	6.50
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.995	0.991	0.993	0.993	0.999
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
40°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.78	26.56	26.23	25.89	25.57	25.23	25.09
Peg 400							
<i>pH</i>	4.44	4.60	4.80	5.04	5.20	5.50	5.67
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.99	0.992	0.993	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.9	2.0	2.0	2.2	2.3	2.3	2.6
40°	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	2.0
50°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.79	26.71	26.70	26.68	26.58	26.35	26.26

Tablo 4. Rafine kanola yağı-Tween 60 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.40	6.30	6.22	6.05	6.00	5.91	5.70
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.978	0.981	0.984	0.985	0.99	0.991	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.8	1.9	2.1	2.2	2.3	2.3
40°	1.4	1.6	1.6	1.8	1.8	1.9	2.0
50°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.02	26.92	26.67	27.57	26.75	25.72	24.90
Tween 40							
<i>pH</i>	5.98	5.95	5.90	5.80	5.73	5.60	5.50
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.99	0.989	0.991	0.992	0.992	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
40°	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.67	28.57	28.44	28.08	27.62	26.95	26.40
Tween 80							
<i>pH</i>	6.20	6.15	6.05	5.80	5.76	5.70	5.56
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.984	0.987	0.989	0.990	0.992	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.3
40°	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9
50°	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	30.99	29.75	29.34	28.17	27.56	27.27	26.70
Tween 85							
<i>pH</i>	5.80	5.90	6.05	6.11	6.20	6.23	6.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.987	0.990	0.991	0.992	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8
40°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
50°	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.18	26.07	25.87	25.78	25.66	25.62	25.41
Span 80							
<i>pH</i>	5.50	5.60	5.65	5.73	5.80	6.08	6.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.900	0.992	0.991	0.993	0.993	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.3
40°	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9
50°	1.1	1.2	1.3	1.0	1.4	1.4	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.85	26.70	26.66	26.53	26.44	26.42	26.10
Peg 400							
<i>pH</i>	4.80	4.90	5.05	5.20	5.30	5.41	5.55
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.980	0.982	0.985	0.988	0.989	0.991	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	2.6	2.8
40°	1.3	1.3	1.5	1.6	1.9	2.0	2.3
50°	1.0	1.1	1.3	1.3	1.5	1.6	1.7
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.02	26.54	26.38	26.25	25.89	25.71	25.29

Tablo 5. Rafine kanola yağı-Tween 80 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	4.52	4.60	4.71	4.80	4.90	5.05	5.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.989	0.99	0.991	0.991	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8	1.8	1.7
40°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.32	25.22	25.05	24.85	24.65	24.42	24.17
Tween 40							
<i>pH</i>	3.40	3.60	3.70	3.81	3.86	3.90	4.00
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.991	0.992	0.992	0.992	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1	2.2	2.0
40°	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8
50°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.40	26.23	25.55	25.36	25.01	24.77	24.38
Tween 60							
<i>pH</i>	4.50	4.46	4.40	4.30	4.20	4.12	4.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.991	0.991	0.992	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	2.6	2.8	2.9	2.9	3.0	3.1	3.1
40°	2.0	2.1	2.2	2.2	2.4	2.5	2.5
50°	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8	1.9	1.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.68	25.60	24.30	24.23	24.05	24.11	24.97
Tween 85							
<i>pH</i>	4.50	4.60	4.65	4.72	4.80	4.90	5.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.996	0.997	0.995	0.996	0.996	0.992	0.99
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	2.7	2.8	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1
40°	2.4	2.4	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
50°	1.8	1.9	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.89	26.74	26.10	25.86	25.99	26.12	26.26
Span 80							
<i>pH</i>	3.80	3.90	4.04	4.10	4.22	4.30	4.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.993	0.993	0.992	0.992	0.993	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	2.3	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7
40°	1.8	1.8	1.9	1.9	2.1	2.2	2.0
50°	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8	1.8
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.95	24.88	24.64	24.33	24.27	24.17	24.50
Peg 400							
<i>pH</i>	3.60	3.70	3.82	3.95	4.10	4.20	4.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.984	0.982	0.985	0.985	0.987	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.6	1.7	1.8	1.7	1.7	1.8
40°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
50°	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.47	25.30	25.10	24.88	24.65	24.31	24.17

Tablo 6. Rafine kanola yağı-Tween 85 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.85	6.80	6.75	6.75	6.70	6.65	6.65
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.98	0.99	0.989	0.991	0.991	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
40°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.5
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.28	25.24	25.12	24.99	24.89	24.77	24.55
Tween 40							
<i>pH</i>	6.83	6.80	6.80	6.70	6.60	6.40	6.08
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.985	0.986	0.988	0.99	0.99	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
40°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
50°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.15	23.97	23.85	23.75	23.48	23.17	23.12
Tween 60							
<i>pH</i>	6.90	6.80	6.75	6.70	6.60	6.55	6.50
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.986	0.989	0.989	0.990	0.991	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5
40°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.46	25.31	25.22	25.01	24.67	24.56	24.22
Tween 80							
<i>pH</i>	6.83	6.85	6.74	6.70	6.65	6.60	6.57
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.992	0.992	0.993	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3
40°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
50°	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.59	25.58	25.46	25.38	25.30	24.91	24.87
Span 80							
<i>pH</i>	6.95	7.04	7.15	7.10	7.10	7.20	7.36
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.991	0.990	0.992	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
40°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
50°	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.77	24.67	24.45	24.38	24.27	24.18	23.98
Peg 400							
<i>pH</i>	7.05	7.05	6.80	6.75	6.70	6.70	6.65
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.989	0.991	0.991	0.993	0.992	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4
40°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.05	23.99	23.89	23.69	23.55	23.21	23.05

