

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇÖZÜNÜRLEŞTİRİCİLERLE YAĞ VE SUYUN KARŞILIKLI
ÇÖZÜNÜRLÜĞÜNÜN
ARTTIRILMASI**

Tahir BAKKAL

Doktora Tezi

FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet İŞCAN

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü onayı

Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylıyorum.

Prof. Dr. Ayten SAĞIROĞLU
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mehmet İŞCAN
Tez Danışmanı

Bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından Kimya Anabilim Dalında bir Doktora tezi olarak oy birliği/oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

İmza

Prof. Dr. Mehmet İŞCAN

Prof. Dr. Yüksel BAYRAK

Prof. Dr. Seyfettin DALGIÇ

Doç. Dr. Murat ATEŞ

Yard. Doç. Dr. Ünal GEÇGEL

Tarih: 6 /6 /2014

**T.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİKOKİMYA DOKTORA PROGRAMI**

DOĞRULUK BEYANI

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

Tahir BAKKAL

6/ 6/ 2014

Doktora Tezi

Çözünürleştiricilerle Yağ ve Suyun Karşılıklı Çözünürlüğünün Arttırılması

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

ÖZET

Mikroemülsiyonların yapısı sistemi oluşturan bileşenlerin fizikokimyasal özelliklerinden, bileşen aralarındaki orandan, ortamdaki elektrolitlerden ve sıcaklıktan etkilenir. Bu çalışmada, polioksi etilen tipi iyonik olmayan zayıf surfaktanlar ile değişik yağ ve su fazlarının oluşturduğu mikroemülsiyonlar incelenmiş ve surfaktan karışımlarının çözünürleştirme üzerine etkisi araştırılmıştır. C_1E_3 ve C_2E_4 tabanlı sistemlerde Brij 35'in ilave edilmesi faz diyagramında ortaya çıkan tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanının artmasına yol açmıştır. İncelenen sistemler arasında yağ olarak heksan içeren sistemin ara yüzeye nüfuz etme oranının en büyük, mikroemülsiyon damlacıkları arasındaki etkileşim gücü bakımından ise en küçük değere sahip olduğu görülmüştür. C_2E_4 /Brij35(1/1) / butanol/ hekzan/tuzlu su sisteminde optimum tuzluluk oranının %3 NaCl değerine eşit olduğu, bu oran ya da daha düşük oranda tuz içeren sistemlerde yağ/tuzlu su ve tuzlusu/ yağ mikroemülsiyonları arasında bir geçiş hali bulunmuştur.

Yıl : 2014

Sayfa Sayı : 116

Anahtar Kelimeler : Mikroemülsiyon, iyonik olmayan surfaktan, faz davranışı, titrasyon,elektriksel iletkenlik.

Doctorate Thesis

Increasing the Mutual Solubility of Oil and Water by Solubilizer

Trakya University Institute of Natural Sciences

Chemistry

ABSTRACT

The structure of microemulsions is effected by the physicochemical properties of components, the ratio of components, electrolytes adding to medium and temperature. In this study, The microemulsions in the system containing polyoxyethylene type nonionic weak surfactants, various hydrocarbons as oil and water has been studied and the influence of mixed surfactants on solubilisation has been investigated. In the systems based on $C_{12}E_3$ and $C_{12}E_4$, adding Brij 35 to the system has been led to increase of the total monophasic region in the phase diagram. Among the systems studied, it is seen that the system containing hexane as oil has more ratio of molecules penetrating into the interface, but smaller than others in terms of the interdroplet attractive interactions. In the system consisting of $C_{12}E_4$ /Brij 35(1/1)/ buthanol/ hexane/ brine it is found that the optimum salinity ratio was %3 NaCl . The systems equal to or smaller than this ratio has a transition state between oil in brine and brine in oil microemulsions

Year : 2014

Number of pages : 116

Keywords : Microemulsions , nonionic surfactants, phase behaviour, titration, electrical conductivity.

SİMGELER DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
HLB	Hidrofil-liyofil denge
PIT	Surfaktanın hidrofil-liyofil özelliklerinin dengelendiği sıcaklık
SAXS	X ışınının saçılması
SANS	Küçük açı nötron saçılması
SD-NMR	Self-diffüzyon nükleer manyetik rezonans
QELS	Yarı elastik ışık saçılma
C_iE_j	İyonik olmayan surfaktanların genel özelliklerini iyi sergileyen n-alkil poliglikoller
W_m	Suyun maksimum çözünürleştirme sabiti
cmc	Kritik misel konsantrasyonu
R	Surfaktan ve yağ arasındaki etkileşim enerjisi
H	Ara yüzey eğimi
Brij35	Polioksietilen (23) lauril eter
SDS	Sodyum Dodesil Sulfat
C_2E_4	Tetraetilen glikol dimetil eter
C_1E_3	Trietilen glikol monometil eter
C_4E_1	Etilen glikol butil eter
C_6E_2	Dietilen glikol monoheksil eter

TEŞEKKÜRLER

Bu uzun soluklu ve yoğun geçen bir süreci kapsayan doktora eğitimimde bilgisi ve engin deneyimleri ile bana yol gösteren ve nereye doğru gittiğim konusunda en doğru biçimde bana kılavuzluk yapan değerli hocam Prof. Dr. Mehmet İŞCAN'a , bu süre zarfında yapıcı eleştirileri ve yorumları ile katkıda bulunan Prof. Dr. Yüksel BAYRAK ve Prof. Dr. Seyfettin DALGIÇ' a içtenlikle teşekkürü bir borç bilirim.

Her eğitim döneminin gizli kahramanları aileme, özellikle küçük oğlum Melih Yasin BAKKAL' a tatil döneminin çoğunu benimle geçirip sabırla grafik çizimlerinde bana yardımcı olduğu için içtenlikle teşekkür ederim.

Bu doktora tez çalışması Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı (TÜBAP) tarafından " çözümlenirleştircilerle yağ ve suyun karşılıklı çözümlülüğünün artırılması " başlıklı TÜBAP 2011/137 sayılı proje nolu çalışma olarak desteklenmiştir.

Desteklerinden dolayı Trakya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri komisyonuna teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	İ
ABSTRACT.....	İİ
SİMGELER DİZİNİ.....	İİİ
TEŞEKKÜRLER.....	İV
İÇİNDEKİLER.....	V
ŞEKİLLERİ DİZİNİ.....	Vİİ-X
TABLolar DİZİNİ.....	Xİ-XİV
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	5
GENEL BİLGİLER	5
2.1. Mikroemülsiyonlar.....	5
2.2. Faz Diyagramları.....	9
2.3. İyonik Olmayan Sürfaktanların Çözünürleştirme Kapasiteleri.....	12
2.4. Çözünürleştirme Parametreleri.....	14
BÖLÜM 3.....	16
MATERYAL VE METOD.....	16
3.1. Deneysel Çalışmalar.....	16
3.1.1. Materyaller.....	16
3.1.2. Faz Diyagramının Çizilmesi.....	17
3.1.3. Çözünürleştirme Parametreleri.....	18
3.1.4. İletkenlik Ölçümü.....	18

BÖLÜM 4.....	20
SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	20
4.1. Sonuçlar.....	20
4.1.1. C_1E_3 , C_2E_4 , C_6E_2 , C_2E_6 Sürfaktanları +1-Butanol/n-Heksan/Su Sisteminde Faz Davranışı.....	22
4.1.2. C_1E_3 +1-Butanol/n-Pentan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	27
4.1.3. C_1E_3 +1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	31
4.1.4. C_1E_3 +1-Butanol/n-Heptan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	35
4.1.5. C_1E_3 +1-Butanol/n-Oktan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	39
4.1.6. C_2E_4 +1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	44
4.1.7. C_6E_2 + 1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	49
4.1.8. Brij 35 +1-Butanol/n-Heptan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	54
4.1.9. C_1E_3 /Brij 35+1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	57
4.1.10. C_2E_4 /Brij 35(1:1)+1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	61
4.1.11. C_6E_2 /Brij 35+1-Butanol/n-Heksan/Tuzlu Su Sisteminin Faz Davranışı.....	66
4.2.1. C_1E_3 +1-Butanol/n-Heksan/Su Sisteminin Elektriksel Davranışı.....	71
4.2.2. C_2E_4 +1-Butanol/Su Sisteminin Elektriksel Davranışı.....	76
4.2.3. C_6E_2 +1-Butanol/Su Sisteminin Elektriksel Davranışı.....	82
TARTIŞMA.....	88
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	100

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.1.1. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	22
Şekil 4.1.1.2. 25 ⁰ C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	23
Şekil 4.1.1.3. 25 ⁰ C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	24
Şekil 4.1.1.4. 25 ⁰ C de C ₂ E ₆ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	25
Şekil 4.1.1.5. C ₆ E ₂ , C ₂ E ₄ , C ₁ E ₃ ve C ₂ E ₆ Sürfaktanlarının Su Sistemindeki Çözünürleştirme Limitleri Grafiği.....	26
Şekil 4.1.2.1. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	27
Şekil 4.1.2.2. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	28
Şekil 4.1.2.3. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	29
Şekil 4.1.2.4. 25 ⁰ C de Tri Etilen Glikol Mono Metil Eter, 1-Butanol , n-Pentan ve %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği.....	30
Şekil 4.1.3.1. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	31
Şekil 4.1.3.2. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	32
Şekil 4.1.3.3. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	33
Şekil 4.1.3.4. 25 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	34

Şekil 4.1.4.1. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	35
Şekil 4.1.4.2. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	36
Şekil 4.1.4.3. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	37
Şekil 4.1.4.4. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	38
Şekil 4.1.5.1. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	39
Şekil 4.1.5.2. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	40
Şekil 4.1.5.3. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	41
Şekil 4.1.5.4. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	42
Şekil 4.1.5.5. C ₁ E ₃ + 1-Butanol ve Çalışılan Yağların Su Sistemindeki Grafiği.....	43
Şekil 4.1.6.1. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	44
Şekil 4.1.6.2. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	45
Şekil 4.1.6.3. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	46
Şekil 4.1.6.4. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	47
Şekil 4.1.6.5. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği.....	48
Şekil 4.1.7.1. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	49
Şekil 4.1.7.2. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	50

Şekil 4.1.7.3. 25°C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	51
Şekil 4.1.7.4. 25°C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	52
Şekil 4.1.7.5. 25°C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği.....	53
Şekil 4.1.8.1. 25°C de Brij35 + 1-Butanol, n-Heptan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	54
Şekil 4.1.8.2. 25°C de Brij35 + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	55
Şekil 4.1.8.3. 25°C de Brij35 + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	56
Şekil 4.1.9.1. 25°C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	57
Şekil 4.1.9.2. 25°C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	58
Şekil 4.1.9.3. 25°C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	59
Şekil 4.1.9.4. 25°C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl, %1 NaCl, Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	60
Şekil 4.1.10.1. 25°C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	61
Şekil 4.1.10.2. 25°C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	62
Şekil 4.1.10.3. 25°C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	63
Şekil 4.1.10.4. 25°C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	64
Şekil 4.1.10.5. 25°C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	65
Şekil 4.1.11.1. 25°C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	66

Şekil 4.1.11.2. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	67
Şekil 4.1.11.3. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	68
Şekil 4.1.11.4. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	69
Şekil 4.1.11.5. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği	70
Şekil 4.2.1.1. C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	72
Şekil 4.2.1.2. C ₁ E ₃ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	74
Şekil 4.2.1.3. C ₁ E ₃ , C ₁ E ₃ / Brij35 ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri Grafiği.....	75
Şekil 4.2.2.1. C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	77
Şekil 4.2.2.2. C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	80
Şekil 4.2.2.3. C ₂ E ₄ , C ₂ E ₄ / Brij35 Temelli Sisteminde Elektriksel İletkenliğinin Su Kesri ile Değişimi Grafiği.....	81
Şekil 4.2.3.1. C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	84
Şekil 4.2.3.2. C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin 30 ^o C de Elektriksel İletkenlik Değerlerinin Su Kesriyle Değişimi Grafiği	86
Şekil 4.2.3.3. C ₆ E ₂ , C ₆ E ₂ / Brij35 Temelli Sisteminde Elektriksel İletkenliğinin Su Kesri ile Değişimi Grafiği.....	87

TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1.1.1. 25 °C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	22
Tablo 4.1.1.2. 25°C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	23
Tablo 4.1.1.3. 25°C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	24
Tablo 4.1.1.4. 25°C de C ₂ E ₆ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	25
Tablo 4.1.1.5. C ₁ E _J + 1- Butanol, n-Heksan Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) Surfaktan Tipine Göre Değişimi	26
Tablo 4.1.2.1. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	27
Tablo 4.1.2.2. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	28
Tablo 4.1.2.3. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Pentan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	29
Tablo 4.1.2.4. C ₁ E ₃ + 1- Butanol, n-Pentan Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi	30
Tablo 4.1.3.1. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	31
Tablo 4.1.3.2. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	32
Tablo 4.1.3.3. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	33
Tablo 4.1.3.4. C ₁ E ₃ + 1- Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi	34
Tablo 4.1.4.1. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	35
Tablo 4.1.4.2. 25°C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	36

Tablo 4.1.4.3. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	37
Tablo 4.1.4.4. C ₁ E ₃ + 1- Butanol, n-Heptan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	38
Tablo 4.1.5.1. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	39
Tablo 4.1.5.2. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	40
Tablo 4.1.5.3. 25 ^o C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Oktan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	41
Tablo 4.1.5.4. C ₁ E ₃ + 1- Butanol, n-Oktan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	42
Tablo 4.1.5.5. C ₁ E ₃ + 1-Butanol ve Çalışılan Yağların Su Sisteminnin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanın (% A _T) Değerleri.....	43
Tablo 4.1.6.1. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	44
Tablo 4.1.6.2. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	45
Tablo 4.1.6.3. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	46
Tablo 4.1.6.4. 25 ^o C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	47
Tablo 4.1.6.5. C ₂ E ₄ + 1- Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	48
Tablo 4.1.7.1. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	49
Tablo 4.1.7.2. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	50
Tablo 4.1.7.3. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	51
Tablo 4.1.7.4. 25 ^o C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	52

Tablo 4.1.7.5. C ₆ E ₂ + 1- Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	53
Tablo 4.1.8.1. 25 ^o C de Brij35 + 1-Butanol, n-Heptan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	54
Tablo 4.1.8.2. 25 ^o C de Brij35 + 1-Butanol, n-Heptan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	55
Tablo 4.1.8.2. 25 ^o C de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (A _T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi.....	56
Tablo 4.1.9.1. 25 ^o C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	57
Tablo 4.1.9.2. 25 ^o C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	58
Tablo 4.1.9.3. 25 ^o C de C ₁ E ₃ / Brij 35(1:1) + 1-Butanol,n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	59
Tablo 4.1.9.4. C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	60
Tablo 4.1.10.1. 25 ^o C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	61
Tablo 4.1.10.2. 25 ^o C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol,n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	62
Tablo 4.1.10.3. 25 ^o C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	63
Tablo 4.1.10.4. 25 ^o C de C ₂ E ₄ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	64
Tablo 4.1.10.5. C ₂ E ₄ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	65
Tablo 4.1.11.1. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	66
Tablo 4.1.11.2. 25 ^o C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %1 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	67

Tablo 4.1.11.3. 25 ⁰ C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %3 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	68
Tablo 4.1.11.4. 25 ⁰ C de C ₆ E ₂ / Brij35 + 1-Butanol, n-Heksan ve %5 NaCl Su Sisteminde Çözünürleştirme Limitleri.....	69
Tablo 4.1.11.5. C ₆ E ₂ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan Tuzlu Su Sisteminin Faz Diyagramında Görülen Tek Fazlı Bölge Alanının (% A _T) NaCl Konsantrasyon ile Değişimi.....	70
Tablo 4.2.1.1. 30 ⁰ C de C ₁ E ₃ + 1-Butanol, n-Heksan ve Tuzlu Su Sisteminin İletkenlik Değerleri.....	71-72
Tablo 4.2.1.2. 30 ⁰ C de C ₁ E ₃ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin Elektriksel İletkenlik Değerleri.....	73
Tablo 4.2.2.1. 30 ⁰ C de C ₂ E ₄ + 1-Butanol, n-Heksan ve Tuzlu Su Sisteminin İletkenlik Değerleri.....	76
Tablo 4.2.2.2. 30 ⁰ C de C ₂ E ₄ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin Elektriksel İletkenlik Değerleri.....	78-79
Tablo 4.2.3.1. 30 ⁰ C de C ₆ E ₂ + 1-Butanol, n-Heksan ve Tuzlu Su Sisteminin İletkenlik Değerleri.....	82-83
Tablo 4.2.3.2. 30 ⁰ C de C ₆ E ₂ / Brij35(1:1) + 1-Butanol, n-Heksan ve Su Sisteminin Elektriksel İletkenlik Değerleri.....	85-86

BÖLÜM I

GİRİŞ

Polar bir bileşik olan su ile genel olarak yağ adı verilen apolar çözücülerin birbiri ile karışmadığı bilinmektedir. Ancak, yüzey aktif madde ilave edildiğinde bu maddeler birbiri içerisinde homojen olarak karışabilir. Sürfaktan adı da verilen bu ilave maddeler su tarafından çekilen bir polar baş grup ile su tarafından itilen apolar hidrokarbon zincirinden oluşan organik moleküllerdir. Bu nedenle, bu bileşiklere baş ve kuyruk kısımları farklı elektrik yükü taşıyan kimyasal dipol olarak da bakılabilir [1 – 5]. Polar ve apolar sıvıların ara yüzeyinde surfaktan monomerlerinin baş grupları polar çözücü fazında yer alırken kuyruk kısımları da apolar fazda bulunur. Bu nedenle, iki faz arasındaki ara yüzeyde surfaktan monomerlerini tek tabakalı bir film oluşturur. Sürfaktan konsantrasyonu artacak olursa, bu monomoleküler film tabakası doyar. Bu halde, sıvılarda üç farklı davranış ortaya çıkar. Zıt yüklü grupların itmesi sebebiyle fazlardan birinde misel oluşurken, sıvıların birisi içerisinde diğerinin dağılması sonucunda ara yüzey büyür ve mikroemülsiyon ortaya çıkar. Ayrıca, bunların dışında sıvı kristal fazı da görülebilir. Bütün bu yapılar termodinamik bakımdan kararlıdır [6 – 10].