Tablo 7. Rafine Kanola yağı-Span80 (%4) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	7.80	7.90	7.60	7.40	7.20	7.05	6.70
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.991	0.988	0.992	0.992	0.993	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	2.0	2.0	2.1	2.1	1.9
40°	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7	1.7	1.6
50°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.78	23.75	23.66	23.56	23.42	23.32	23.02
Tween 40							
<i>pH</i>	6.60	6.55	6.40	6.30	6.25	6.15	6.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.990	0.990	0.992	0.992	0.993	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1	2.1
40°	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.7
50°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.78	24.37	24.36	24.23	24.10	23.87	23.65
Tween 60							
<i>pH</i>	6.40	6.40	6.30	6.20	6.15	6.10	6.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.991	0.990	0.992	0.993	0.995	0.995
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.3	2.3
40°	1.5	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	1.9
50°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.68	25.12	24.76	24.58	24.57	24.42	24.33
Tween 80							
<i>pH</i>	6.45	6.45	6.40	6.40	6.50	6.35	6.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.978	0.991	0.982	0.984	0.986	0.988	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
40°	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7
50°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.23	24.07	23.90	23.65	23.57	23.54	23.21
Tween85							
<i>pH</i>	6.50	6.60	6.65	6.70	6.60	6.80	6.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.993	0.991	0.991	0.994	0.994	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.7	1.9
40°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6
50°	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	23.86	23.70	23.63	23.44	23.10	22.95	22.82
Peg 400							
<i>pH</i>	6.10	6.20	6.25	6.25	6.30	6.25	6.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.99	0.991	0.992	0.99	0.991	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3
40°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
50°	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	24.47	24.35	24.10	23.98	23.85	23.57	23.47

Tablo 8. Rafine kanola yağı-Peg 400 (%20) karışımına farklı miktarlarda ikinci surfaktant ilavesiyle elde edilen kesme sıvıları

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.70	6.72	6.60	6.55	6.53	6.46	6.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.980	0.982	0.985	0.992	0.990	0.993	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6
40°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.24	22.93	22.86	22.56	22.10	21.89	21.78
Tween 40							
<i>pH</i>	6.60	6.51	6.44	6.30	6.25	6.15	6.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.991	0.989	0.990	0.990	0.991	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.5	1.6	1.9	2.0	1.8
40°	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.5
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.78	24.69	24.32	23.67	23.64	23.58	23.52
Tween 60							
<i>pH</i>	6.38	6.30	6.15	6.11	6.05	5.95	5.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.990	0.991	0.993	0.992	0.994	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
40°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.78	24.69	24.10	24.08	23.92	23.82	23.62
Tween 80							
<i>pH</i>	6.70	6.73	6.65	6.60	6.57	6.50	6.45
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.980	0.982	0.982	0.984	0.985	0.987	0.9885
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4
40°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
50°	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.63	23.96	23.78	23.64	23.56	23.40	24.11
Tween85							
<i>pH</i>	5.70	5.82	5.95	6.05	6.08	6.20	6.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.982	0.985	0.990	0.991	0.991	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4
40°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.10	23.86	23.65	23.21	22.80	22.70	22.54
Span80							
<i>pH</i>	5.80	5.91	6.05	6.30	6.45	6.50	6.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.989	0.990	0.991	0.991	0.993	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
40°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.4	1.4
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.70	23.56	23.35	22.86	22.67	22.50	22.44

Tablo 9. Rafine kanola yağı - tekli surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktantlar	Surfaktant oranı (%)							
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0	30.0
Tween 20	1	1	1	1	2	2	3	3
Tween 40	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80	1	1	1	1	2	2	1	1
Tween 85	1	1	1	2	2	3	3	4
Peg 400	1	1	1	1	2	3	3	3
Span 80	1	1	1	1	1	1	1	1

Tablo 10. Rafine kanola yağı - ikili surfaktant karışımı kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktant karışımı	% Surfaktant						
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0
Tween 20- Tween 40	2	3	2	2	1	1	1
Tween 20- Tween 60	2	3	2	2	1	1	1
Tween 20- Tween 80	2	3	3	3	3	3	3
Tween 20- Tween 85	3	3	3	3	3	4	4
Tween 20- Peg 400	3	3	3	3	3	3	3
Tween 20- Span 80	2	3	2	2	1	1	1
Tween 40- Tween 20	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 40- Tween 80	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Tween 85	1	1	1	1	1	2	3
Tween 40- Peg 400	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Span 80	1	1	1	1	1	1	1

Tween 60- Tween 20	1	1	1	1	2	2	2
Tween 60- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 85	1	1	1	2	2	2	3
Tween 60- Peg 400	1	1	1	1	2	2	3
Tween 60- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 20	1	1	1	2	2	3	3
Tween 80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 85	1	1	1	2	2	3	4
Tween 80- Peg 400	1	1	1	1	3	3	4
Tween 80- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 85- Tween 20	2	2	3	3	3	3	3
Tween 85- Tween 40	2	2	2	2	1	1	1
Tween 85- Tween 60	2	2	2	2	2	2	2
Tween 85- Tween 80	3	3	4	4	4	3	3
Tween 85- Peg 400	3	4	4	4	4	3	3
Tween 85- Span 80	3	3	3	2	2	2	1
Span80- Tween 20	1	1	1	2	2	2	2
Span80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 85	1	1	1	1	2	2	2
Span80- Peg 400	1	1	1	1	2	2	3
Peg 400- Tween 20	2	2	2	3	3	3	4
Peg 400- Tween 40	2	2	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 60	2	1	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 80	2	2	3	3	3	4	2
Peg 400- Tween 85	2	3	3	3	4	4	4
Peg 400- Span 80	2	3	3	2	2	1	1

Ek 2. Ham Kanola 7 farklı emülsifiyer ile tekli ve ikili yüzey aktif maddeleri (surfaktant) kullanarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri Tablo 11–18’de gösterilmiştir.