Mikroemülsiyon terimi ilk olarak Schulman vd.[11] tarafından kullanılmıştır. Moleküler olarak dağılmış homojen karışımların uygun faz ortamında su ya da yağın üniform damlacıklarının dağıldığı optikçe izotropik saydam su ve yağ dispersiyonu olan mikroemülsiyonlar termodinamik bakımdan kararlı olup çok düşük ara yüzey gerilimine sahiptir [12 – 13]. İstemli oluşum, saydamlık, düşük vizkosite, termodinamik kararlılık, ve yüksek çözünürleştirme kapasitesi gibi fizikokimyasal özelliklerinden dolayı mikroemülsiyonlara uygulama alanlarında ilgi artmıştır [14 – 16]. Mikroemülsiyonların lipofilik ve hidrofilik maddeleri büyük oranda çözünürleştirme, ekstraksiyonda seçiciliğe imkan sağlama gibi özelliklerinden de

teknolojide yararlanılmıştır[17]. Diğer surfaktan çözeltilerine karşı mikroemülsiyonların asıl üstünlüğü son derece düşük yüzey gerilime (10^{-3} m N/m den daha düşük) sahip olmalarıdır [18 – 19]. Mikroemülsiyon sistemlerinde ortaya çıkan bu düşük arayüzey geriliminden ekstraksiyon prosesleri kadar yağların geri kazanımının artırılması, toprak kirliliğinin azaltılması gibi proseslerinde de yararlanır [20].

Bazı uygulamalarda mikroemülsiyonlar ve emülsiyonları kullanmak mümkündür. Bununla birlikte, mikroemülsiyonların önemli bir üstünlüğü vardır. Mikroemülsiyonlar kararlıdır ve istemli bir şekilde oluştuklarından elde edilişlerin de düşük enerji girişi gerekli olur [21]. Çözünürleştirmenin önem taşıdığı ilaç, gıda, kozmetik, tekstil boyama gibi uygulamalarda mikroemülsiyonlar geniş ölçüde kullanılır [14 – 15]. Yukarıda kısaca söz konusu edilen mikroemülsiyonların özelliklerini geniş ölçüde incelenmiştir [22 – 28] .

Mikroemülsiyonların termodinamik bakımdan kararlılığını inceleyen Ruckenstein ve Chi [29] mikroemülsiyon oluşum serbest enerjisi üzerine [1] ara yüzey serbest enerjisinin, [2] damlacıklar arasındaki etkileşim enerjisinin ve [3] dispersiyon entropisinin katkısı olduğunu belirtmiştir. Bu termodinamik etkenlerin analizi sonucunda damlacıklar arasındaki etkileşimin ihmal edilebileceği , ara yüzey gerilimi çok düşük olduğundan oluşum serbest enerjisinin sıfır olabileceği yaklaşımından mikroemülsiyonların termodinamik kararlılığının dispersiyon entropisi ile sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır [29 – 31].

İyonik olmayan surfaktanların faz davranışlarının sıcaklığın fonksiyonu olarak incelenmesi etoksilendirilmiş iyonik olmayan surfaktanların hidrofil-liyofil denge ve ,HLB, özelliklerinin büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olduğunu göstermiştir [32 – 35]. Surfaktanın hidrofil-liyofil özelliklerinin dengelendiği sıcaklığa HLB sıcaklığı yada faz inversiyon sıcaklığı (PIT) denilir. Bu sıcaklıkta yağın sudaki maksimum çözünürlüğü elde edilirken, ara yüzey geriliminin de en düşük değeri ölçülür. Hidrofobik özelliğin ampirik bir göstergesi olan HLB ara yüzeyde yerleşmiş surfaktan moleküllerinin polar grupları başına düşen ara yüzey alanını artıran kısa yada orta zincir uzunluğuna sahip kosurfaktan da denilen alkollerin ilavesi ile değiştirilebilir. Kosurfaktanın ara yüzeydeki surfaktan filmine nüfuz etmesi su/yağ ara yüzeyinde hidrofobik grupların daha serbest bir biçimde hareket etmesine yol açar [36 – 38]

Sıcaklık ve bileşenlerin değişmesi ile faz sınırları hakkında bilgi edinilebildiğinden mikroemülsiyon sistemlerinin faz davranışlarının incelenmesi önem taşımaktadır. Faz davranışlarını incelemek suretiyle farklı surfaktanların etkinliği karşılaştırılabildiği gibi mikroemülsiyon fazındaki yapısal değişimler hakkında da sonuç çıkarılabilir.

Karmaşık yapısından dolayı mikroemülsiyonların karakteristik özelliklerini ortaya çıkarmak oldukça güçtür. Bu bakımdan çeşitli tekniklerden yararlanır. Mikroemülsiyonların mikro yapılarını incelemek için küçük açı X-ışın saçılması (SAXS), küçük açı nötron saçılması (SANS), self-diffüzyon nükleer manyetik rezonans (SD-NMR) ve yarı elastik ışık saçılma (QELS) gibi ileri teknikler geniş ölçüde kullanılmıştır [39 – 42]. Her bir tekniğe ilişkin sınırlamalar mevcut olduğundan mikroemülsiyonların yapıları ve fizikokimyasal özellikleri hakkında doyurucu bilgi elde etmek için elektron mikroskobu [43 – 46], yüzey gerilim[47 – 49], elektriksel iletkenlik [50 – 52] ve viskozite [53 – 54] gibi tamamlayıcı tekniklere de başvurulmuştur.

Mikroemülsiyon damlacıklarının hidrodinamik yarıçapını ve damlacıklar arasındaki etkileşimi belirlemek için sistemdeki suyun hacim kesrinin fonksiyonu olarak viskozite ölçülmüştür. Bazı mikroemülsiyonlar su ile aynı davranışı gösterir. Bu mikroemülsiyonlar için damlacıkların hidrodinamik hacmi Einstein denkleminde hesaplanabilir[55].

Mikroemülsiyonun sürekli fazını bulmak için elektriksel iletkenlik ölçümlerinden geniş ölçüde yararlanmıştır[55 – 57]. İletkenlik ölçümlerinde yağ/su ve su/yağ emülsiyonları arasındaki fark kolaylıkla belirlenir. Mikroemülsiyonlar da ise bazı su/yağ mikroemülsiyon sistemlerinde düşük hacim kesirlerinde iletkenlikte keskin bir artışın görülmesi sebebiyle karmaşık davranış ortaya çıkar[59 – 60]. İyonik olmayan surfaktan sistemlerinin iletkenliği ölçüldüğünde su yerine genellikle yapısal değişikliğe yol açmayacak ölçüde 10^{-2} - 10^{-3} M konsantrasyonda elektrolitik çözelti kullanılır[61].

Polioksietilen tipi iyonik olmayan surfaktanlar mikroemülsiyonların uygulama alanlarında en yaygın olarak kullanılan surfaktanlardır. Eğer iyonik olmayan surfaktanların hidrofil-liyofil dengesi verilen bir su-yağ sistemi için dengelenirse kosurfaktan kullanmadan orta faz mikroemülsiyonu oluşur. Polioksietilen tipi iyonik

olmayan surfaktanlar hidrofilik polioksietilen zincirindeki konformasyonel değişme sonucunda meydana gelen dehidratasyon nedeniyle sıcaklık artışı ile oldukça lipofilik özellik kazanır [60]. Düşük sıcaklıklarda yağ/su mikroemülsiyonu oluşurken yüksek sıcaklıklarda su/yağ mikroemülsiyonu oluşur. Geçiş sıcaklığında ise çözünürleşme maksimum değere ulaşır ve orta faz mikroemülsiyonu aşırı su ve yağ fazları ile birlikte bulunur. Üç bileşenli sistem için sabit basınçta serbestlik derecesi bir olur[61].

Yapısal bakımdan mikroemülsiyonların üç temel tipi vardır. Birincisi yağın sudaki dispersiyonu olan yağ/su , (Winsor Tip I), ikincisi suyun yağdaki dispersiyonu su/yağ, (Winsor Tip II), ve üçüncüsü da suyun ve yağın eşit miktarlarını içeren iki dağılım ortamlı mikroemülsiyon tipi (Winsor Tip III) [62]. Yağın hacim kesrinin düşük olduğu sistemlerde mikroemülsiyon tipi Tip I iken suyun hacim kesrinin düşük olduğu sistemlerde ise Tip II mikroemülsiyonu oluşur. Tip III sistemi halinde mikroemülsiyonun yanı sıra su ve yağın aşırı fazları da bulunur[63].

Mikroemülsiyonlar kümelenme bölünme sürecinin aynı anda gerçekleştiği dinamik kendiliğinden oluşan sistemlerdir. Bu süreçte dispers fazlar arasında dengeye ulaşılıncaya kadar sürekli madde (su, karşıt iyon, kosurfaktan, ve surfaktan) değişimi olur[64] . Bu nedenle, mikroemülsiyon yapısı sistemde yer alan bileşenlerin fizikokimyasal özelliklerinden, bileşenlerin aralarındaki orandan, ortamdaki elektrolitden ve sıcaklıktan büyük ölçüde etkilenir. Bu çalışmada, polioksietilen tipi iyonik olmayan surfaktan ile değişik yağ ve su fazlarının oluşturduğu sistemlerdeki mikroemülsiyonlar incelenecek ve aynı tipe ait zayıf surfaktanlarla verdiği karışık surfaktanların sistem üzerindeki etkisi araştırılacaktır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1-Mikroemülsiyonlar

Mikroemülsiyon terimi ilk olarak Schulman [4] tarafından kullanılmıştır. Schulman'a göre mikroemülsiyonlar uygun dağılma fazında su yada yağın homojen damlacıklarını içeren izotropik saydam su ve yağ dispersiyonlarıdır. Bu dispersiyonlar moleküler homojen karışımlardan fiziksel özellikleri ile kolaylıkla ayrılır. Hoar ve Schulman [14] bir surfaktan eşliğinde su ve yağ fazları arasında ortaya çıkan çok küçük ara yüzey gerilimi sebebiyle istemli emülsiyonlaştırmanın mümkün olduğunu açıklamışlardır. Mikroemülsiyonu istemli bir şekilde oluşturabilmek için

$$(\Delta G_{\text{karışım}})_{T,P,\varphi} \leq 0 \quad (1)$$

koşulunun gerçekleşmesi gerekir[3]. Burada, $\Delta G_{\text{karışım}}$, birim hacim başına karışımın Gibbs serbest enerjisini ve φ ise dağılan maddenin hacim kesridir. Dispersiyonun kararlı olabilmesi için dağılma fazındaki damlacıkların belli bir r yarıçapına, ΔG karışım değerinin ise minimum olması gerekir. Yani,

$$\{\partial(\Delta G_{\text{karışım}})/\partial r\}_{T,P,\varphi} = 0 \quad (2a)$$

$$\{\partial^2(\Delta G_{\text{karışım}})/\partial^2 r\}_{T,P,\varphi} > 0 \quad (2b)$$

Yalnızca arayüzey serbest enerjisi hesaba katılırsa,

$$\Delta G_{\text{karışım}} = -T \Delta S_{\text{karışım}} + \sigma A_v \quad (3)$$

eşitliği yazılabilir. Burada, $\Delta S_{\text{karışım}}$ karışımın entropi değişimini, σ damlacık çözücü ara yüzey gerilimini, A ise birim hacim başına ara yüzey alanını gösterir. [1] eşitliğinde öngörülen koşulun gerçekleşmesi için sistemin ara yüzey serbest enerjisinin minimum olması halinde entropi değişiminin maksimuma yükselmesi gerekir. Buradan, [3] eşitliğindeki her iki teriminde merteye bakımından aynı olması gerektiği sonucu çıkar.

Ortamdaki damlacıkların sayıca yoğunluğu N_v ile gösterilirse $\Delta S_{\text{karışım}} = N_v k_b \ln \left(\frac{A_v}{N_v 4\pi r^2} \right)$ ile ve A_v de $N_v 4\pi r^2$ ile gösterilir. Bundan dolayı, damlacıkların yarıçapının

$$4\pi r^2 \sigma / k_b T \approx 1 \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanabildiğini göstermişlerdir[3].

Şimdiye kadar $\Delta G_{\text{karışım}}$ 'ın minimum olmasını sağlamak için iki model önerilmiştir[3]: Birincisinde, ara yüzeyde görülen doğal kavislenme ara yüzey gerilimi σ ya yaptığı katkı ihmal edilerek sürfaktan moleküllerinin ara yüzey tabakasını kapladığına atfedilmiştir. İkincisinde ise, ara yüzey gerilimi σ dispersiyon derecesinden etkilenen bir fonksiyon olarak düşünülmüştür. Çünkü, σ ara yüzey tabakasındaki sürfaktantın konsantrasyonuna kuvvetli bir şekilde bağlıdır.

Yüzey gerilim σ nın dispersiyon derecesine bağlılığı, γ sürfaktan konsantrasyonunda su-yağ ara yüzeyinin σ_{ab} ara yüzey geriliminin bağlılığı olarak düşünülerek incelenebilir. Sürfaktan bulunmayan ortamda $\sigma_0 \approx 50 \text{ mJm}^{-2}$ olarak alınır [3]. Sürfaktan ilave edildikçe ara yüzeyde biriktiğinden dolayı σ_{ab} hızla düşer ve ara yüzeyin sürfaktan bakımından doyduğu noktada $\sigma_s \ll 0.1 \text{ mJm}^{-2}$ değerine kadar iner.

Ara yüzey tabakasının eğriliğinin işareti konusunda şu tanım yapılmıştır[3]: suda yağın dispersiyonu (o/w) nunda olduğu gibi, ara yüzey suya doğru içbükey ise $H > 0$; yağda suyun dispersiyonunda olduğu gibi, ara yüzey yağa doğru içbükey ise $H < 0$ alınır. Burada, $H = 1/r$ ile tanımlanır. Bancroft[5] kuralına göre, hidrofil bir kolloidin dağılma fazı su ($H > 0$), hidrofob bir kolloidin dağılma fazı ise yağdır ($H < 0$). Her ne kadar bu kural deneylerle doğrulanmış ise de ara yüzeyin eğriliğini belirleyen etken sürfaktantın iki çözücüdeki kritik misel konsantrasyonlarının (cmc) oranıdır. Bu bakımdan eğer sürfaktantın sudaki cmc değeri yağdakinden küçük ise sürfaktant suda yağdan daha fazla çözünür. Bundan dolayı iki cmc değeri birbirine yakınsa sürfaktant tabakasının ortalama eğriliği sıfır olur ($H \approx 0$).

Su-yağ-sürfaktan karışımının özelliklerini inceleyen Winsor (I) bu sistemlerin faz davranışlarını aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır:

Tip I (2 ile gösterilir) : Yağın sudaki mikroemülsiyonu (o/w) ; yani, $H > 0$

Tip II ($\bar{2}$ ile gösterilir) : Suyun yağdaki mikroemülsiyonu (w/o) ; yani, $H < 0$

Tip III (3 ile gösterilir) : Sürfaktanın orta fazda çözündüğü mikroemülsiyonlar ; yani, $H \approx 0$

Tip IV (I ile gösterilir) : makroskopik olarak homojen karışım

Winsor (I) surfaktan ve su ya da surfaktan ve yağ arasındaki etkileşim enerjisi için R oranını tanıtmıştır. Bu orana göre, eğer $R < 1$ ise, ara yüzey suya doğru içbükey ($H > 0$) ; $R > 1$ ise ara yüzey yağa doğru içbükey ($H < 0$) şeklini alır. Sıcaklığın etkisi bakımından da R oranı iyonik ve iyonik olmayan surfaktanlar için öngörüler getirmiştir. İyonik surfaktan kullanılırsa sıcaklık artışı ile surfaktan baş gruplarının dissosiyasyonu artacağından R oranının azalması beklenir. İyonik olmayan surfaktanlar da ise eğer baş grup etilen oksitten türetilmiş ise sıcaklık arttığında su ve surfaktan baş grubu arasındaki hidrojen bağlarının parçalanması sonucunda R oranının artması beklenir. Gerçektende, iyonik sürfaktanlı üçlü karışımlarla yapılan deneylerde bütün sıcaklıklarda $R < 1$ yani $\underline{2}$ sistemi oluşmuştur. İyonik olmayan sürfaktant içeren karışımlarda ise sıcaklığın yükselmesi $R < 1 \rightarrow R > 1$ yani, $\underline{2} \rightarrow \bar{2}$ dönüşümüne yol açmıştır [3] . Kısa zincirli iyonik olmayan sürfaktanlarla bu dönüşüm sürekli olduğu halde, zincir uzunluğu arttığında dönüşüm giderek daha hızlı bir şekilde gerçekleşir ve belli bir sıcaklık aralığında surfaktan sulu ortamdan orta faza sonradan da yağ fazına taşınır. Yani, $\underline{2} \rightarrow 3 \rightarrow \bar{2}$ dönüşümü gerçekleşir. Diğer taraftan, iyonik sürfaktanlarla böyle bir dönüşüm ortama ilave edilen liyotropik bir tuz yardımı ile gerçekleşir[35]. Bu halde de sürfaktan su fazından yağ fazına tuz atılımı yolu ile taşınır.