Tablo 11. Ham kanola yağı kullanılarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri

Surfaktantlar	% Surfaktant					
	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20						
<i>pH</i>	4.94	4.90	4.91	4.82	4.70	4.45
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.986	0.988	0.992	0.991	0.989	0.986
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8	1.9
40°	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.87	24.57	23.71	23.23	22.79	22.56
Tween 40						
<i>pH</i>	4.78	4.82	4.53	4.57	4.50	4.43
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.986	0.99	0.988	0.984	0.978
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.2	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
40°	1.1	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7
50°	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.36	24.87	24.15	23.80	23.65	23.09
Tween 60						
<i>pH</i>	4.81	4.90	4.99	4.72	4.76	4.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.99	0.987	0.988	0.985	0.978	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8	1.8
40°	1.3	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7
50°	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.68	27.12	26.54	25.68	24.70	23.78
Tween 80						
<i>pH</i>	5.01	5.07	5.05	4.86	4.92	4.67
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.993	0.989	0.984	0.981	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.3	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8
40°	1.2	1.3	1.5	1.5	1.5	1.7
50°	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.70	26.42	26.12	25.47	24.68	24.34
Peg 400						
<i>pH</i>	7.51	6.53	6.06	5.86	5.70	6.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.994	0.995	0.992	0.990	0.96
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.2	1.8	1.8	1.9	1.9	2.2
40°	1.0	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9
50°	0.9	1.1	1.2	1.3	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.85	25.19	24.74	23.66	23.10	22.34

Span80

<i>pH</i>	6.77	5.68	5.59	5.43	5.38	5.21
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.997	0.986	0.997	0.999	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>						
30°	1.4	1.5	1.5	1.5	1.7	2.2
40°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.5	2.0
50°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.92	23.04	22.81	22.77	22.55	22.47

Tablo 12. Ham Kanola yağı- Tween 20 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 40							
<i>pH</i>	5.82	6.34	5.46	6.03	5.80	4.46	5.82
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.995	0.996	0.994	0.992	0.991	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5	1.8	1.8
40°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4	1.7	1.7
50°	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.85	22.06	22.04	21.36	21.00	20.93	20.80
Tween 60							
<i>pH</i>	6.22	6.15	6.10	6.05	5.87	5.70	6.22
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.993	0.993	0.991	0.990	0.989	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.8
40°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7
50°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.87	23.64	23.18	22.87	22.61	22.56	22.20
Tween 80							
<i>pH</i>	7.81	8.17	6.08	6.50	5.81	5.47	7.81
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.997	0.995	0.996	0.996	0.996	0.995
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.6
40°	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
50°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.49	21.75	21.59	21.42	21.18	21.11	20.10
Tween 85							
<i>pH</i>	5.12	5.05	5.37	5.72	5.32	5.60	5.12
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.994	0.996	0.995	0.993	0.993	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
40°	1.0	1.1	1.2	1.3	1.1	1.3	1.3
50°	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.01	23.18	23.11	22.97	22.74	22.41	22.10
Peg 400							
<i>pH</i>	7.11	6.11	6.78	6.77	7.50	6.87	7.11
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.994	0.995	0.993	0.992	0.990	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
40°	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.66	21.21	20.83	20.72	20.62	20.52	20.44
Span 80							
<i>pH</i>	6.19	6.07	5.91	6.21	6.11	5.28	6.19
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.998	1.005	0.999	0.998	0.999	0.998
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7
40°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.5
50°	0.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.30	23.24	22.67	22.51	21.98	21.80	21.11

Tablo 13. Ham Kanola yağı- Tween 40 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	5.99	5.95	5.47	5.68	5.60	5.30	5.99
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.989	0.992	0.992	0.99	0.991	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6
40°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.5
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.64	26.23	25.68	25.10	24.68	24.13	23.64
Tween 60							
<i>pH</i>	6.12	5.98	5.80	5.60	5.50	5.30	6.12
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.992	0.992	0.990	0.990	0.988	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4
40°	0.9	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
50°	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.78	23.64	24.60	23.54	24.23	25.21	24.20
Tween 80							
<i>pH</i>	7.15	7.10	6.85	6.70	6.60	6.32	7.15
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.984	0.978	0.979	0.985	0.987	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8
40°	1.0	1.0	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.89	26.51	25.74	25.10	24.75	24.62	24.10
Tween 85							
<i>pH</i>	5.71	5.80	5.96	6.21	6.30	6.74	5.71
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.992	0.995	0.994	0.99	0.988	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6
40°	1.2	1.2	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
50°	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.47	25.10	25.01	24.50	24.20	23.99	23.41
Peg 400							
<i>pH</i>	5.65	5.70	5.80	6.05	6.24	6.30	5.65
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.98	0.986	0.989	0.990	0.990	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.6	1.7	2.1
40°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.5	1.6	2.0
50°	0.9	0.9	0.9	1.1	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.45	24.87	23.70	23.65	23.21	22.64	22.41
Span 80							
<i>pH</i>	5.80	5.85	5.90	6.20	6.45	6.70	5.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.996	0.998	0.996	0.996	0.993	0.996
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.4	1.4	1.7	2.1	2.5
40°	1.0	1.0	1.1	1.3	1.5	1.8	2.2
50°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	24.58	24.23	23.89	23.80	23.56	23.50	23.24

Tablo 14. Ham Kanola yağı- Tween 60 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.30	6.20	5.98	5.70	5.60	5.21	6.30
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.985	0.987	0.989	0.990	0.991	0.991	0.985
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.6
40°	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.21	25.89	25.45	24.69	24.23	24.21	24.12
Tween 40							
<i>pH</i>	6.15	6.30	6.10	5.95	5.87	5.66	6.15
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.992	0.992	0.99	0.991	0.99	0.989
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1,2	1,2	1.3	1,3	1.4	1.4	1.4
40°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.98	27.65	26.80	26.02	25.10	24.84	23.98
Tween 80							
<i>pH</i>	6.80	6.81	6.70	6.65	6.52	6.34	6.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.992	0.990	0.990	0.989	0.988	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
40°	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.8
50°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.30	26.87	26.32	25.89	25.82	25.65	25.30
Tween 85							
<i>pH</i>	7.10	7.02	6.89	6.75	6.80	6.65	7.10
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.996	0.998	0.995	0.995	0.993	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.3	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6
40°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1,1	1.1	1,2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.54	25.32	24.80	24.51	23.84	23.56	23.54
Peg 400							
<i>pH</i>	4.80	4.90	5.05	5.20	5.30	5.41	4.80
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.980	0.982	0.985	0.988	0.989	0.991	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.6	1.8	2.0	2.4	2.6
40°	1.3	1.3	1.3	1.5	1.6	1.9	2.0
50°	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.02	26.54	26.38	25.89	25.71	25.29	25.02
Span80							
<i>pH</i>	5.50	5.60	5.65	5.73	5.85	6.05	5.50
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.990	0.992	0.991	0.993	0.993	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.7	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0	2.1
40°	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7
50°	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.85	26.70	26.66	26.57	26.53	26.44	26.10