Mikroemülsiyonların özellikleri sistemin faz diyagramını incelemek suretiyle araştırılabilir. Faz diyagramları da genellikle Gibbs üçgeni şeklinde çizilir. Bileşen sayısı (m) olan bir sistemin faz diyagramını hazırlamak için (m+1) bağımsız termodinamik değişken gereklidir. Bunlar T sıcaklığı, P dış basınç, ve (m-1) bileşen olabilir. Üçlü bir karışımının (m = 3) faz diyagramını üç boyutlu göstermek için değişkenlerden biri sabit tutulur. Kuarterner karışımda (m = 4) iki değişken sabit tutulmalıdır. Deney sonuçlarına dayanarak, basıncın etkisi sıcaklığın etkisi yanında zayıf kaldığından, genellikle P dış basınç atmosfer basıncında sabit tutulur.

Faz diyagramları çizilirken genellikle polar çözücü (A), polar olmayan çözücü (B), sürfaktan (C) ve dördüncü bileşen ise (D) ile gösterilir. Sabit P basıncında, A-B-C üçlü karışımının faz davranışı Gibbs üçgeninin tabanında A-B-C bileşenleri, T sıcaklığının da ordinatta yer aldığı bir diyagram halinde çizilir[3]. Kuvarterner karışımda ise faz diyagramı, sabit basınç ve sıcaklıkta, A-B-C bileşenlerinin üçgenin tabanında (D) bileşenin de tepede yer aldığı bir prizma şeklinde hazırlanır.

İyonik olmayan sürfaktanların genel özelliklerini iyi sergileyen n-alkil poliglikoller sembolik olarak, C_iE_j , şeklinde gösterilebilir. Burada, (i) sürfaktanın hidrokarbon zincirindeki karbon sayısına, (j) de baş gruptaki etilen oksit sayısına karşı gelir. Alkil poligol gibi iyonik olmayan bir sürfaktant içeren A-B-C karışımı ele alınırsa, böyle bir karışımdan oluşan sistemin faz davranışının incelenmesinin en uygun yolu faz diyagramının hazırlanmasıdır. Eğer üçgen prizmanın kenarlarında yer alan ikili sistemlere karşı gelen faz diyagramları ile birlikte prizmanın açılmış hali incelenirse karışık sistemin faz davranışını daha basit bir yolla incelemek mümkün olur. Sistemde yer alan üç ikili karışımın her biri üst kritik nokta gösterir. Dolayısı ile sistemlerin karışabilirlik açıklığı düşük olan faz diyagramlarından oluştuğu düşünülebilir. A-B karışımının faz diyagramı en basitidir. Çünkü, bu sistemin kritik noktası karışımın kaynama noktasının oldukça üzerinde yer alır. Bundan dolayı su ve yağ arasındaki düşük karşılıklı çözünürlük karışımın erime ve kaynama sıcaklıkları aralığında artar. B-C karışımının faz diyagramı da basit gibi görünür. Ancak, karışımın üst çözünme kritik noktası (cp_α) karışımın erime noktasına yakın bir değerdedir. T_α kritik sıcaklığı yağın karbon sayısı (k) ve sürfaktanın (i/j) oranına bağlıdır. (i) değeri sabit tutulursa, Kritik sıcaklık T_α (k) ve (j) nin artması ile yükselir. Ancak (j) değeri sabit tutulurken (i) nin artması T_α 'nın artmasına yol açar. A-C bileşenlerine ait faz diyagramı ise iki karışabilirlik açıklığı göstermesi yüzünden daha karmaşıktır. Düşük karışabilirlik açıklığı genel olarak erime noktasının altında bulunur ve bu yüzden faz diyagramı üzerinde etkili olmaz. Uygun sıcaklıkta A ve C tamamen karışabilir. Gerçektende, düşük sürfaktan konsantrasyonunda, sürfaktan su hava ya da su yağ ara yüzeyinde tek tabaka filmi oluşturarak hidrokarbon zincirinden oluşan hidrofob kısmı ile su moleküllerini itemez. Kritik misel konsantrasyonunda (cmc) tek tabaka doymuş hale geleceğinden sürfaktan faz içerisinde misel oluşturmak suretiyle karışımın serbest enerjisini daha da düşürür. Sıcaklık yükseltirse, misel çözeltisi seyreltik ve derişik

misel çözeltilisine ayrılır. Bunun da termodinamik nedenlerle üst karışabilirlik açıklığı olan kapalı bir halka olması beklenir. Atmosfer basıncında, sistemin alt kritik sıcaklığı T_{β} , sürfaktantın (i/j) amfilisite oranına bağlıdır. Sürfaktanın (i) değeri sabit tutularak (j) değeri artırılırsa T_{β} değeri artarken, sabit (j) değerinde (i) artırılırsa T_{β} düşer. Bu nedenle, hem T_{α} hem de T_{β} sürfaktanın amfilitesi ile yükselirken hidrofobilitesi ile de düşer.

2.2- Faz diyagramları

Faz kuralına göre

$$P + F = N + 2 \quad (5)$$

Eşitliği yazılabilir[1].Burada, P sistemde bulunan fazların sayısını, N bağımsız bileşenlerin sayısını , F de serbestlik derecesini ya da muhtemel bağımsız hal değişkenlerinin sayısını gösterir. Serbestlik derecesinin aldığı sıfır, bir, iki vb., gibi sayılara bağlı olarak sistemin değişkensiz, bir değişkenli, iki değişkenli, vb., olduğu söylenir. Üç bileşenli ve iki fazlı bir sistemde sabit sıcaklık ve basınçta serbestlik derecesi bir olduğundan sistem bir değişkenlidir. Buna göre fazların birisinde yalnız bir bileşenin mol ya da ağırlık kesri tanımlanabilir. Her iki fazdaki diğer tüm bileşenler ise sabit tutulur.

Yağ, su ve sürfaktant birbiri ile karıştırılır ve dengeye gelmesi sağlanırsa sistemde iki ya da üç faz görülebilir. Bir çok halde sürfaktantın tümü yağ ve suyun değişik oranları ile birlikte fazlardan birisinde yerleşir. Hacimsel olarak sürfaktantı içeren o faz mikroemülsiyon olarak isimlendirilir. Üç bileşenli sistemin faz davranışı sabit sıcaklık ve basınç koşulları altında üçlü diyagram'dan yararlanarak gösterilebilir

[4-10]

İncelenen sistemlerin çoğunda üç bileşenden daha fazlası bulunur. Örneğin, mikroemülsiyonu hazırlayabilmek için tek bir bileşik yerine amfifil karışımını tercih etmek gerekebilir. Bu iş için çoğu zaman kosürfaktant da denilen alkoller kullanılırken farklı organik bileşenlere sahip birçok karışım yağ, elektrolit içeren çözelti

de su olarak alınabilir. Dörtten fazla bileşen içeren sistemlerin faz davranışlarını göstermek için uygun bir yöntem bulunmaz ancak dört bileşenli sistemlerin faz diyagramları sabit sıcaklık ve basınç koşulları altında tetrahedral bir şekil kullanılarak gösterilebilir. Tetrahedral içerisindeki herhangi bir nokta dört bileşenli karışımın bileşimini yani su, hidrokarbon, amfifil ve kosurfaktant karışımını gösterir.

Bileşen sayısı arttıkça faz davranışının gösterilişi o ölçüde güçleşir ve sonunda bilgisayar programları ile modellemeler gerekir. Bundan başka, bileşen sayısı arttıkça faz davranışını tam olarak tanımlayabilmek için yapılan deney sayısı da artar. Bu nedenle, üçlü diyagramın iki ya da üç köşesi birden fazla bileşeni gösterebilir. Üst köşede tek bir bileşen gibi düşünülebilen surfaktant ve alkol karışımını gösterilir ve gerçek bileşen olmadığına vurgu yapmak üzere sözde bileşen denilir. Su ve tuz bir sözde bileşen olabilir. Üç köşesinden bir ya da bir kaç birden fazla bileşik içeren üçlü diyagramlara sözde üçlü diyagram denilir.

Su (A), yağ (B), iyonik olmayan surfaktant (C), iyonik surfaktant (D), ve kosurfaktant (E) gibi beş bileşenli bir sistem için sabit basınç altında sıcaklık (T) ve dört bileşen değişkeni olmak üzere en fazla beş bağımsız bileşen bulunabilir. İki boyutlu faz diyagramını çizmek için beş bağımsız bileşenden üçünün sabit tutulması gerekir. Sıcaklık, toplam surfaktanttaki iyonik surfaktantın ağırlık kesri ($\delta = D/(C+D)$), yağ ve su karışımındaki yağın ağırlık kesri ($\alpha = B/(A+B)$) sabit tutulacak olursa karışımındaki amfifillerin (surfaktant+kosurfaktant) ağırlık kesri, $X = (C+D+E)/(A+B+C+D+E)$ ile toplam amfifildeki kosurfaktantın ağırlık kesri, $W_1 = E/(C+D+E)$ arasında eğri çizilebilir. Farklı konsantrasyonlarda elektrolit (ϵ , mol dm^{-3}) kullanılırsa elektrolitik faz bir bileşenli sözde sistem olarak ele alınır[3-10].

Su ve organik bileşikler arasındaki karşılıklı çözünürlüğe bir elektrolitin etkisi sistematik olarak incelenmiştir [5-7]. Kural olarak, karşılıklı çözünürlük Hofmeister serisi de denilen, $SO_4^{2-} > CrO_4^{2-} > CO_3^{2-} > Cl^- > NO_3^{2-}$, şeklinde dizilen anorganik anyonların liyotropik serisi ile azalır. ClO_4^- ve SCN^- iyonları ise karşılıklı çözünürlüğü artırır.

Her ne kadar anorganik anyonların bu etkisi açık bir şekilde açıklanamamış ise de, suyun yapısını kuvvetlendirici iyonlar, SO_4^{2-} gibi, tuz atma etkisi ile surfaktan ortamdaki uzaklaştırırken, suyun yapısını bozan iyonlar, ClO_4^{2-} gibi, tuz alma etkisi ile surfaktanın sudaki çözünürlüğünü artırır[6,7]. Kuvarterner sistemlerin faz davranışları için elektrolitlerin gösterdiği bu farklılık önemli olduğundan karşılıklı çözünürlüğü azaltan tuzlar “liyotropik”, artıranlar ise “hidrotropik” tuz olarak adlandırılır. Bu tanıma dayanarak, anorganik elektrolitlerin etkisi iki sınıf halinde incelenebilir. Su ve surfaktan arasında karşılıklı çözünürlüğü azaltanlar “liyotropik tuzlar, örneğin Cl^- , su ve surfaktan arasında karşılıklı çözünürlüğü artıran “hidrotropik” tuzlar, örneğin ClO_4^{2-} gibi.

NaCl gibi liyotropik bir tuzun ortama ilave edilmesi halinde eklenen tuzun etkisi su (A) ve iyonik olmayan surfaktan (C) ikili sisteminin faz davranışında kendini gösterir. Bu nedenle, su ve tuz karışımını sözde bileşen olarak alıp tuzlu su olarak adlandırmak ve sistemin bir bileşeni saymak yerinde olacaktır. Ağırlık kesri bakımından tuzlu suyun bileşimi $\epsilon = \frac{E}{A} + E$ şeklinde gösterilir. Liyotropik tuzlar çözeltilerden surfaktan uzaklaştırır, yani, suda surfaktan çözünürlüğü azalır. Tuzlu suyun ağırlık kesri, ϵ 'nin artması iyonik olmayan surfaktan içeren sistemlerde üçlü fazın görüldüğü ortalama sıcaklığın, \tilde{T} düşmesine yol açar. Ayrıca, liyotropik tuzların etkileri iyonik olmayan surfaktan içeren sistemlerde liyotropik ya da Hofmeister serisini takip ederek anyonun kimliğine bağlı olarak değişir. İyonik surfaktanlarla ise bu etki tuzlu suyun iyonik şiddetine bağlıdır[9].

Tuzlu su bileşimi ϵ sabit tutularak sıcaklık T arttırılırsa iyonik olmayan surfaktan içeren sistemlerde $\underline{2} \rightarrow 3 \rightarrow \bar{2}$ geçişi, iyonik sistemlerde de $\bar{2} \rightarrow 3 \rightarrow \underline{2}$ geçişi izlenir. Eğer sabit sıcaklıkta, ϵ arttırılırsa sistemde hem iyonik ve hem de iyonik olmayan surfaktanlarla $\bar{2} \rightarrow 3 \rightarrow \underline{2}$ geçişi gerçekleşir(8).

Düşük tuz konsantrasyonunda sulu fazın $\underline{2}$ ve $\bar{2}$ fazlarına ayrılması ile sistemde üç fazlı bölge ortaya çıkar. Tuz konsantrasyonu arttığında ise üç fazlı bölge kaybolur. Bundan dolayı, sabit sıcaklıkta tuz konsantrasyonu ϵ nin ara yüzey gerilimine etkisi A-B-C üçlü karışımında sistemin faz davranışı üzerine sıcaklığın etkisine benzer. Bu da, sabit bileşimli üçlü bir sistemde ara yüzey gerilimi σ 'nin üzerine sıcaklığın etkisini

gösteren Gibbs-Duhem bağıntısının bir sonucudur[9] ve aşağıda verilmiştir.

$$S^\circ \delta T + \delta \sigma + \sum T_i \delta \mu_i = 0 \quad (6)$$

şeklinde yeniden ifade edilen Gibbs-Duhem bağıntısına göre ara yüzey gerilimi σ nın üzerine sıcaklığın etkisi yerine, sıcaklık ve basıncı sabit tutarak uygun bir bileşeni sisteme ekleyerek onun etkisi incelenebilir[9]. Amfifilin hidrofobitesisi, yani, verilen bir baş grup için hidrokarbon zincirindeki karbon sayısının değişmesinin yapacağı etki ele alınabilir. Karbon sayısının değişmesi hem T_α hem de T_β 'yı etkiler. İyonik olmayan amfifillerde, amfifilin hidrofobitesinin artması T_α ve T_β nın düşmesine yol açar. İyonik amfifillerde ise, hidrofobitesinin etkisi ile T_α düşerken T_β yükselir. Hem iyonik olmayan hem de iyonik amfifillerle yapılan çalışmalarda, amfifilin kuyruk kısmının dallanmış ya da çift kuyruklu yapıda olmasının aynı karbon sayılı tek kuyruklu amfifillere göre daha büyük hidrofobite etkisine neden olacağı görülmüştür.

Mikroemülsiyonlar yağ, su ve surfaktant ve kosurfaktanın termodinamik bakımdan kararlı izotropik saydam dispersiyonlarıdır. Sistemde kosurfaktant olarak butanol, pentanol, heksanol, ... gibi orta zincir uzunluğuna sahip alkoller kullanılır. Sentetik surfaktantların çoğu su ve yağa karşı denkleştirilmiş kimyasal ilgi gösteremediklerinden ortama alkol ilavesi ile bu denklik kurulmaya çalışılır. Ayrıca, iyonik surfaktant kullanılıyorsa, bileşenler arasındaki elektrostatik etkileşim ortama beşinci bileşen olarak ilave edilen tuz yardımı ile perdelenebilir. Tuz atma gibi, tuzun istenmeyen etkisini gidermek için de alkol konsantrasyonu ayarlanır[6-8].

2.3- İyonik olmayan surfaktanların çözünürleştirme kapasiteleri

Mikroemülsiyonların en önemli özelliklerinden birisi organik ve anorganik bileşikleri çözünürleştirmeleridir. Çözünürleştirme, çözünmeyen ya da az çözünen maddenin çözünürlüğünün artırılması sürecini tanımlamak için kullanılır. Bir sistemin çözünürleştirme kapasitesi kullanılan bileşenlerin yapısına bağlıdır.