Tablo 15. Ham Kanola yağı- Tween 80 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	7.00	6.93	6.84	6.47	6.55	6.65	7.00
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.994	0.992	0.990	0.988	0.986	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.1	1.4	1.4	1.6	1.6
40°	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.02	22.03	21.99	21.98	21.88	21.84	21.80
Tween 40							
<i>pH</i>	7.00	6.91	6.80	6.56	6.65	6.70	7.00
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.996	0.994	0.999	0.990	0.980	0.986	0.999
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6
40°	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.5
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.12	23.08	22.88	21.84	21.48	21.25	21.02
Tween 60							
<i>pH</i>	7.05	6.93	6.80	6.45	6.50	6.60	7.05
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.994	0.992	0.990	0.988	0.986	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.6
40°	1.0	1.0	1.0	1.2	1.3	1.4	1.4
50°	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.40	24.30	23.80	22.84	21.98	21.39	21.18
Tween 85							
<i>pH</i>	6.96	6.92	6.90	6.68	6.75	6.68	6.96
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.997	0.997	0.995	0.990	0.989	0.986	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
40°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1
50°	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.32	25.88	23.40	23.19	23.09	22.84	26.02
Peg 400							
<i>pH</i>	6.31	6.41	6.49	6.15	6.23	5.90	6.31
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.993	0.994	0.991	0.99	0.989	0.988	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.6
40°	1.0	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	0.8	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	24.78	24.12	23.67	23.21	22.68	21. 78	21. 40
Span80							
<i>pH</i>	6.58	6.60	6.47	6.75	6.78	6.85	6.58
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.995	0.991	0.995	0.994	0.994	0.998
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8
40°	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	24.20	23.78	23.70	23.61	23.38	23. 20	23.12

Tablo 16. Ham Kanola yağı- Tween 85 (%250) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.19	6.13	5.78	5.86	6.80	5.56	6.19
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.982	0.988	0.974	0.984	0.972	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5
40°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
50°	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.86	23.69	23.64	23.50	23.40	23.12	22.47
Tween 40							
<i>pH</i>	5.73	6.06	6.54	5.59	5.39	5.37	5.73
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.980	0.978	0.985	0.9744	0.988	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5
40°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
50°	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	24.54	24.40	23.10	23.05	22.95	22.74	22.47
Tween 60							
<i>pH</i>	5.98	5.80	5.70	5.45	5.33	5.20	5.98
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.992	0.989	0.988	0.986	0.982	0.989
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6
40°	1.0	1.0	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.56	24.78	24.68	23.56	23.38	23.28	22.56
Tween 80							
<i>pH</i>	5.66	5.75	5.75	5.80	5.70	5.70	5.66
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.984	0.983	0.98	0.981	0.988	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4
40°	1.0	1.0	1.1	1.0	1.1	1.2	1.3
50°	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.16	24.14	24.08	24.04	23.82	23.35	23.15
Peg 400							
<i>pH</i>	5.70	5.98	5.68	5.08	5.48	5.05	5.70
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.98	0.985	0.991	0.983	0.977	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5
40°	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
50°	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.34	24.81	23.95	23.88	23.81	23.59	23.32
Span80							
<i>pH</i>	5.70	5.84	5.88	5.94	5.87	5.81	5.70
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.983	0.976	0.98	0.977	0.975	0.984	0.983
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.4	1.6	1.6
40°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4	1.5
50°	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.36	25.23	25.03	24.91	24.55	24.45	24.36

Tablo 17. . Ham Kanola yağı- Span 80 (%4) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.51	6.05	6.02	5.99	6.50	5.81	6.51
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.987	0.986	0.983	0.981	0.981	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.4	1.4	1.4	1.4	1.6	1.8
40°	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.5	1.6
50°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.13	24.08	23.93	23.88	23.84	23.74	23.60
Tween 40							
<i>pH</i>	6.42	6.13	6.07	5.97	5.73	5.70	6.42
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.984	0.988	0.991	0.990	0.990	0.987	0.984
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5
40°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.4
50°	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.86	24.66	24.59	24.53	24.41	24.35	24.17
Tween 60							
<i>pH</i>	6.59	6.50	6.21	6.07	5.87	5.61	6.59
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.982	0.987	0.985	0.909	0.992	0.995	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.7	1.8
40°	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.58	26.89	26.54	25.48	25.38	25.31	24.92
Tween 80							
<i>pH</i>	6.14	7.05	5.88	5.99	6.38	6.28	6.14
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.988	0.992	0.991	0.990	0.990	0.987
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
40°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.66	25.04	25.64	24.95	24.87	24.61	23.85
Tween 85							
<i>pH</i>	6.34	6.05	6.20	6.74	6.74	7.45	6.34
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.994	0.996	0.994	0.993	0.990	0.989
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.6	1.7	1.9
40°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	25.11	24.82	24.10	24.02	23.96	23.72	23.66
Peg 400							
<i>pH</i>	6.14	5.83	5.93	5.64	5.30	5.61	6.14
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.975	0.981	0.983	0.988	0.989	0.988	0.975
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.6
40°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
50°	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi(dyn/cm)</i>	23.44	23.37	22.76	22.72	22.56	22.52	22.41

Tablo 18. . Ham Kanola yağı- Peg 400 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	7.70	7.35	6.70	6.50	5.90	5.43	7.70
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.990	0.993	0.993	0.992	0.989	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
40°	0.9	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4
50°	0.6	0.6	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	21.34	20.87	20.80	20.71	20.60	20.51	20.36
Tween 40							
<i>pH</i>	7.85	7.66	7.45	7.25	6.70	6.40	7.85
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.995	0.997	0.995	0.992	0.990	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.6	1.7
40°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.4	1.6
50°	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	21.33	20.13	19.93	19.13	19.55	19.01	18.95
Tween 60							
<i>pH</i>	6.12	5.97	5.86	5.80	5.48	5.30	6.12
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.992	0.992	0.991	0.990	0.988	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.78	23.15	22.88	22.68	22.65	22.26	22.14
Tween 80							
<i>pH</i>	7.34	7.15	7.10	6.80	6.60	6.06	7.34
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.999	0.999	0.999	0.997	0.994	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7
40°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
50°	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.90	20.06	19.94	19.87	19.79	19.73	18.90
Tween 85							
<i>pH</i>	7.55	7.37	7.39	7.05	6.88	6.71	7.55
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.992	0.990	0.989	0.987	0.984	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.7
40°	1.1	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	0.7	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.34	22.98	22.67	21.70	21.62	20.89	20.64
Span 80							
<i>pH</i>	7.25	7.50	7.56	7.60	7.50	7.32	7.25
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.997	0.996	0.995	0.999	0.998	0.997	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.13	22.60	22.55	22.31	22.19	21.87	21.56

Tablo 19. Ham kanola yağı - tekli surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktantlar	Surfaktant oranı (%)							
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0	30.0
Tween 20	1	1	1	1	2	3	3	2
Tween 40	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80	1	1	1	1	2	2	2	2
Tween 85	1	1	1	2	2	3	4	4
Peg 400	1	1	1	2	2	3	3	3
Span 80	1	1	1	2	2	1	1	1

Tablo 20. Ham kanola yağı - ikili surfaktant karışımı kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktant karışımı	% Surfaktant						
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0
Tween 20- Tween 40	2	2	2	1	1	1	1
Tween 20- Tween 60	2	2	2	1	1	1	1
Tween 20- Tween 80	2	2	2	2	3	3	2
Tween 20- Tween 85	3	3	3	3	3	3	4
Tween 20- Peg 400	3	3	3	3	3	3	3
Tween 20- Span 80	3	2	2	2	1	1	1
Tween 40- Tween 20	1	1	1	1	1	2	1
Tween 40- Tween 60	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Tween 80	1	1	1	1	2	2	2
Tween 40- Tween 85	1	1	1	2	2	2	3
Tween 40- Peg 400	1	1	1	2	2	2	2
Tween 40- Span 80	1	1	2	1	1	1	1

Tween 60- Tween 20	1	1	1	1	1	1	2
Tween 60- Tween 40	1	1	1	1	2	2	1
Tween 60- Tween 80	1	1	1	1	1	2	2
Tween 60- Tween 85	1	1	1	1	2	2	3
Tween 60- Peg 400	1	1	1	1	1	2	2
Tween 60- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 20	1	2	2	2	3	3	3
Tween 80- Tween 40	2	2	2	1	1	1	1
Tween 80- Tween 60	1	2	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 85	2	2	2	3	3	4	4
Tween 80- Peg 400	2	2	2	3	3	3	3
Tween 80- Span 80	2	2	2	1	1	1	1
Tween 85- Tween 20	3	3	3	3	3	3	2
Tween 85- Tween 40	2	2	2	2	2	1	1
Tween 85- Tween 60	2	2	2	2	2	1	1
Tween 85- Tween 80	3	4	4	4	4	3	3
Tween 85- Peg 400	3	3	4	4	4	4	3
Tween 85- Span 80	3	3	3	2	2	2	1
Span80- Tween 20	1	1	1	1	1	1	2
Span80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 80	1	1	1	1	1	2	2
Span80- Tween85	1	1	1	1	1	2	3
Span80- Peg 400	1	1	1	1	1	2	3
Peg 400- Tween 20	2	2	2	3	3	3	2
Peg 400- Tween 40	2	2	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 60	2	2	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 80	2	2	3	3	3	3	2
Peg 400- Tween85	3	3	4	4	4	4	4
Peg 400- Span 80	3	3	2	2	2	1	1

Ek 3. Ham Ayçiçeği yağının 7 farklı emülsifiyer ile tekli ve ikili yüzey aktif maddeleri (surfaktant) kullanarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri Tablo 21–30’da gösterilmiştir.

Tablo 21. Ham ayçiçeği yağı - tekli surfaktant kullanılarak elde edilen kesme sıvılarının karakteristik özellikleri

Surfaktantlar	Surfaktant oranı (%)						
	2	3	4	9	12	15	20
Tween 20							
<i>pH</i>	6.16	6.03	5.90	5.70	5.42	5.34	5.35
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.990	0.986	0.988	0.985	0.985	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
40°	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
50°	0.9	0.9	1.0	1.8	13	1.7	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.75	28.54	26.16	25.32	23.97	23.77	23.55
Tween 40							
<i>pH</i>	6.22	6.05	6.00	5.84	5.57	5.55	5.45
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.900	0.940	0.986	0.988	0.982	0.980	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7
40°	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	1.5	1.5
50°	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.53	27.80	27.41	25.54	25.13	25.03	24.02
Tween 60							
<i>pH</i>	5.81	5.95	6.13	6.07	6.2	6.33	6.8
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.990	0.992	0.989	0.992	0.988	0.986
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.6	1.7	1.7	1.9	2.0
40°	1.1	1.1	1.3	1.3	1.4	1.5	1.7
50°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.86	26.27	25.72	24.94	23.78	23.56	24.10
Tween 80							
<i>pH</i>	6.90	6.85	6.92	6.68	6.51	6.92	6.60
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	1.000	0.998	0.999	0.997	1.020	1.010	1.020
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.6	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1
40°	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5	1.8	1.8
50°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	31.75	30.14	29.32	27.18	23.23	22.55	20.24
Tween 85							
<i>pH</i>	6.61	6.70	6.82	7.00	7.15	7.35	7.41
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.999	0.997	0.998	0.995	0.993	0.990	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9
40°	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.6	1.7
50°	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	31.58	31.00	29.64	27.34	25.90	23.76	22.11
Span 80							
<i>pH</i>	6.52	6.66	7.05	7.25	7.58	7.69	7.90
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.996	0.996	0.994	0.992	0.989	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.5	1.5	1.6	1.8	2.2
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.6	1.9
50°	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	31.36	31.25	30.53	26.48	24.96	23.83	22.90