Surfaktantlar yardımı ile yağ ve su önemli ölçüde homojen, termodinamik bakımdan kararlı mikroemülsiyon oluşturularak çözündürülür. Amfifilik özellikleri nedeniyle

surfaktantlar yağ ve su arasında tek tabaka oluşturabilir. Bu tek tabakanın kavisi dispersiyonun mikro yapısını belirlemede anahtar rolü oynar [1]. Arayüzey filminin kavisi amfifilin tipine, yağ ve sulu fazların bileşimine, sıcaklık ve diğer katkı maddelerine bağlıdır. Hidrofobik kısmı küçük ve hidrofilik kısmı büyük olan amfifiller (genellikle tek zincirli iyonik ve hidrofilik iyonik olmayan surfaktantlar) yağa doğru kavislenen film oluşturma eğilimindedir. Bu şekilde yağ fazı ile denge halinde bulunan su fazında yağ damlacıkları içeren surfaktant çözeltisinin oluşumu gerçekleşir (Winsor I sistemi). Diğer yandan, büyük hidrofobik kısım ve küçük hidrofilik grup içeren amfifiller su ile denge halinde bulunan yağ fazında su damlacıklarını oluşturmak üzere kavislenir (Winsor II sistemi). Hidrofil-liyofil dengesi (HLB) kurulursa yağ ve su fazlarının denge halinde bulunduğu orta-faz mikroemülsiyonu ortaya çıkar (Wilson III sistemi) (2,3). Orta faz mikroemülsiyonu yağ ve su mikro bölgesi olup kesiksiz bir yapıya sahiptir. Polioksietilen glikol tipi iyonik olmayan surfaktantlar için hidrofil-liyofil dengesi sistemi orta faz mikroemülsiyonunun elde edildiği HLB sıcaklığına getirmek suretiyle sağlanır [4]. İyonik surfaktant halinde sistemi dengede tutmak için elektrolit ilavesi gerekir [5]. Hidrofilik iyonik olmayan surfaktant için, dengeyi sağlamak için kosurfaktant olarak kısa zincirli alkoller ortama eklenmelidir [6,7]. Kısa zincirli alkoller yağ fazı ve ara yüzey arasında dağılarak ara yüzeyin eğriliğinin ve HLB bileşiminin ortaya çıkmasına yol açar. Eğer alkollerin çözünürlüğü yağ fazında yüksekse, surfaktant-kosurfaktant sisteminin çözünürleştirme kapasitesi azalır [8].

İyonik olmayan surfaktantların çözünürleştirme kapasiteleri surfaktantı diğer surfaktantlarla karıştırmak suretiyle artırılabilir. İyonik olmayan surfaktantların çözünürleştirme kapasitelerini artırmak için iyonik olmayan surfaktant yada iyonik surfaktant ile karıştırılabilir [9,10]. İyonik surfaktantların ilavesi, iyonik olmayan surfaktantın sıcaklığa karşı duyarlılığını düşürür ve sistemin faz davranışını etkiler. Tek surfaktantlı sistemlerin yerine surfaktant karışımları içeren sistemlerin kullanılmasının çözünürleştirmede üstünlük sağladığı gösterilmiştir [11,12]. Balık kuyruğunu andıran diyagramlar kullanılarak, iyonik olmayan ve karışık surfaktantların faz davranışları incelenmiştir [13]. Mikroemülsiyonların maksimum çözünürleştirme kapasiteleri ve su-yağ ara yüzeyinde surfaktant ve kosurfaktantın dağılımı arasındaki ilişki mikroemülsiyonların faz diyagramları üzerine sıcaklık ve tuzların etkisini inceleyerek çıkarılabilir.

Difilik yapısından dolayı, surfaktantlar su ve yağ arasında tek tabaka ara yüzeyi oluştururlar. Bu tek tabakanın kıvrımı dispersiyonun mikro yapısının belirlenmesinde anahtar rolü oynar. Ara yüzeyin kıvrımı amfifilin yapısına, su ve yağ fazlarının bileşimine, sıcaklık ve elektrolit gibi katkı maddelerine bağlıdır[47]. Hidrofobik kısmı küçük olan amfifiller yağ tarafına kıvrılarak ara yüzey oluştururken sulu fazda yağ damlalarının oluşmasına yol açarlar[45,47]. Bu sisteme Winsor I sistemi denilir. Diğer taraftan, liyofilik kısımları daha büyük olan amfifiller yağ fazında su damlalarını oluşturarak Winsor II sistemini ortaya çıkarırlar. Hidrofil-liyofil dengesi sağlandığında ise su ve yağ fazlarının denge halinde olduğu orta faz mikroemülsiyonunu, Winsor III, oluşturur. Orta faz mikroemülsiyonu ara yüzeylerle birbirinden ayrılmış yağ ve su mikro bölgelerinden oluşan kesintisiz bir yapı gösterir.

Özellikle polioksi etilen glikol tipi iyonik olmayan surfaktantlar için hidrofil-liyofil dengesi sıcaklığın ayarlanması ile gerçekleşir. Bu sıcaklığa da HLB sıcaklığı denir[25]. İyonik surfaktantlar da ise HLB dengesi ortama ilave edilen elektrolitlerle sağlanır. Hidrofilik iyonik olmayan surfaktantlar için bu dengenin sağlanması kısa zincirli alkollerin, kosurfaktant, ortama ilavesi ile kolaylaştırılır. Kosurfaktantlar su ve yağ ara yüzeyinde yerleşerek arayüzey kıvrılması ve HLB dengesinin değişmesine yol açarlar. Ancak, kosurfaktant olarak kullanılan alkolün çözünürlüğü yağ fazında yüksek olursa surfaktant ve kosurfaktantdan oluşan sistemin çözünürleştirme kapasitesinin azalmasına sebep olur.

İyonik olmayan surfaktantların çözünürleştirme kapasiteleri surfaktan karışımları kullanılarak arttırılabilir. Hem iki iyonik olmayan surfaktan hem de iyonik olmayan bir surfaktanın iyonik bir surfaktant ile karıştırılarak oluşturulduğu sistemlerin çözünürleştirme kapasiteleri artar. Bundan başka, iyonik olmayan bir surfaktanla iyonik bir surfaktanın karıştırılması ile elde edilen karışık surfaktan sistemlerinde sıcaklığa karşı duyarlılık azalır.

2.4-Çözünürleştirme Parametreleri

Çözünürleştirme çalışmalarında amaç mümkün olduğu kadar fazla ölçüde suyun mikroemülsiyon sistemine katılmasını sağlamaktır. Bu da ancak surfaktan fazı hem su

ve hem de yağ fazı ile denge halinde iken ya da, yüksek sıcaklıklarda, su fazı ile denge halinde iken mümkündür. Diğer taraftan, Bansal, Shah, O'Connell (BSO) denkleminin geçerliliği incelenen mikro emülsiyon sisteminin tek fazlı bölgesi için ispatlanmıştır[22]. Bu bakımdan, maksimum su çözünürleştirilmesi ilgili faz diyagramının tek fazlı bölgesi için tanımlanır. Her ne kadar kuvarterner sistemlerin faz diyagramları genellikle surfaktanın suya ya da surfaktanın kosurfaktana sabit oranına dayalı olarak hazırlanır ise de, çözünürleştirme çalışmalarında alkol/yağ sabit oranına dayanan faz diyagramları da hazırlanır[20,21-28]. Surfaktan/alkol oranının sabit tutulmadığı haller de suyun maksimum çözünürleştirme sabitini (W_m) kullanarak yapılan karşılaştırmalarda sonuçların farklı seyreltme eğrileri boyunca karşılaştırılması ortaya çıkacağından böyle sistemler için W_m değerinin doğrulanmasına ihtiyaç duyulur.

Farklı yüzey aktif maddelerin suyu çözünürleştirme kapasitelerinin karşılaştırılması bu maddelerin optimum çözünürleştirme kapasitelerinde yapılması gerektiği birçok çalışmada belirtilmiştir [76]. Suyun maksimum çözünürleştirilmesi bazen farklı bileşenlerden oluşan sistemlerde farklı su seyreltme eğrisi üzerinde yer alır. Burada sözü edilen su seyreltme eğrisi faz diyagramının da alkol, yağ ve surfaktanın sabit oranda alındığı noktadan başlayarak su ile seyreltilmek suretiyle elde edilen doğru kastedilmektedir. Bu yüzden, farklı bileşenler içeren sistem için W_m bulunduğu farklı surfaktan/alkol oranlı sistemleri karşılaştırmak yanında farklı ara yüzey bileşimine sahip sistemleri de karşılaştırmış olunur.

Shah vd., çözünürleştirme parametresi olarak çözünürleştirilen suyun maksimum miktarını (W_m) ve su/surfaktan molar oranını kullanmıştır. W_m su titrasyon yöntemi ile yağ fazının sulu faz ile titrasyonundan tayin edilir[16-18].

Li vd. [26] çözünürleştirme parametresi olarak faz diyagramındaki tek fazlı alanın toplamını kullanmıştır. Bu alan o/w , w/o ve iki ortamlı yapıları kapsamakta olup (A_T) sembolü ile gösterilir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1 DeneySEL Çalışmalar

3.1.1 Materyaller

Brij 35, Polioksietilen (23) lauril eter, (C_2H_4O)₂₃ $C_{12}H_{25}OH$ (Merck, M = 1198 g/mol)

Sodyum Dodesil Sulfat (SDS), $C_{12}H_{25}SO_4Na$,(Fluka AG)

Tetraetilen glikol dimetil eter (C_2E_4), $CH_3(CH_2CH_2O)_4CH_3$, (Sigma, M=164.20 g/mol)

Trietilen glikol monometil eter (C_1E_3), $CH_3(CH_2CH_2O)_3OH$, (Merck, M=222.28 g/mol)

Etilen glikol butil eter, $C_4E_1 (CH_2)_3OCH_2CH_2OH$ (Sigma), $C_3E_1(C_7H_{16}O_4)$ (Sigma)

Dietilen glikol monoheksil eter(C_6E_2) $CH_3(CH_2)_5(CH_2CH_2O)_2OH$, (Merck, M=190.28g/mol)

n-Pentan, $CH_3(CH_2)_3CH_3$, (Sigma, d = 0.626 (20°C), k.n. 36°C)

n-Heksan, $CH_3(CH_2)_4CH_3$, (Sigma, d = 0.659 g/ml (20 °C), $n_D = 1.375$ (20°C))

n-Heptan, $CH_3(CH_2)_5CH_3$, (Sigma, d=0.684 g/ml(20°C), k.n. 98°C)

n- Dekan, $CH_3(CH_2)_8CH_3$ (Merck, K.n =174°C , d= 0.730 g/cm³(20°C))

İletkenlik suyu, (0.53 μScm^{-1} (25 °C))

NaCl (Merck, 58.44 g/mol, e.n. 801 °C)

1-Butanol (Merck, d = 0.810 g/cm³ (20 °C), $n_D = 1.3993$ (20 °C))

Vorteks Karıştırıcı (Vortex-Genie 2 Mixer), G-502 model, 120v/60Hz

Çalkalamalı Su Banyosu (Nüve ST402) , Çalışma aralığı : 0-90 °C , 10 kademeli, sayısal göstergeli

Isıtıcı ve Manyetik Karıştırıcı (Yellow line Magnetic Stirrer ,MSH basic) , Sıcaklık aralığı 0-300°C , 5 kademeli ısıtma ve 10 kademeli karıştırma özelliği.

3.1.2. Faz Diyagramının Çizilmesi

Dört bileşenli bir sistemin faz davranışı iki bileşenin ağırlık kesrinin sabit tutulduğu görünürde üçlü faz diyagramı ile incelenir. Genellikle, surfaktan/kosurfaktan yada yağ/alkol ağırlık oranı sabit tutulur. Sistemin sıcaklığını sabit tutmak için sabit sıcaklık su banyosu kullanıldı. Mikroemülsiyonu oluşturan bileşenlerin konsantrasyon aralığını bulmak için su titrasyon yönteminden yararlanmak suretiyle üçlü faz diyagramı çizildi. Bunun için, Surfaktan kosurfaktan karışımını elde etmek için surfaktan ve 1-butanol 2:1 ağırlık oranında karıştırıldı. Sonra, heksan ve surfaktan/kosurfaktan karışımı 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2, 9:1 ağırlık oranlarında karıştırıldı. Bu karışımlar sıra ile su yada ayarlı sodyum klorür çözeltisi ile titre edildi. Her ilaveden sonra karışım vorteks karıştırıcısında aralıklarla beş dakika karıştırıldı. Su banyosunda yaklaşık olarak bir saat beklettikten sonra görsel olarak tüpler incelendi. Homojen ve saydam bulunan karışım numunesi faz diyagramında tek fazlı alana ait olan mikroemülsiyon sistemi olarak sınıflandırıldı.

Karışık surfaktanlarla çalışılırken surfaktanların oranı ağırlıkça 1:1 olarak alındı. Titrasyon yöntemi ile elde edilen çözünürleştirme limit değerleri kullanılarak sözde üçlü faz diyagramları çizildi.

25°C de heksan ve surfaktant karışımı üzerine NaCl çözeltisi mikroemülsiyon olarak adlandırılan saydam tek fazlı karışım elde edilinceye kadar ilave edildi. Surfaktan/kosurfaktan oranı ağırlıkça 1:2 oranı sabit tutuldu. Brij 35 ve etilenglikol butil eter karışımında surfaktanların oranı ise ağırlıkça 1:1 olarak belirlenir.

İncelenen sistem için titrasyonda saf su yerine %1, %3, ve %5' lik NaCl çözeltisi ile deney tekrarlanarak mikroemülsiyon oluşumuna tuz etkisi incelendi.

3.1.3. Çözünürleştirme Parametresi

Farklı surfaktan sistemlerinin suyu çözünürleştirme kapasitesi optimum çözünürleştirme kapasitesinde karşılaştırılmalıdır. Suyun maksimum çözünürleştirilmesi farklı su seyreltme çizgilerinde farklı görüldüğünden suyun maksimum çözünürleştirilmesi (W_m) maksimum çözünürleştirmenin elde edildiği seyreltme çizgisinde incelenmelidir (m.fanun). Li vd. [21] çözünürleştirme parametresi olarak toplam tek fazlı bölgeyi (A_T) kullanmıştır. Bu alan tek fazlı mikro emülsiyon bölgesinin alanı olup O/W ve W/O kesintisiz yapı dahil tüm tipleri kapsar. Bu çalışmada incelenen bütün sistemler için sözde-üçlü faz diyagramında tek fazlı mikro emülsiyon bölgesi suyu çözünürleştirme parametresi olarak ölçüldü. İncelenen sistemler için (A_T) nin belirlenmesinde standart sapma $\% \pm 0.5$ olarak hesaplandı.

3.1.4. İletkenlik Ölçümü

Mikroemülsiyon sisteminin faz davranışında ortaya çıkan faz geçişlerini incelemek için elektrik iletkenliği ölçüldü. Elektrik iletkenlik (σ), pil sabiti 1.0 cm^{-1} olan ve N/10 KCl çözeltisi ile ayarlı kondüktometre (Model CDM210 Radiometer, Copenhagen, Denmark) kullanılarak sabit sıcaklıkta, $25 \pm 0.01^\circ\text{C}$, ölçüldü. Sıcaklık Lauda M-20 termostatu ile sabit tutuldu. İyonik olmayan surfaktan içeren sistemlerde iletkenliği ölçmek için ağırlıkça $\% 0.2$ NaCl çözeltisi kullanıldı. Seyreltme eğrisi boyunca seçilmiş bileşime sahip mikroemülsiyon numuneleri hazırlamak için ağırlık kesrine göre yağ, surfaktan/kosurfaktan ve tuzlu su tüpe alındıktan sonra karışım şiddetli olarak karıştırıldı, termostatta dengeye gelmesi sağlandı ve sisteme her tuzlu su ilavesini takiben spesifik iletkenlik ölçüldü. Ölçülen iletkenlik değerlerindeki hata oranı $\pm 0.02 \mu\text{S cm}^{-1}$ olarak hesaplandı.

BÖLÜM 4

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

4-1 Sonuçlar

Polioksietilen tipi iyonik olmayan surfaktan/hidrokarbon/su sistemlerinde mikroemülsiyon oluşumu sistemin faz davranışının incelenmesi ile takip edildi. C_1E_3 , C_2E_4 , C_2E_6 ve C_6E_2 gibi zayıf surfaktanlar, pentan, heksan, heptan ve oktan gibi hidrokarbonlar ile su yada tuzlu su sistemin bileşenleri olarak seçildi. Kosurfaktan olarak seçilen n-propanol'ün surfaktan/kosurfaktan ağırlık kesri oranı (1/1) şeklinde alındı.

Şekil 4.1.1.5 de surfaktan/heksan/su sisteminin sözde-üçlü faz diyagramı görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi, surfaktan/ C_1E_3 /yağ/su sisteminin faz diyagramında su-yağ ve su- surfaktan kenarlarına komşu iki farklı bölge ile yağ-surfaktan kenarına komşu tek fazlı bir bölge yer almıştır. Açık ve saydam görünüşlü tek fazlı bölge mikroemülsiyon alanı olarak adlandırılır. Tek fazlı bölgenin toplam alanı üçgenin toplam alanını yüzde kesri alınarak $\%A_T$ şeklinde tanımlanmıştır. $\% A_T$ değerleri C_6E_2 , C_2E_4 , C_1E_3 ve C_2E_6 tabanlı sistemler için sırasıyla %40, %36, %49 ve %40 olarak hesaplandı.

Şekil 4.1.2.4, 4.1.3.4, 4.1.4.4 ve 4.1.5.4 25 °C de 1-butanol, yağ, tuzlu su sistemlerinin faz davranışı üzerine NaCl etkisi verilmiştir. Bu sistemlerde yağ olarak pentan heksan, heptan ve oktan gibi hidrokarbonlar kullanılmıştır. Faz diyagramlarından her bir sistem için $\% A_T$ hesaplanarak elektrolitlerin mikroemülsiyon oluşumuna yaptığı incelenmiştir.

Aynı şekilde hareket ederek C_2E_4 tabanlı sistemlerin faz diyagramlarında görülen tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanının elektrolit olarak kullanılan NaCl konsantrasyonu ile değişimini veren Şekil 4.1.6.5; C_6E_2 tabanlı sistemler için Şekil 4.1.7.5 ; Brij 35 tabanlı sistemler için Şekil 4.1.8.3 elde edilmiştir. Şekillerde de

görüldüğü gibi, ilave edilen elektrolitin konsantrasyonu arttıkça tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin alanı azalmaktadır. Bu azalma özellikle C_2E_4 ve C_6E_2 tabanlı sistemlerde daha açıkça görülmektedir.

Şekil 4.1.8.3 de Brij 35/butanol/heptan/tuzlu su sisteminin 25 °C deki faz davranışı görülmektedir. Şekil incelendiğinde hidrofıl grubu daha büyük olan Brij 35 in daha büyük oranda suda çözündüğü saptanırken NaCl konsantrasyonunun artışı ile % A_T nin azaldığı tespit edilir.

C_1E_3 , C_2E_4 ve C_6E_2 gibi HLB değerleri düşük zayıf surfaktanlarla Brij 35 gibi HLB değerleri yüksek surfaktanların ağırlıkça (1/1) oranlarında karıştırılarak elde edilen karışık surfaktanların yer aldığı sistemlerde oluşturulan mikroemülsiyonların faz diyagramlarındaki tek fazlı bölgenin toplam alanının değişimi takip edilerek karışık surfaktanın mikroemülsiyon oluşumuna yapmış olduğu etki belirlebilir. Şekil 4.1.9.4 de C_1E_3 /Brij35 (1/1)/butanol/heksan/tuzlu su sisteminin faz diyagramı görülmektedir. Şekil 4.1.10.5 de ise C_2E_4 /Brij35(1/1)/butanol/heksan/tuzlu su sisteminin, Şekil 4.1.11.5 de ise C_6E_2 /Brij35(1/1)/butanol/heksan/tuzlu su sisteminin faz diyagramı verilmiştir.

HLB değeri düşük olan zayıf surfaktanlarla oluşturulan mikroemülsiyon sistemlerinin faz davranışları üzerine elektrolit etkisi küçük ölçekte bulunmuş iken karışık surfaktan içeren sistemlerde elektrolit etkisi net bir şekilde izlenmiştir. Surfaktan karışımları ile elde edilen sistemlerin HLB değerleri ayarlanabilir olduğundan istenilen bileşen oranlarında mikroemülsiyon elde etmek mümkün görülmektedir.

Mikroemülsiyon sistemlerinde elektriksel iletkenlik yapısal değişikliklere duyarlı bir özelliktir. Elektriksel iletkenliği ölçmek suretiyle mikroemülsiyonların mikroyapıları üzerine surfaktan ve hidrokarbonun etkisi belirlenebilir.

Şekil 4.2.1.1. de C_1E_3 /butanol/heksan/su sisteminin elektriksel iletkenliği, σ (m S cm^{-1}), ile su kesri, Q_{SU} , arasındaki değişim görülmektedir. N60 seyreltme eğrisi boyunca % 40 su kesrine kadar elektriksel iletkenlik düşük değere sahiptir. Q_{SU} kesrinin % 40-45 aralığında σ küçük oranda bir artış gösterirken bu kesirden itibaren su kesrindeki küçük bir artışla iletkenlik 0.75 m S cm^{-1} değerine kadar ani bir sıçrama gösterir. Bu orandan sonra da iletkenlik değerinde yaklaşık olarak sabit bir değer elde edilir. İletkenlik değerinin sabit kaldığı Q_{SU} kesrine kadar sistemde su/yağ mikroemülsiyonu oluşurken

Q_{SU} nun % 45 değerine karşı gelen sistemde elektriksel iletkenliğin ani bir değişim göstermesi yapısal bir değişikliğe karşı gelir. Yani, su/yağ mikroemülsiyonu su kesrinin artışı ile çift-ortamlı mikroemülsiyon üzerinden yağ/su mikroemülsiyonuna dönüşmüştür.

C_1E_3 /Brij35(1/1) surfaktan karışımı tabanlı mikroemülsiyon sisteminin σ , elektriksel iletkenlik değerinin Q_{SU} kesri ile değişimi Şekil 4.2.1.2 de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi, su/yağ mikroemülsiyonunun yağ/su mikroemülsiyon tipine dönüşümü daha büyük su kesrinde gerçekleşmiştir.

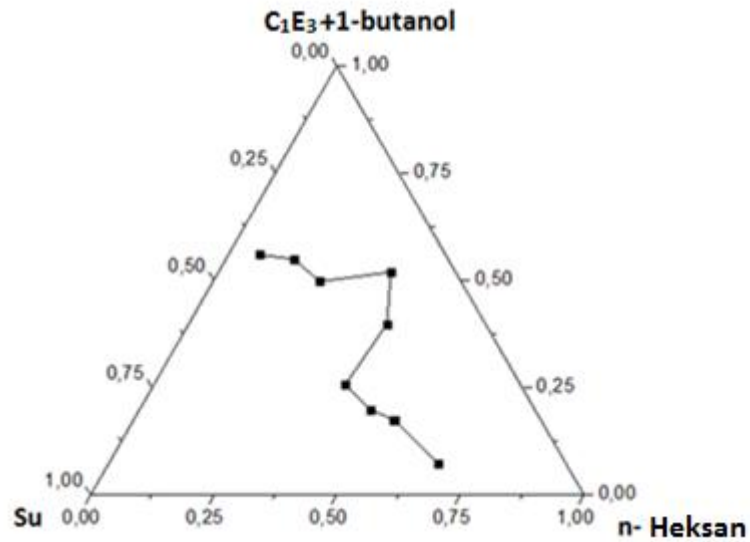
Şekil 4.2.2.3 de C_2E_4 ve C_2E_4 /Brij35(1/1) tabanlı mikroemülsiyon sistemlerinin σ elektriksel iletkenliğinin Q_{SU} kesri ile değişimleri birlikte gösterilmiştir. C_1E_3 tabanlı sistemlerle karşılaştırıldığında faz dönüşümünün gerçekleştiği Q_{SU} nun eşik değerinin C_2E_4 temelli sistem için bulunan değerden daha düşük olduğu görülür. Benzer şekilde, C_1E_3 /Brij35(1/1) sistemi için verilen Şekil 4.2.1.2 den bulunan Q_{SU} kesrinin de C_2E_4 /Brij35(1/1) tabanlı sistemin eşik su kesri değerinden daha küçük olduğu saptanmıştır.

Şekil 4.2.3.3. de ise C_6E_2 ve C_6E_2 /Brij35(1/1) tabanlı mikroemülsiyon sistemlerinin σ elektriksel iletkenliğinin Q_{SU} kesri ile değişimi çizilmiştir. Önce incelenen sistemlere göre bu sistemde iki ayırt edici özellik ortaya çıkmıştır. Birincisi, C_6E_2 tabanlı sistemde su/yağ ve yağ/su mikroemülsiyon tipleri arasında görülen faz dönüşümünün geniş bir Q_{SU} eşik aralığında gerçekleşmesidir. İkincisi de C_6E_2 /Brij 35 (1/1) tabanlı sistemin faz dönüşüm aralığına karşı gelen Q_{SU} değeri diğer sistemlerden daha büyüktür.

4.1.1.1. C₁E₃, C₂E₄, C₆E₂, C₂E₆ surfaktanları +1-butanol/ n-Heksan / su sisteminde faz davranışı

Tablo 4.1.1.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitler

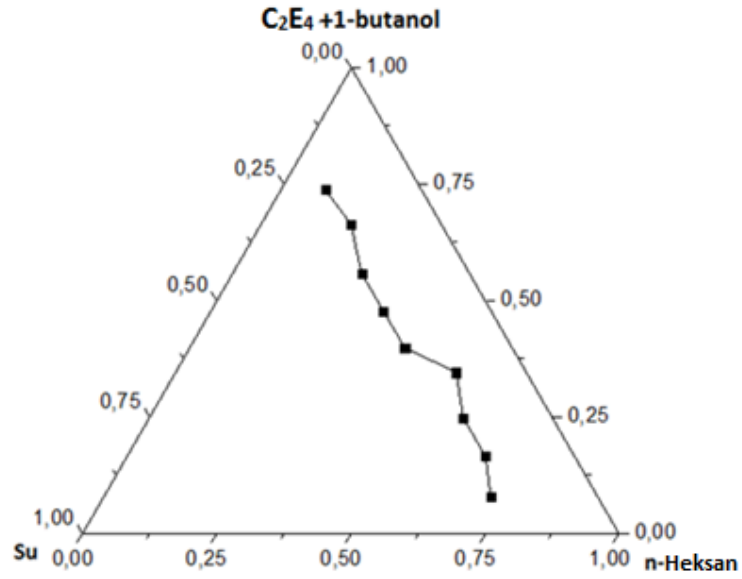
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	66,716	7,339	25,945
2	52,840	17,437	29,723
3	46,760	19,840	33,400
4	38,810	25,614	35,576
5	40,161	39,759	20,080
6	34,965	51,923	13,112
7	21,536	49,749	28,715
8	13,870	54,924	31,207
9	6,285	56,002	37,712



Şekil 4.1.1.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.1.2. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

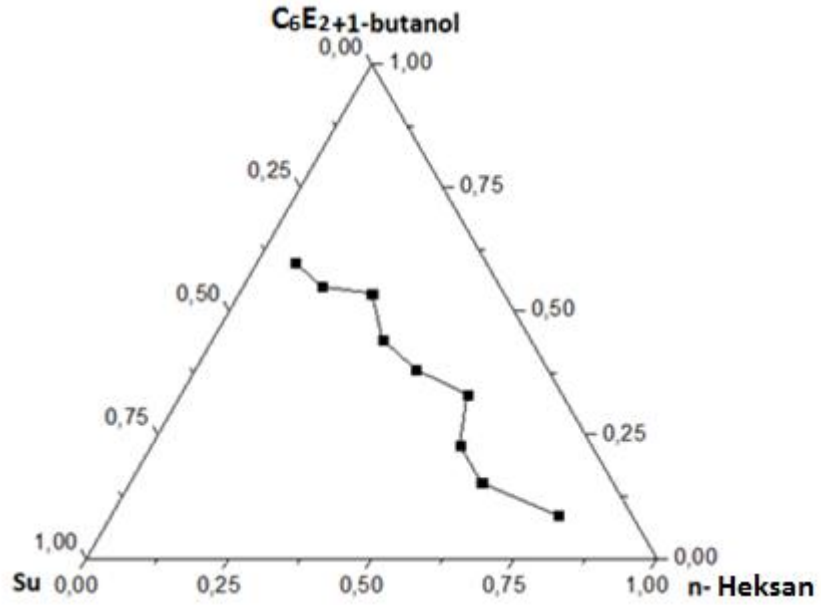
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	72,058	7,926	20,016
2	66,778	16,527	16,694
3	58,479	24,812	16,708
4	52,356	34,555	13,089
5	40,161	39,759	20,080
6	32,154	47,749	20,096
7	24,135	55,752	20,113
8	16,778	66,443	16,778
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.1.2. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.1.3. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

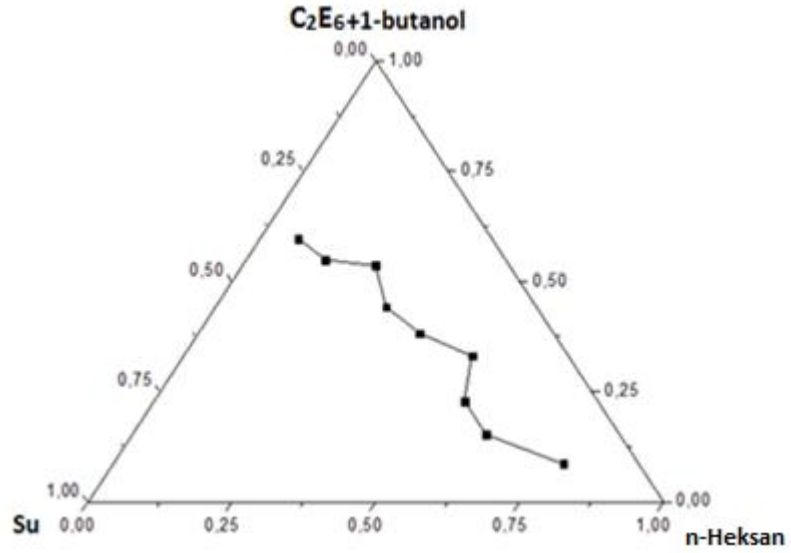
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	61,633	15,254	23,112
3	53,971	22,899	23,130
4	50,167	33,110	16,722
5	38,610	38,224	23,166
6	29,762	44,196	26,042
7	23,202	53,596	23,202
8	13,869	54,924	31,207
9	6,707	59,758	33,534



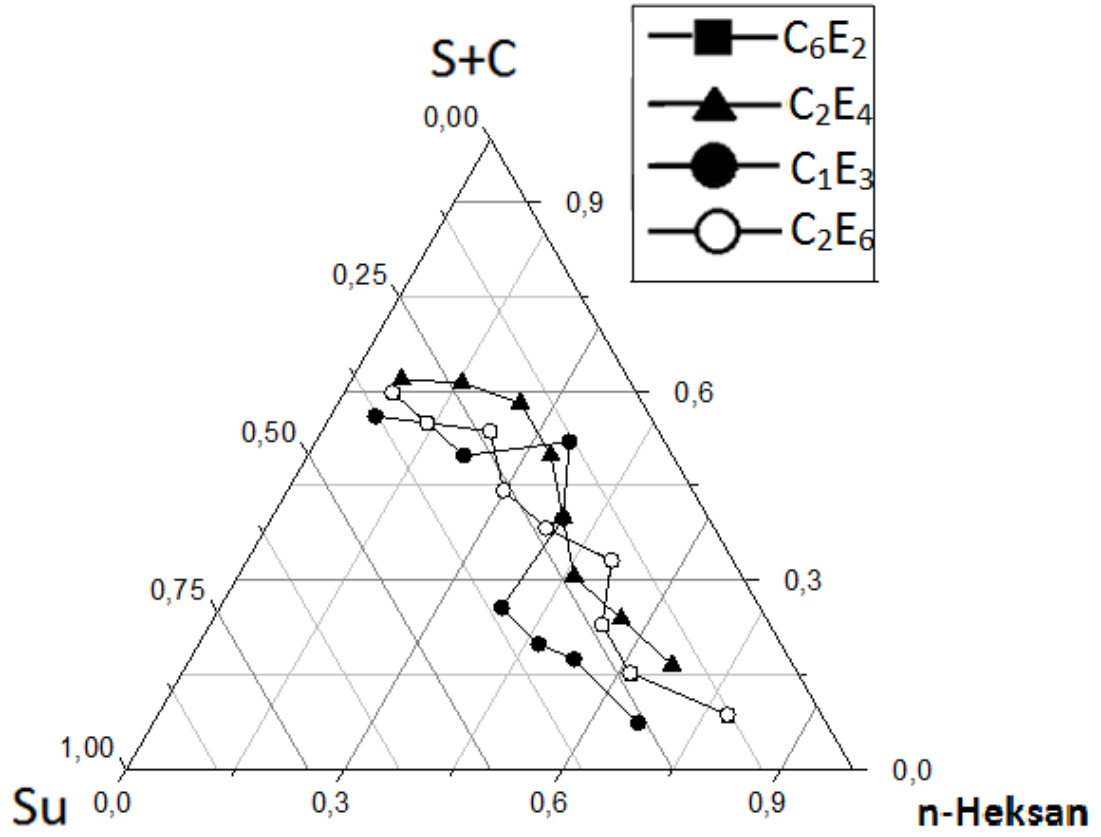
Şekil 4.1.1.3. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.1.4. 25°C de C₂E₆, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitler

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	61,491	15,219	23,059
3	53,971	22,899	23,130
4	50,167	33,110	16,722
5	38,610	38,224	23,166
6	29,762	44,196	26,042
7	23,202	53,596	23,202
8	13,870	54,924	31,206
9	6,707	59,758	33,534



Şekil 4.1.1.4. 25°C de C₂E₆, 1-butanol, n- heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.1.5. C_6E_2 , C_2E_4 , C_1E_3 ve C_2E_6 surfaktanlarının su sistemindeki çözünürleştirme limitleri grafiği

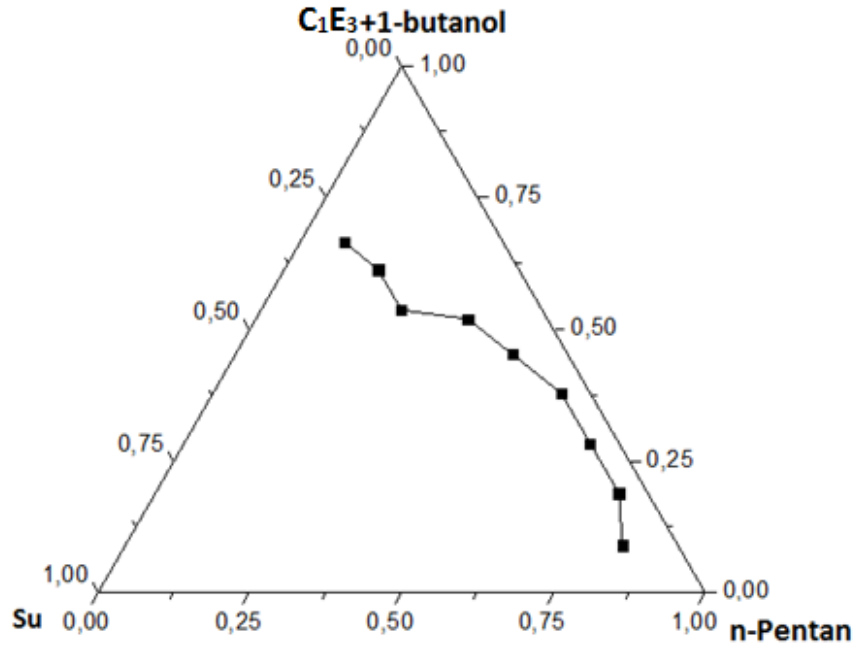
Tablo 4.1.1.5. C_iE_{j+1} -butanol/n-heksan/su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (% A_T) surfaktan tipine göre değişimi