Peg 400

<i>pH</i>	6.12	6.03	5.99	5.80	5.75	5.60	5.58
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.996	0.993	0.990	0.985	0.983	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.8	1.9
40°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.8
50°	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	29.55	27.40	26.15	23.58	21.56	21.61	20.16

Tablo 22. Ham ayçiçeği yağı- Tween 20 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 40							
<i>pH</i>	6.84	6.77	6.60	6.52	6.55	6.38	6.22
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.990	0.989	0.986	0.984	0.981	0.985
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.7	1.8	1.8	1.9	2.0	2.1
40°	1.3	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8
50°	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.45	25.12	24.36	23.84	23.65	23.71	24.12
Tween 60							
<i>pH</i>	6.30	6.41	6.50	6.74	6.80	6.95	7.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.993	0.996	0.998	0.996	0.994	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.3
40°	1.2	1.3	1.5	1.5	1.8	1.8	2.0
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.2	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.07	25.41	25.14	24.99	23.14	23.25	23.78
Tween 80							
<i>pH</i>	5.40	7.04	5.72	5.88	5.95	6.08	5.57
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.997	0.989	0.992	0.993	0.997	0.984	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.8	2.0	2.3	2.8	2.8	2.9	2.9
40°	1.5	1.7	1.9	2.2	2.6	2.7	2.6
50°	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.56	22.88	22.24	22.67	23.44	24.06	24.28
Tween 85							
<i>pH</i>	5.40	5.35	5.81	5.38	5.28	5.23	5.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.98	0.983	0.983	0.986	0.989	0.985	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.7
40°	1.2	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5
50°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.75	23.255	23.00	23.10	23.10	22.58	22.84
Span 80							
<i>pH</i>	5.92	6.16	6.30	6.14	6.24	6.20	6.33
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.979	0.986	0.984	0.978	0.971	0.977	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.6	1.7	1.7	1.9	1.9	2.1
40°	1.5	1.5	1.5	1.7	1.6	1.6	1.9
50°	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.70	24.33	23.55	23.65	23.11	23.55	23.33
Peg 400							
<i>pH</i>	6.60	5.68	5.67	5.08	4.96	5.93	5.90
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.992	0.978	0.979	0.982	0.989	0.986	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.1
40°	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.6	1.8
50°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.67	24.17	24.32	24.18	23.97	24.06	23.89

Tablo 23. Ham ayçiçeği yağı- Tween 40 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	5.45	5.4	5.32	5.21	5.15	4.97	4.8
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.988	0.989	0.990	0.986	0.987	0.983
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.6	1.6	1.6	1.7
40°	1.1	1.2	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6
50°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.45	23.20	22.90	22.67	22.38	21.78	21.65
Tween 60							
<i>pH</i>	5.75	5.70	5.62	5.51	5.44	5.30	5.18
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.991	0.994	0.989	0.99	0.986	0.985
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.4	1.6	1.6	1.8
40°	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.6
50°	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.67	25.43	24.85	24.52	24.21	24.30	24.78
Tween 80							
<i>pH</i>	5.87	5.90	5.80	5.65	5.61	5.50	5.35
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.983	0.986	0.99	0.989	0.986	0.985	0.987
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.6	1.8
40°	1.1	1.1	1.1	1.3	1.4	1.5	1.6
50°	0.8	0.8	0.9	1.1	1.1	1.2	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.67	23.54	23.09	22.63	22.50	22.67	22.86
Tween 85							
<i>pH</i>	5.95	6.04	5.85	5.62	5.50	5.40	5.36
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.99	0.988	0.986	0.983	0.98	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.5
40°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.4
50°	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.67	25.21	24.95	23.85	23.53	23.56	23.95
Span 80							
<i>pH</i>	5.89	5.96	6.13	6.24	6.35	6.40	6.78
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.993	0.993	0.995	0.998	0.995	0.996	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.7	1.8
40°	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.45	24.16	23.87	23.14	22.87	22.46	22.50
Peg 400							
<i>pH</i>	6.09	6.04	5.92	5.77	5.81	5.65	5.40
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.992	0.991	0.989	0.987	0.991	0.984
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	2.1
40°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.9
50°	0.9	0.9	0.9	1.1	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.21	23.87	23.60	22.75	22.50	21.97	22.25

Tablo 24. Ham ayçiçeği yağı- Tween 60 (%9) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	5.94	5.85	5.70	5.62	5.55	5.48	5.16
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.996	0.992	0.99	0.991	0.988	0.989	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.8	1.9
40°	1.1	1.1	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7
50°	0.7	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.89	25.60	25.34	23.08	23.14	23.57	23.78
Tween 40							
<i>pH</i>	6.20	6.15	5.97	5.90	5.80	5.70	5.65
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.991	0.99	0.989	0.988	0.987	0.982
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5
50°	0.8	1.1	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.87	26.80	26.23	25.98	25.55	25.74	26.07
Tween 80							
<i>pH</i>	6.90	6.95	6.80	6.72	6.59	6.40	6.15
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.998	0.998	0.995	0.996	0.994	0.991
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.5	1.6	1.7	1.7	1.9	2.3
40°	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7	2.1
50°	0.9	0.9	1.1	1.1	1.1	1.2	1.4
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.56	27.78	27.14	26.89	26.57	26.50	26.35
Tween 85							
<i>pH</i>	5.25	5.47	5.50	5.65	5.81	6.01	6.25
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.99	0.992	0.995	0.994	0.992	0.99	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	1.9	2.0
40°	1.3	1.5	1.5	1.6	1.7	1.8	1.8
50°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.13	25.62	25.56	25.32	24.87	24.82	24.55
Span 80							
<i>pH</i>	5.30	5.47	5.69	5.86	6.05	6.20	6.45
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.994	0.995	0.994	0.996	0.994	0.994
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.6	1.7	1.8	2.0	2.1	2.4
40°	1.3	1.4	1.4	1.7	1.8	2.0	2.1
50°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.41	24.78	24.56	24.28	23.96	24.08	24.72
Peg 400							
<i>pH</i>	5.95	5.98	6.10	6.20	6.35	6.44	6.8
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.990	0.991	0.994	0.995	0.992	0.990	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.6
40°	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.4
50°	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.12	27.80	27.16	26.55	26.31	25.47	25.12