Surfaktan	C_1E_3	C_2E_4	C_2E_6	C_6E_2
% A_T	49	36	40	40

4.1.2. C₁E₃+1-butanol/n-pentan/tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.2.1. 25^oC de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

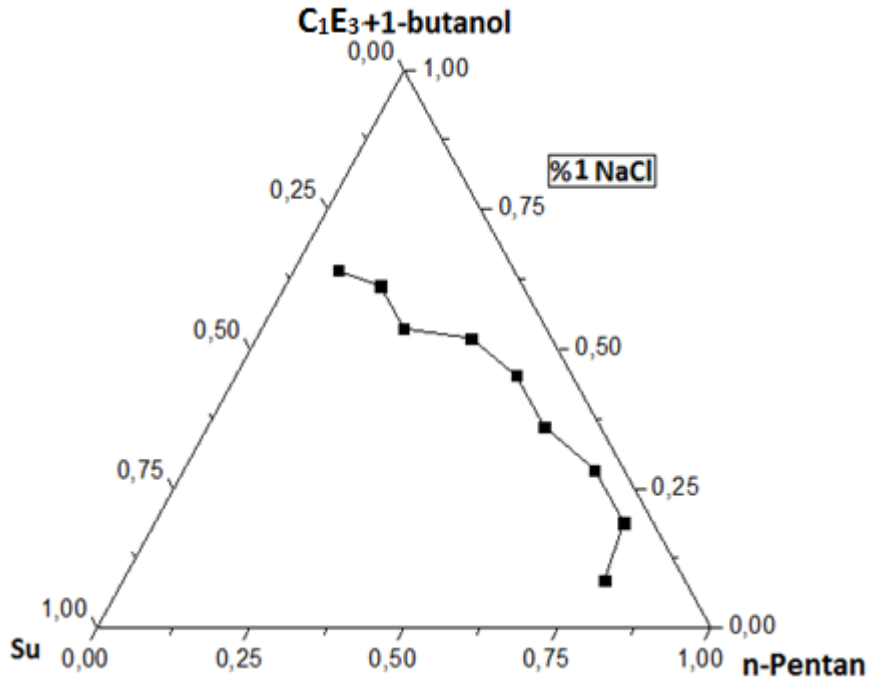
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	76,336	18,893	4,771
3	66,858	28,367	4,775
4	57,361	37,858	4,780
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	23,202	53,596	23,202
8	15,480	61,300	23,220
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.2.1. 25^oC de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.2.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

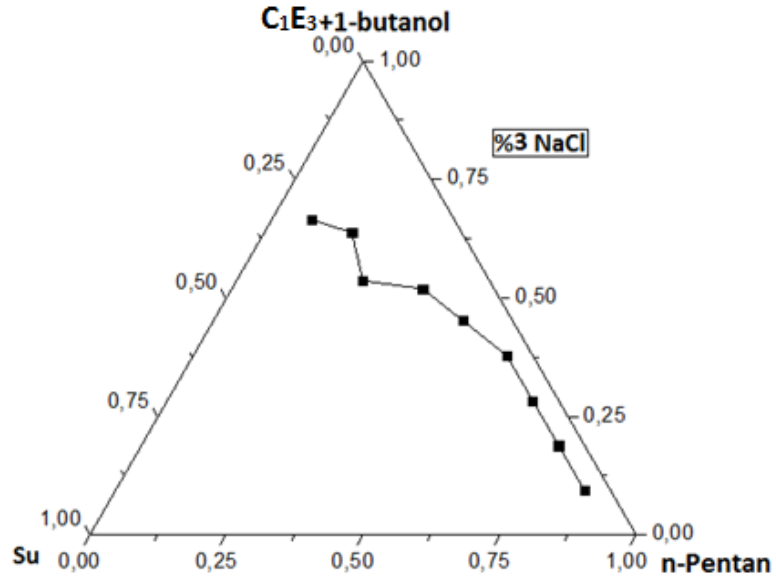
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	76,336	18,893	4,771
3	66,858	28,367	4,775
4	54,744	36,131	9,124
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	23,202	53,596	23,202
8	15,480	61,300	23,220
9	7,189	64,055	28,756



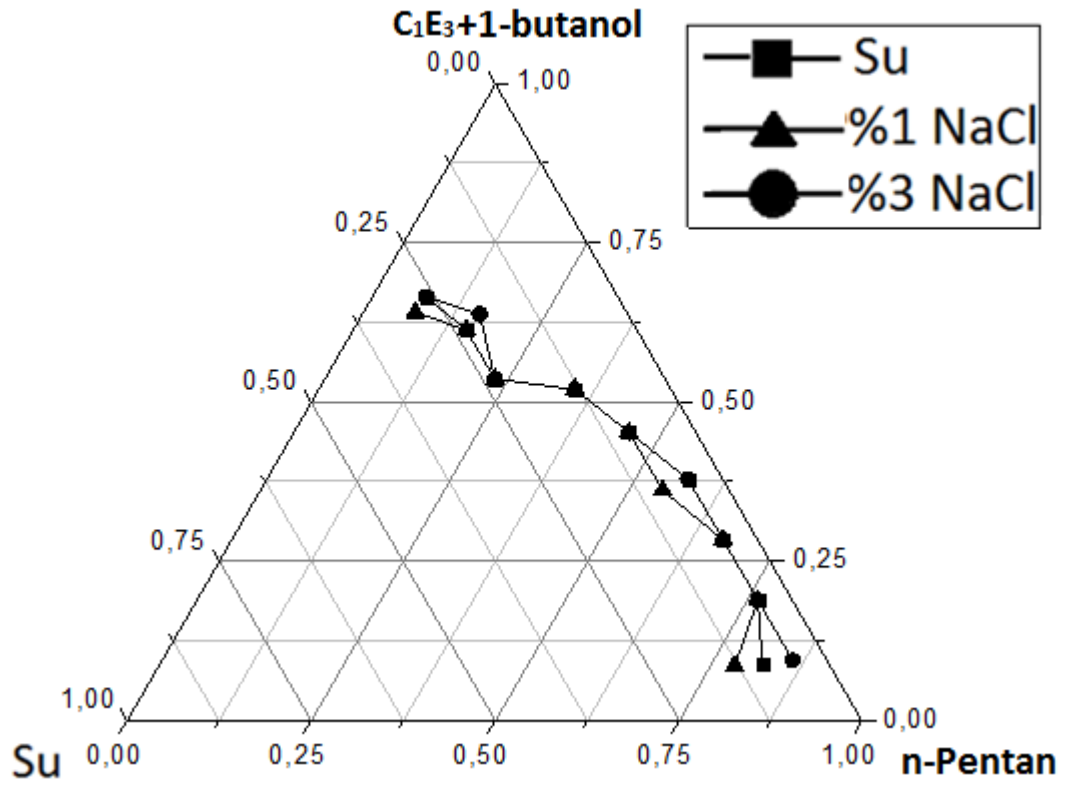
Şekil 4.1.2.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.2.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	85,796	9,438	4,766
2	76,336	18,893	4,771
3	66,858	28,367	4,775
4	57,361	37,858	4,780
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	23,202	53,596	23,202
8	16,103	63,768	20,129
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.2.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-pentan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.2.4. 25°C de Tri etilen glikol mono metil eter, 1-butanol, n-pentane ve %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

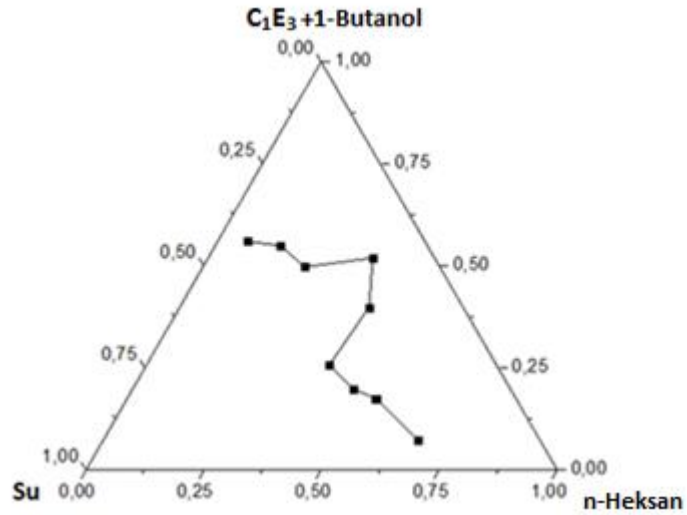
Tablo 4.1.2.4. C₁E₃+1-butanol/ n-pentane /su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (%AT) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	Su	% 1	% 3
%AT	25.5	25.25	26.75

4.1.3. C₁E₃+1-butanol / n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.3.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitler

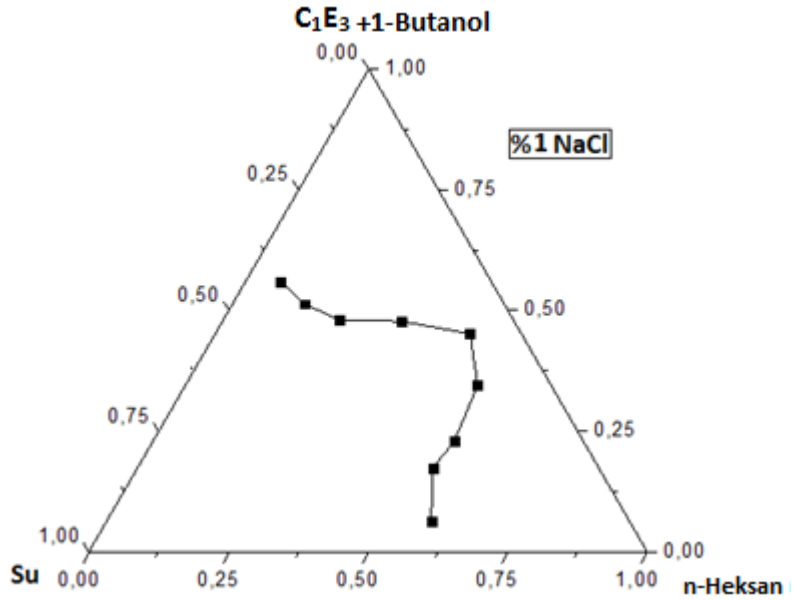
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	66,716	7,339	25,945
2	52,840	17,437	29,723
3	46,760	19,840	33,400
4	38,810	25,614	35,576
5	40,161	39,759	20,080
6	34,965	51,923	13,112
7	21,536	49,749	28,715
8	13,870	54,924	31,207
9	6,285	56,002	37,712



Şekil 4.1.3.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.3.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitler

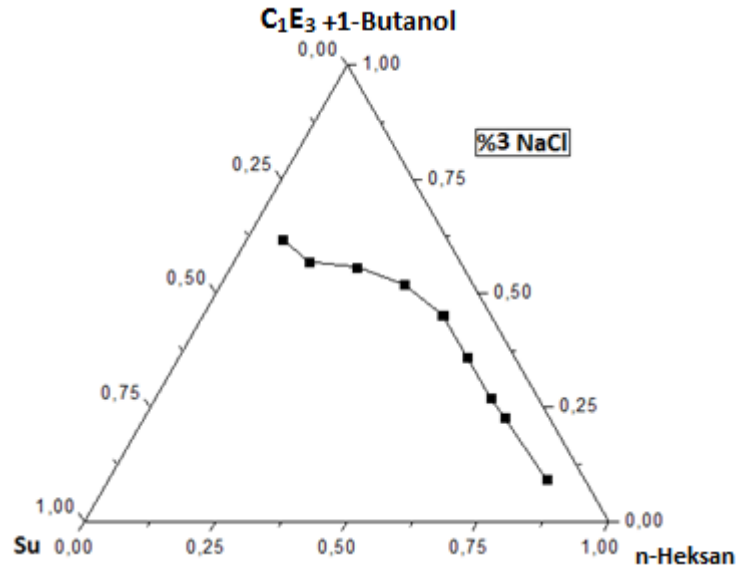
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	58,102	6,391	35,507
2	52,840	17,437	29,723
3	53,971	22,899	23,130
4	52,356	34,555	13,089
5	45,662	45,205	9,132
6	32,154	47,749	20,096
7	20,790	48,025	31,185
8	12,970	51,362	35,668
9	6,285	56,002	37,712



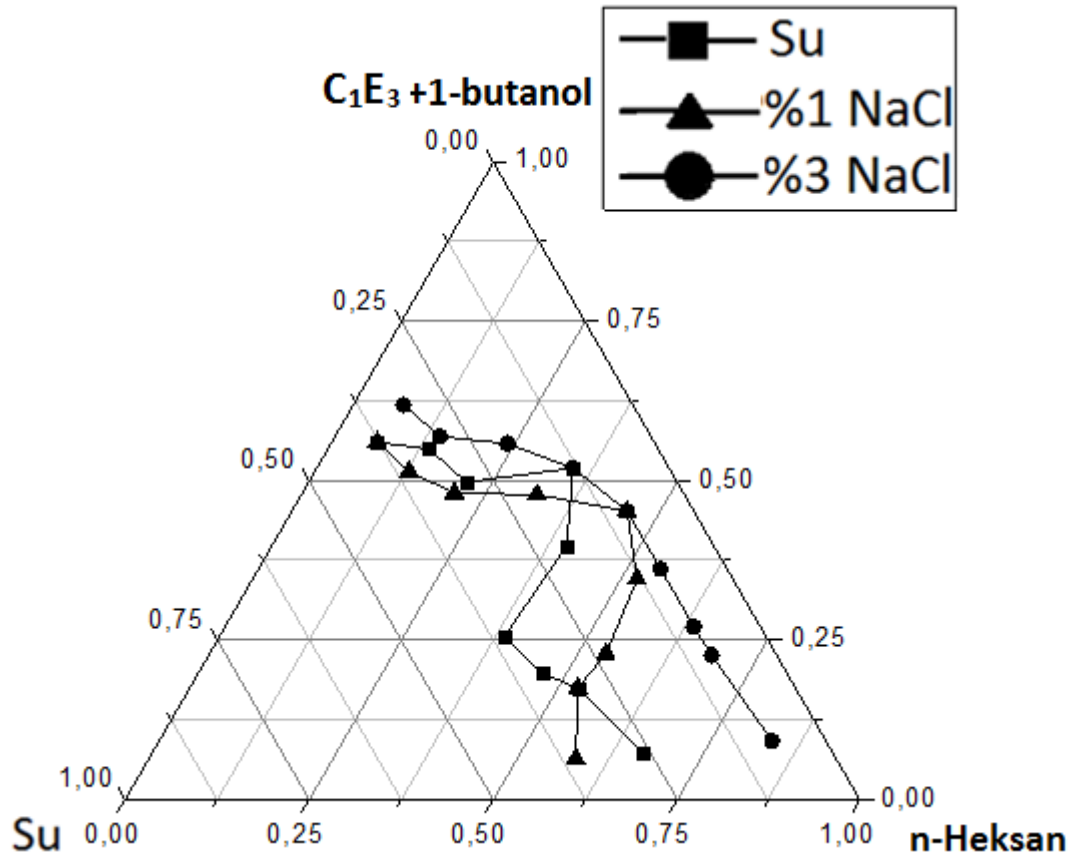
Şekil 4.1.3.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.3.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitler

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	83,411	9,175	7,414
2	68,728	22,680	8,951
3	63,810	27,074	9,116
4	54,744	36,131	9,124
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	24,135	55,752	20,113
8	14,368	56,896	28,736
9	6,940	61,832	31,228



Şekil 4.1.3.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.3.4. 25^oC de C₁E₃, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

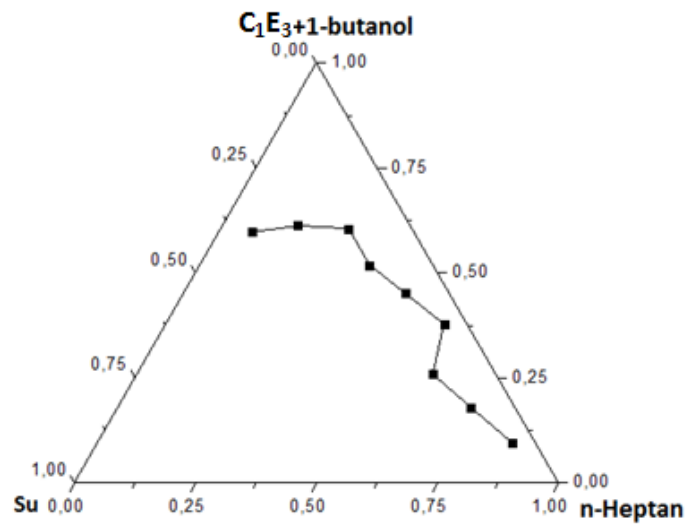
Tablo 4.1.3.4. C₁E₃+1-butanol/ n-hekzan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (%A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	su	% 1	% 3
% A _T	49	45.5	27.5

4.1.4. C₁E₃+1-butanol/ n-heptan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.4.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

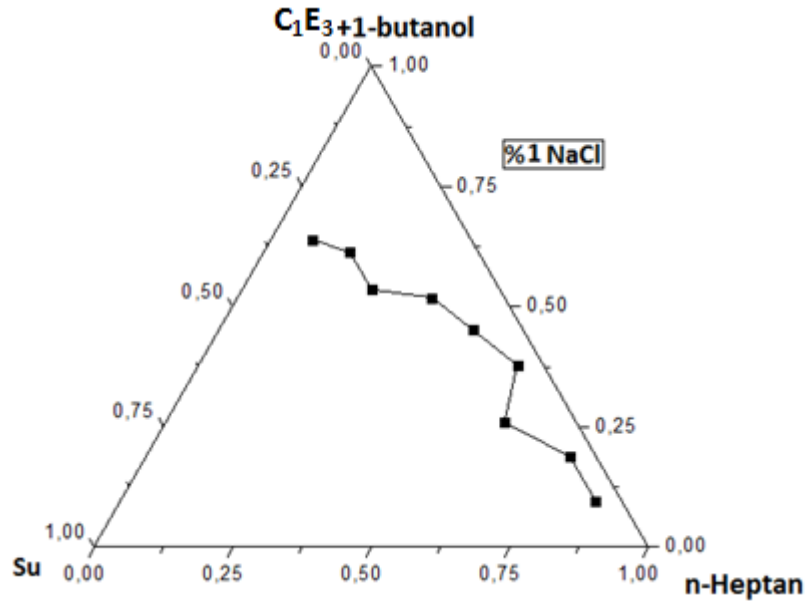
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	85,796	9,438	4,766
2	72,860	18,033	9,107
3	61,028	25,894	13,078
4	57,361	37,858	4,780
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	26,247	60,630	13,123
8	15,480	61,300	23,220
9	6,707	59,758	33,534



Şekil 4.1.4.1. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.4.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

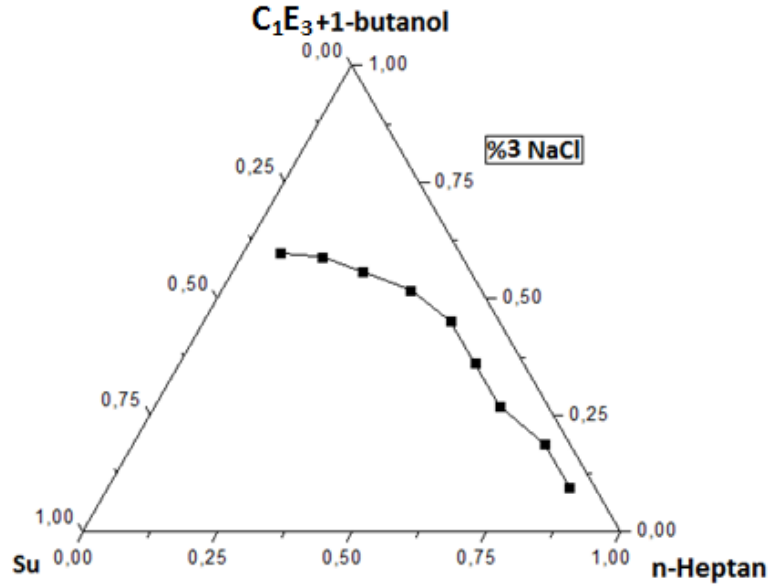
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	85,796	9,438	4,766
2	76,336	18,893	4,771
3	61,028	25,894	13,078
4	57,361	37,858	4,780
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	23,202	53,596	23,202
8	15,480	61,300	23,220
9	7,189	64,055	28,756



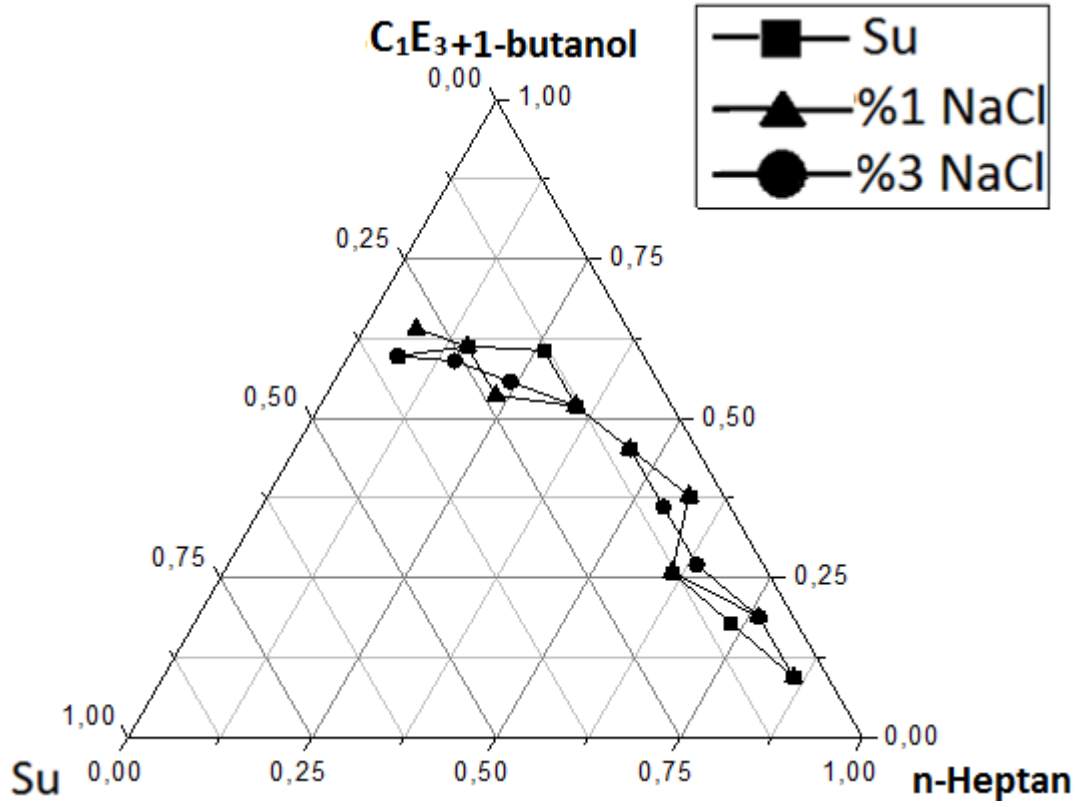
Şekil 4.1.4.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.4.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	85,796	9,438	4,766
2	76,336	18,893	4,771
3	63,810	27,074	9,116
4	54,764	36,131	9,124
5	45,662	45,205	9,132
6	34,965	51,923	13,112
7	24,135	55,752	20,113
8	14,903	59,016	26,080
9	6,707	59,758	33,534



Şekil 4.1.4.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.4.4. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürlüştürme limitleri grafiği

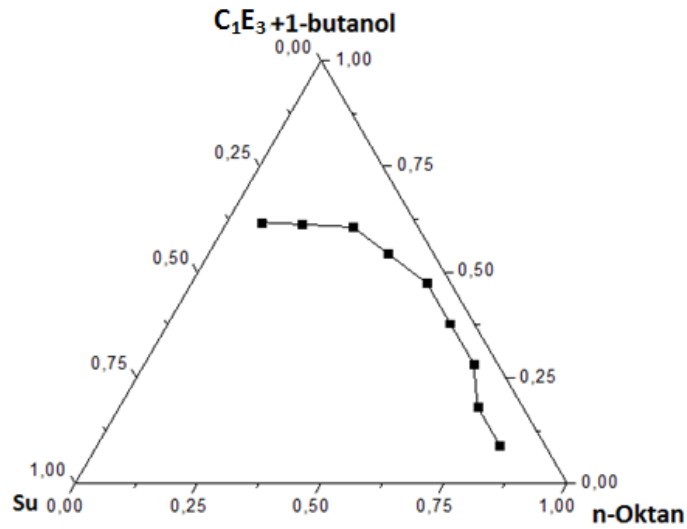
Tablo 4.1.4.4. C₁E₃+1-butanol/ n-heptan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (% A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

%NaCl	su	% 1	%3
% A _T	26	25.25	26.5

4.1.5. C₁E₃+1-butanol/ n-oktan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.5.1. 25^oC de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

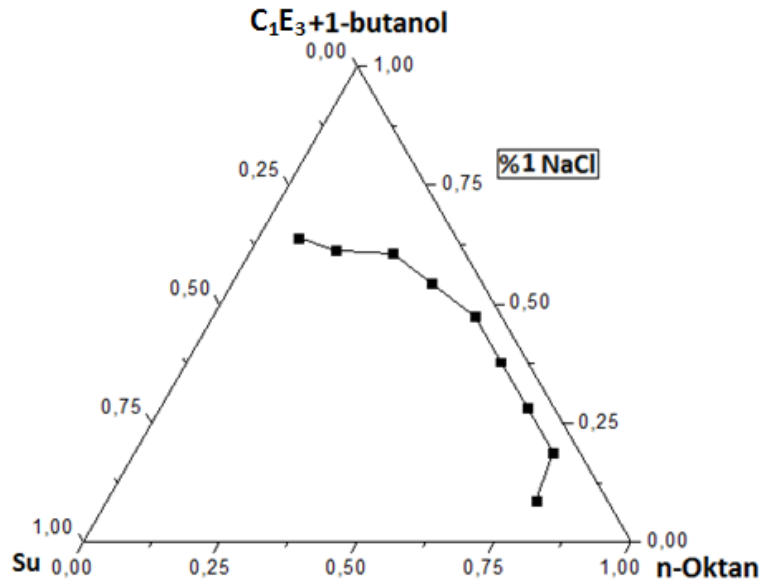
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	72,860	18,033	9,107
3	66,858	28,367	4,775
4	57,361	37,858	4,780
5	47,847	47,368	4,785
6	36,563	54,296	9,141
7	26,247	60,630	13,123
8	15,480	61,300	23,220
9	6,940	61,832	31,228



Şekil 4.1.5.1. 25^oC de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.5.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

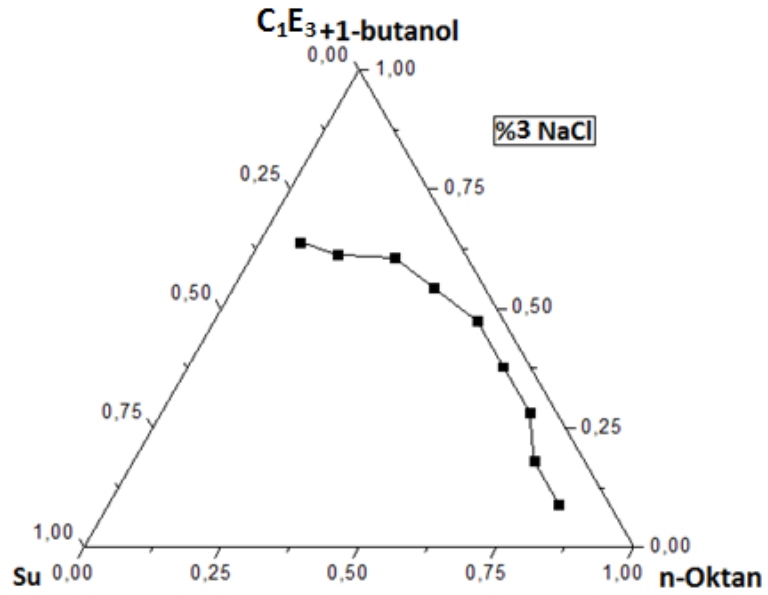
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	76,336	18,893	4,771
3	66,858	28,367	4,775
4	57,361	37,858	4,780
5	47,847	47,368	4,785
6	36,563	54,296	9,141
7	26,247	60,630	13,123
8	15,480	61,300	23,220
9	7,189	64,055	28,756



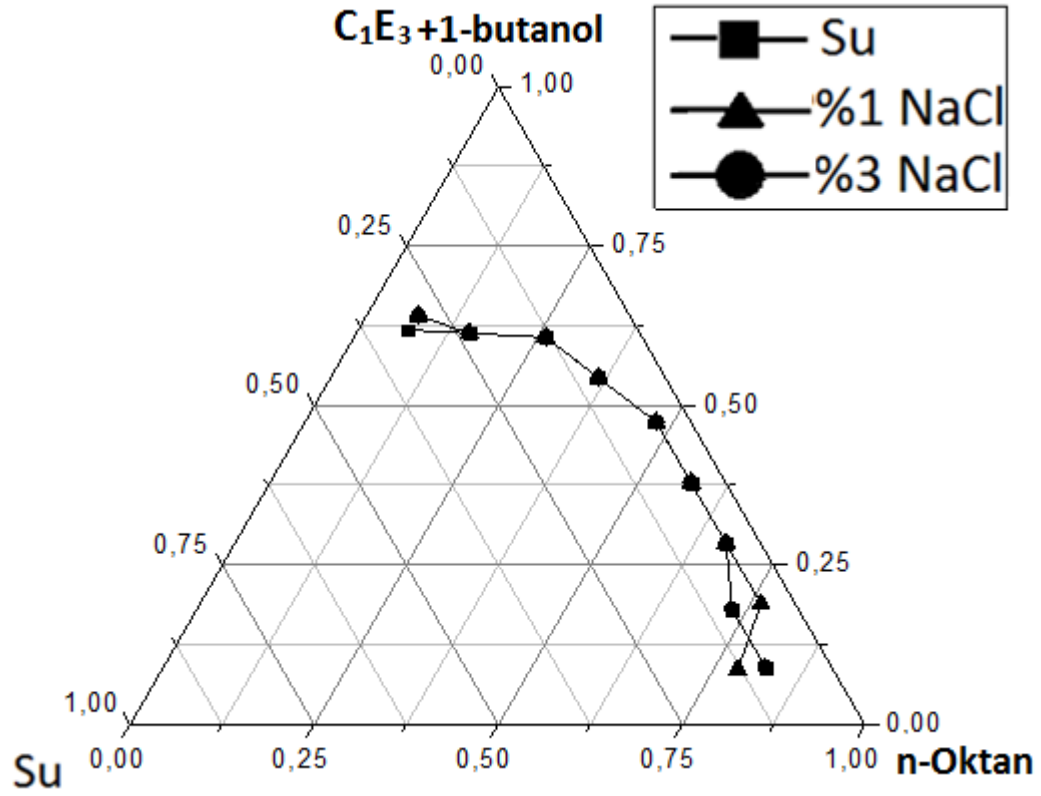
Şekil 4.1.5.2. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.5.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	72,860	18,033	9,107
3	66,858	28,367	4,775
4	57,361	37,858	4,780
5	47,847	47,368	4,785
6	36,563	54,296	9,141
7	26,247	60,630	13,123
8	15,480	61,300	23,220
9	7,189	64,055	28,756



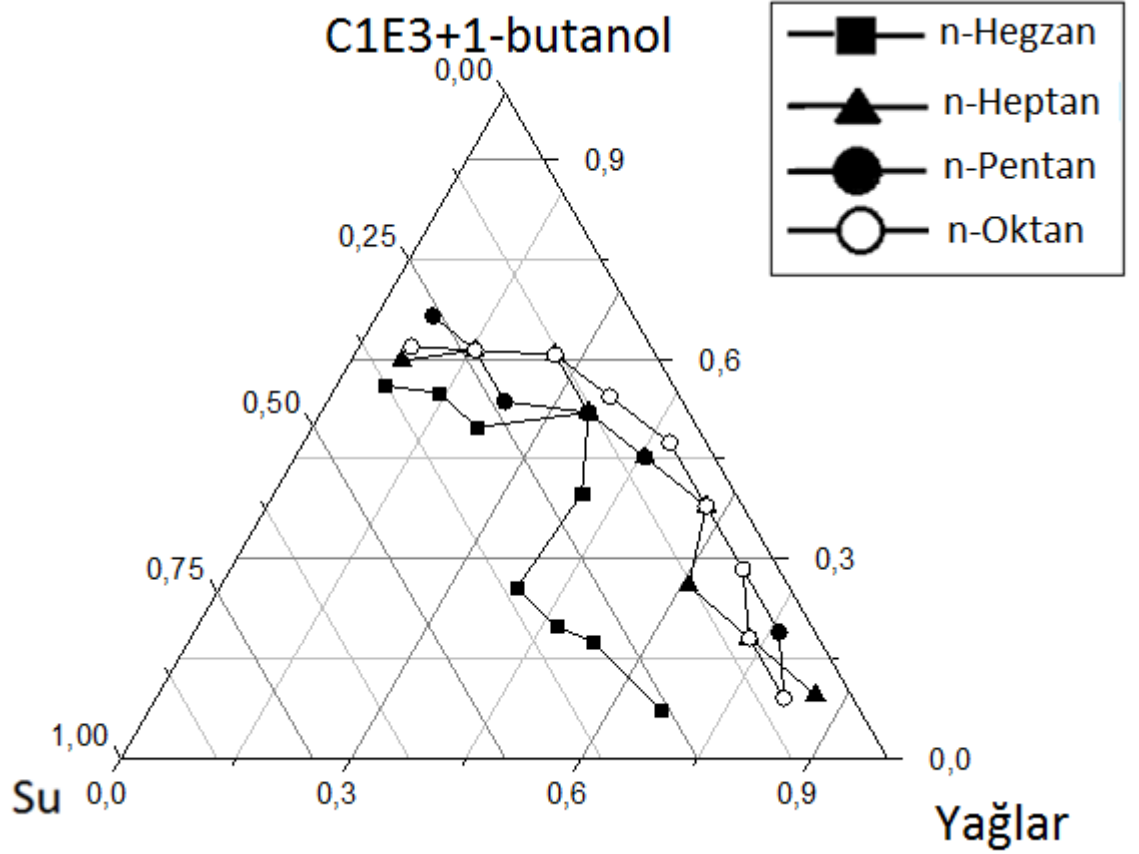
Şekil 4.1.5.3. 25°C de C₁E₃, 1-butanol, n-Oktan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.5.4. 25°C de C_1E_3 , 1-butanol, n-Oktan ve %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.5.4. C_1E_3 +1-butanol/ n-oktan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (% A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