Tablo 25. Ham ayçiçeği yağı- Tween 80 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.92	6.87	6.71	6.6	6.55	6.4	6.33
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.992	0.99	0.989	0.986	0.983	0.980
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7
40°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4
50°	0.7	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.92	26.50	25.75	24.86	24.33	24.58	24.55
Tween 40							
<i>pH</i>	5.15	5.2	5.3	5.41	5.55	5.67	5.8
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.997	0.995	0.993	0.994	0.991	0.99	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.5	1.6	1.6	1.8	2.1
40°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8
50°	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.90	27.61	26.84	26.12	25.64	24.45	24.21
Tween 60							
<i>pH</i>	6.70	6.76	6.91	7.02	7.20	7.34	7.55
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.99	0.99	0.992	0.99	0.993	0.996
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.5	1.7
40°	1.0	1.0	1.1	1.3	1.3	1.3	1.5
50°	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.56	27.78	27.14	26.89	26.57	26.50	26.35
Tween 85							
<i>pH</i>	6.29	6.42	6.55	6.6	6.87	7.01	7.20
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.998	0.998	0.993	0.995	0.997	0.998	0.998
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.5	1.5	1.7	1.7	1.8	2.1	2.3
40°	1.3	1.3	1.5	1.5	1.7	1.8	2.1
50°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	28.76	28.12	27.88	26.42	25.87	25.11	24.55
Span 80							
<i>pH</i>	6.57	6.65	6.6	6.73	6.85	7.06	7.11
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.989	0.989	0.99	0.993	0.995	0.998	0.998
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.6	1.7	1.9	1.9	2.1	2.1	2.4
40°	1.4	1.4	1.6	1.7	1.8	1.8	2.2
50°	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.5
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.51	23.39	23.35	22.97	22.74	22.17	21.75
Peg 400							
<i>pH</i>	5.91	5.99	6.16	6.20	6.25	6.34	6.38
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.983	0.988	0.985	0.989	0.99	0.99	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	2.1
40°	1.1	1.1	1.2	1.4	1.4	1.6	1.8
50°	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.12	24.86	24.52	23.76	23.66	23.33	23.58

Tablo 26. Ham ayçiçeği yağı- Tween 85 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.71	6.55	6.40	6.35	6.20	6.07	5.75
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.996	0.989	0.985	0.982	0.984	0.978
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.3	1.5	1.5	1.6
40°	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
50°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.57	24.43	23.54	23.31	23.39	23.37	23.35
Tween 40							
<i>pH</i>	7.15	7.05	6.92	6.80	6.53	6.41	6.27
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.993	0.991	0.993	0.990	0.987	0.985
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3
50°	0.8	0.8	0.8	1.0	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.02	23.89	23.56	23.16	23.53	23.74	24.19
Tween 60							
<i>pH</i>	6.67	6.98	7.04	7.12	7.23	7.36	7.25
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.987	0.989	0.992	0.990	0.992	0.994	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
40°	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5	1.5
50°	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.54	26.32	25.58	24.87	24.63	23.47	23.56
Tween 80							
<i>pH</i>	6.97	6.80	6.65	6.67	6.69	6.54	6.65
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.978	0.98	0.983	0.981	0.988	0.991	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
40°	0.8	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
50°	0.7	0.7	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.39	24.29	24.24	24.09	23.98.5	23.96	23.91
Span 80							
<i>pH</i>	7.40	7.16	7.05	6.92	6.90	6.96	6.97
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.985	0.988	0.992	0.996	0.989	0.996	0.997
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	2.0
40°	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.8
50°	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.51	23.39	23.35	22.97	22.74	22.17	21.75
Peg 400							
<i>pH</i>	6.90	6.74	6.65	6.64	6.68	6.56	6.51
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.983	0.982	0.986	0.984	0.991	0.993	0.993
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
40°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
50°	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.42	25.29	24.66	24.84	24.67	24.22	24.07

Tablo 27. Ham ayçiçeği yağı- Span 80 (%4) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	8.15	8.02	7.89	7.58	7.38	7.27	6.24
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.977	0.981	0.980	0.975	0.982	0.986
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
40°	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1
50°	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.55	23.61	23.99	23.16	23.37	23.49	23.74
Tween 40							
<i>pH</i>	5.72	5.56	5.43	5.35	5.20	5.28	5.21
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.994	0.994	0.992	0.991	0.990	0.990	0.989
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6
40°	1.2	1.1	1.3	1.4	1.4	1.4	1.4
50°	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.56	23.10	22.68	21.74	21.23	20.98	20.08
Tween 60							
<i>pH</i>	6.20	6.35	6.37	6.31	6.45	6.54	6.66
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.994	0.996	0.994	0.992	0.990	0.989
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
40°	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.5
50°	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.62	23.47	23.12	22.98	22.23	21.42	21.56
Tween 80							
<i>pH</i>	7.1	7.12	8.08	7.17	7.05	7.19	7.22
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.977	0.988	0.973	0.979	0.981	0.988	0.983
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	0.9	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2
40°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1
50°	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	0.9	0.9
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.17	23.48	24.14	24.65	25.16	24.52	24.16
Tween 85							
<i>pH</i>	7.11	7.07	6.75	6.97	7.04	6.92	6.9
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.98	0.981	0.986	0.988	0.982	0.972	0.976
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	0.9	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
40°	0.7	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
50°	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.8
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.64	23.02	23.63	23.91	24.10	23.80	23.33
Peg 400							
<i>pH</i>	7.15	7.18	7.09	7.04	7.03	6.94	6.93
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.988	0.982	0.976	0.971	0.976	0.982	0.981
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	0.7	1.0	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3
40°	0.6	0.8	0.8	1.0	1.1	1.1	1.2
50°	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	0.9	1.1
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.57	23.42	23.24	23.33	24.17	24.31	24.99

Tablo 28. Ham ayçiçeği yağı- Peg 400 (%20) karışımına farklı miktarlarda eklenen ikinci surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarının karakterizasyonu

İkinci surfaktant	% İkinci surfaktant						
	2%	3%	4%	9%	12%	15%	20%
Tween 20							
<i>pH</i>	6.03	6.10	6.17	6.23	6.46	6.18	6.02
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.979	0.978	0.987	0.984	0.980	0.990
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.5	1.6	1.6	1.7	1.7	1.8
40°	1.2	1.4	1.4	1.5	1.5	1.6	1.7
50°	0.9	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	24.17	23.24	22.89	22.82	22.76	22.49	22.41
Tween 40							
<i>pH</i>	7.14	7.30	6.88	6.92	6.75	6.70	6.31
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.991	0.990	0.993	0.991	0.989	0.987	0.985
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	1.9	2.0
40°	1.1	1.2	1.2	1.4	1.6	1.7	1.7
50°	0.8	0.9	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	26.02	25.63	24.99	24.62	23.81	23.57	23.55
Tween 60							
<i>pH</i>	6.97	6.72	6.85	6.60	6.55	6.12	5.79
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.993	0.994	0.990	0.991	0.989	0.987	0.987
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.4	1.5	1.7	1.7	1.8
40°	1.2	1.3	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6
50°	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	27.91	27.14	26.64	26.11	25.43	25.14	24.98
Tween 80							
<i>pH</i>	6.61	6.53	6.32	6.40	6.71	6.79	6.63
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.981	0.980	0.982	0.985	0.979	0.982	0.992
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.4	1.5	1.6	1.6	1.6	1.7	1.9
40°	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.6	1.6
50°	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.3	1.3
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	25.65	23.57	23.34	23.20	23.19	22.89	22.71
Tween 85							
<i>pH</i>	7.33	7.31	7.27	7.15	7.02	6.80	6.92
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.995	0.995	0.992	0.990	0.987	0.989	0.986
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6
40°	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.5
50°	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	23.13	22.90	22.88	22.81	22.59	22.53	22.17
Span 80							
<i>pH</i>	6.92	7.06	7.21	7.22	7.30	7.08	7.09
<i>Yoğunluk(g/cm³)</i>	0.997	0.989	0.984	0.983	0.983	0.981	0.988
<i>Viskozite(cSt)</i>							
30°	1.1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.5
40°	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2
50°	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	1.0
<i>Yüzey gerilimi (dyn/cm)</i>	22.93	22.80	22.62	22.55	22.34	21.75	21.61

Tablo 29. Ham ayçiçeği yağı - tekli surfaktant kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktantlar	Surfaktant oranı (%)							
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0	30.0
Tween 20	1	1	1	2	2	3	3	3
Tween 40	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60	1	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80	1	1	1	2	2	2	2	1
Tween 85	1	1	1	2	2	3	4	4
Peg 400	1	1	1	2	2	3	3	3
Span 80	1	1	1	2	2	1	1	1

Tablo 30. Ham ayçiçeği yağı - ikili surfaktant karışımı kullanarak hazırlanan kesme sıvılarında emülsiyon stabiliteleri

Surfaktant karışımı	% Surfaktant						
	2.0	3.0	4.0	9.0	12.0	15.0	20.0
Tween 20- Tween 40	2	2	2	1	1	1	1
Tween 20- Tween 60	2	3	2	1	1	1	1
Tween 20- Tween 80	2	2	2	2	3	3	2
Tween 20- Tween 85	3	3	3	3	3	3	4
Tween 20- Peg 400	3	3	3	3	3	3	3
Tween 20- Span 80	3	3	2	1	1	1	1
Tween 40- Tween 20	1	1	1	1	1	1	2
Tween 40- Tween 60	1	1	1	1	1	1	2
Tween 40- Tween 80	1	1	1	1	1	2	2
Tween 40- Tween 85	1	1	1	1	2	2	3
Tween 40- Peg 400	1	1	1	1	2	2	2
Tween 40- Span 80	1	1	1	1	1	1	1

Tween 60- Tween 20	1	1	1	1	1	2	2
Tween 60- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 60- Tween 85	1	1	1	2	2	2	3
Tween 60- Peg 400	1	1	1	1	2	1	2
Tween 60- Span 80	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 20	1	1	1	2	2	3	3
Tween 80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Tween 80- Tween 85	2	2	2	2	2	4	4
Tween 80- Peg 400	2	2	2	2	2	3	3
Tween 80- Span 80	1	2	2	1	1	1	1
Tween 85- Tween 20	2	2	3	3	3	3	3
Tween 85- Tween 40	2	2	2	2	1	1	1
Tween 85- Tween 60	2	2	2	2	2	1	1
Tween 85- Tween 80	3	4	4	4	4	4	3
Tween 85- Peg 400	3	4	4	4	3	3	3
Tween 85- Span 80	3	3	3	2	2	2	1
Span80- Tween 20	1	1	1	1	1	2	2
Span80- Tween 40	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 60	1	1	1	1	1	1	1
Span80- Tween 80	1	1	1	1	2	2	2
Span80- Tween85	1	1	1	1	2	2	3
Span80- Peg 400	1	1	1	1	1	2	3
Peg 400- Tween 20	2	2	2	3	3	3	3
Peg 400- Tween 40	2	2	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 60	2	1	1	1	1	1	1
Peg 400- Tween 80	2	2	3	3	3	3	2
Peg 400- Tween85	3	3	4	4	4	4	4
Peg 400- Span 80	3	3	3	2	2	2	2