%NaCl	su	% 1	% 3
% A_T	23.50	23.75	23.25



Şekil 4.1.5.5. $C_{1E_3}+1$ -butanol ve çalışılan yağların su sistemindeki grafiği

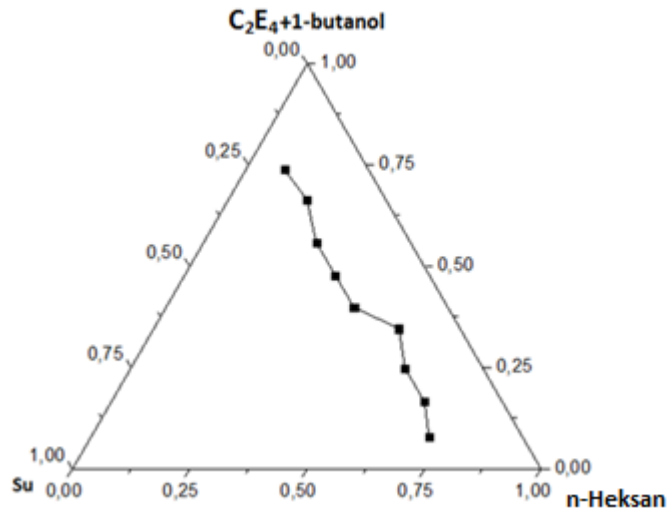
Tablo 4.1.5.5. $C_{1E_3}+1$ -butanol ve çalışılan yağların su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının ($\%A_T$) değerleri

$\% Yağ$	n-Hegzan	n-Heptan	n-Pentan	n-Oktan
$\% A_T$	49	26	25,50	23,50

4.1.6. C₂E₄+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.6.1. 25^oC de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

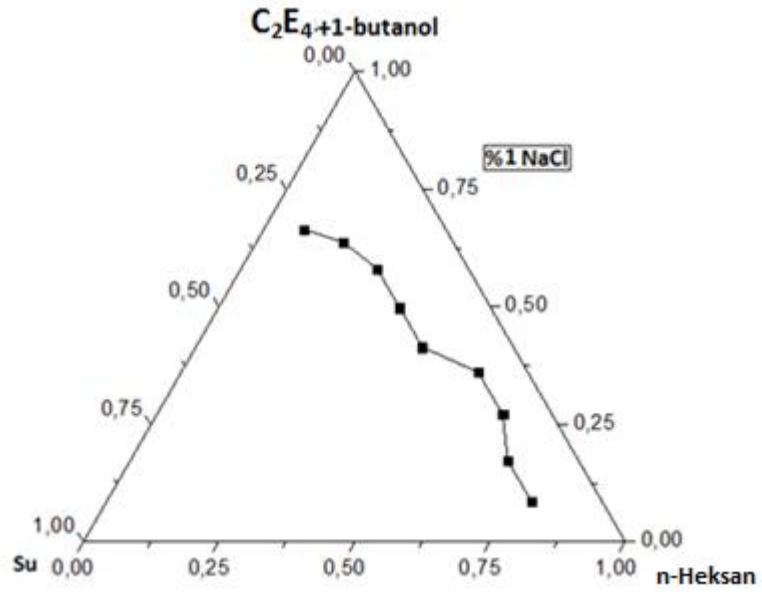
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	72,058	7,926	20,016
2	66,778	16,527	16,694
3	58,479	24,812	16,708
4	52,356	34,555	13,089
5	40,161	39,759	20,080
6	32,154	47,749	20,096
7	24,135	55,752	20,113
8	16,778	66,443	16,778
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.6.1. 25^oC de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.6.2. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

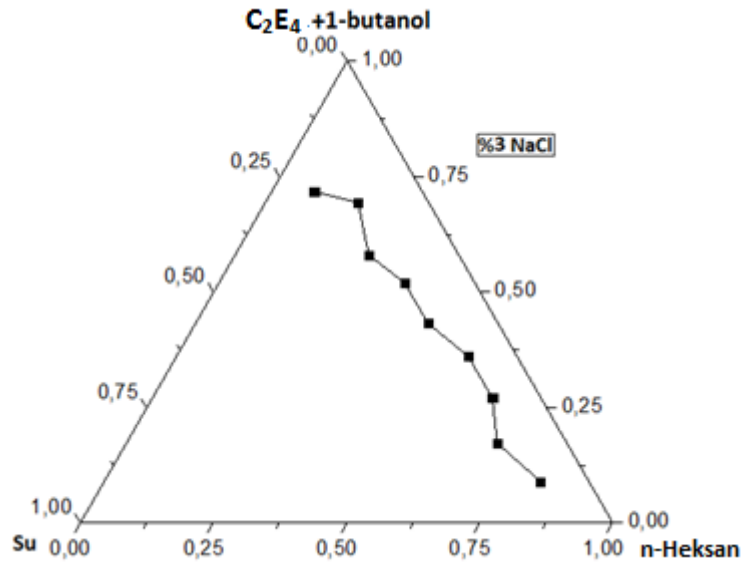
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	69,686	17,247	13,066
3	63,810	27,074	9,116
4	54,744	36,131	9,124
5	41,841	41,422	16,736
6	33,501	49,749	16,750
7	25,147	58,089	16,764
8	16,103	63,768	20,129
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.6.2. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.6.3. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

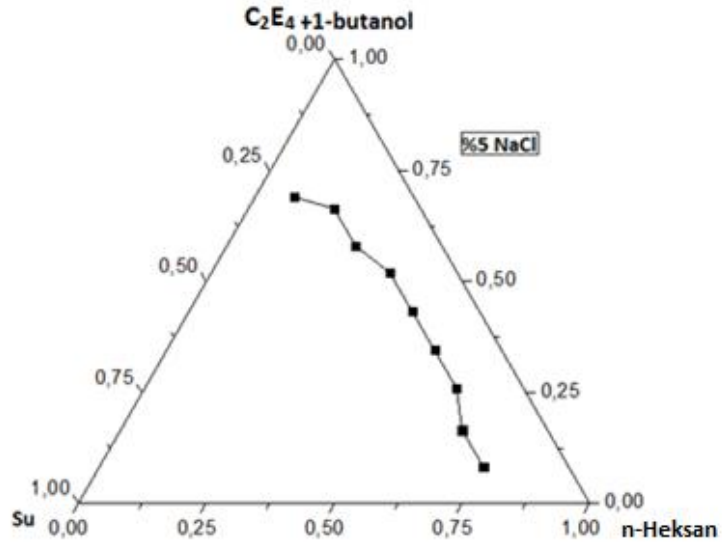
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	69,686	17,247	13,066
3	63,810	27,074	9,116
4	54,744	36,131	9,124
5	43,668	43,231	13,100
6	34,965	51,923	13,112
7	25,147	58,089	16,764
8	17,513	69,352	13,135
9	8,058	71,797	20,145



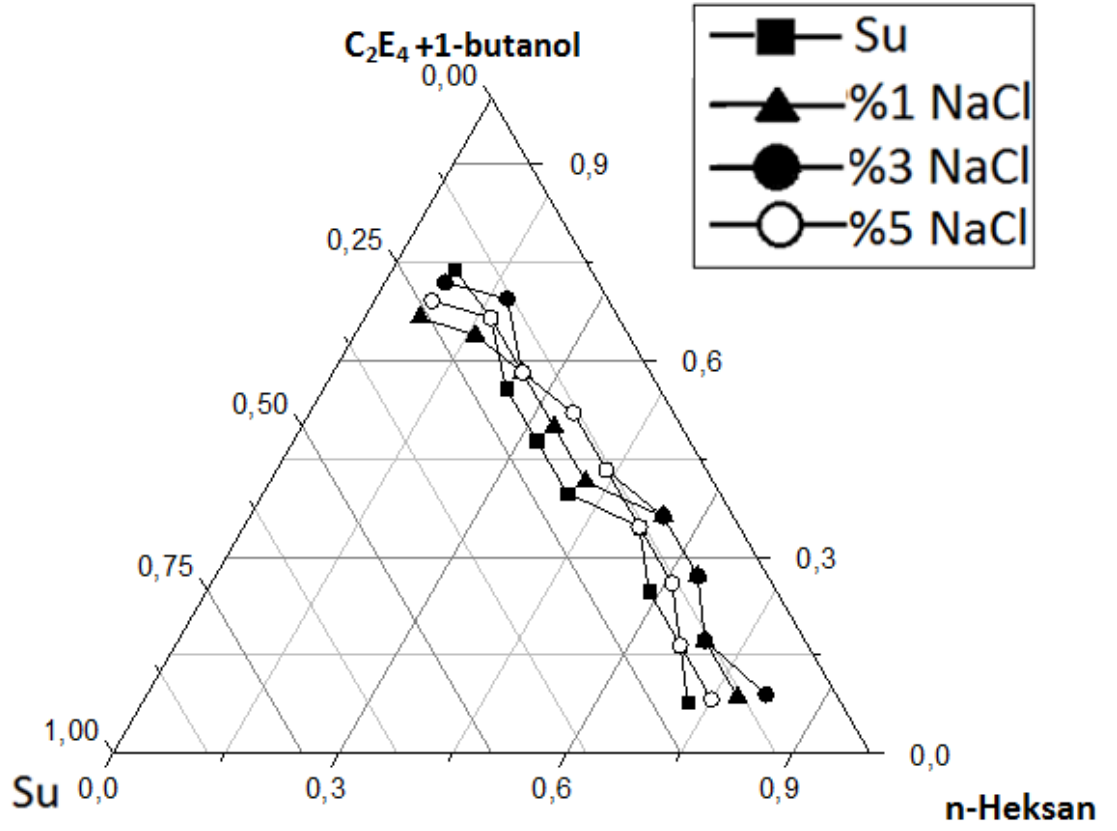
Şekil 4.1.6.3. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.6.4. 25°C de C₂E₄,1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	75,062	8,257	16,681
2	66,778	16,527	16,694
3	61,029	25,894	13,077
4	52,356	34,555	13,089
5	43,668	43,231	13,100
6	34,965	51,923	13,112
7	25,147	58,089	16,764
8	16,778	66,443	16,778
9	7,746	69,016	23,238



Şekil 4.1.6.4. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.6.5. 25°C de C₂E₄, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

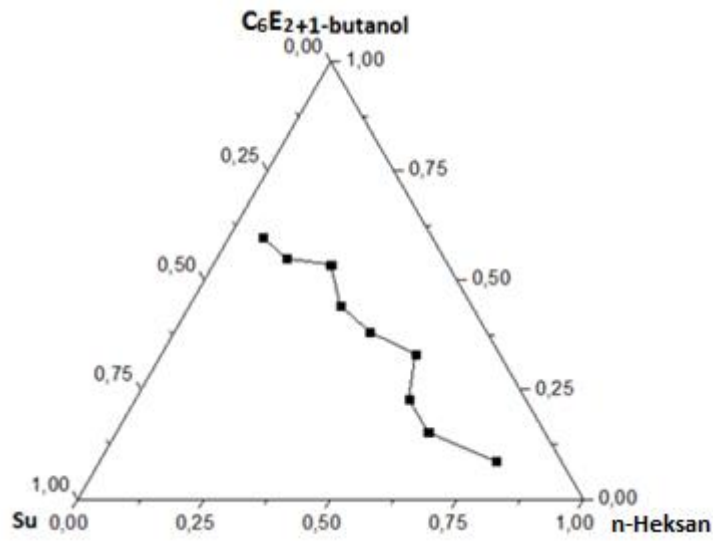
Tablo 4.1.6.5 C₂E₄+1butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (% A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	su	% 1	%3	% 5
% A _T	31.5	27.5	23.25	28.25

4.1.7. C₆E₂+ 1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.7.1. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

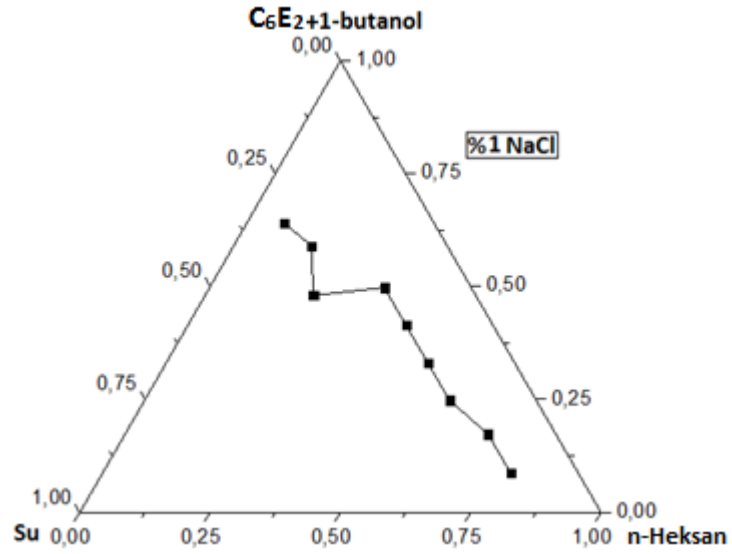
Numune	%W _{yağ}	%W _{s+c}	%W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	61,633	15,254	23,112
3	53,971	22,899	23,130
4	50,167	33,110	16,722
5	38,610	38,224	23,166
6	29,762	44,196	26,042
7	23,202	53,596	23,202
8	13,869	54,924	31,207
9	6,707	59,758	33,534



Şekil 4.1.7.1. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.7.2. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

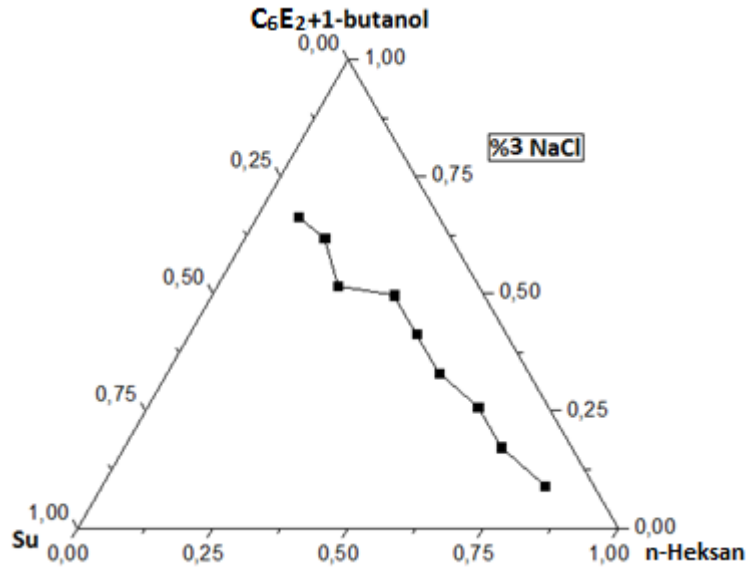
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	69,686	17,247	13,066
3	58,479	24,812	16,708
4	50,167	33,110	16,722
5	41,841	41,423	16,736
6	33,501	49,749	16,750
7	20,790	48,025	31,185
8	14,903	59,016	26,080
9	7,189	64,055	28,756



Şekil 4.1.7.2. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.7.3. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

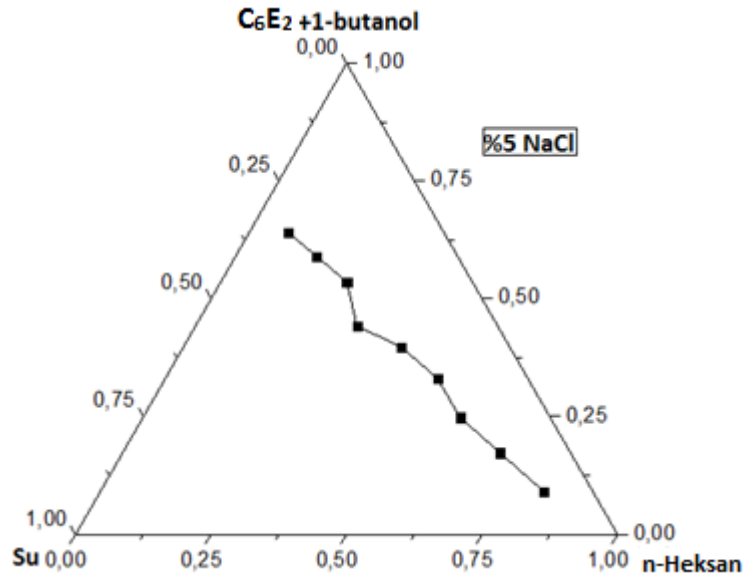
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	69,686	17,247	13,066
3	61,029	25,894	13,077
4	50,167	33,110	16,722
5	41,841	41,423	16,736
6	33,501	49,749	16,750
7	22,338	51,601	26,061
8	14,480	61,300	23,220
9	7,457	66,443	26,100



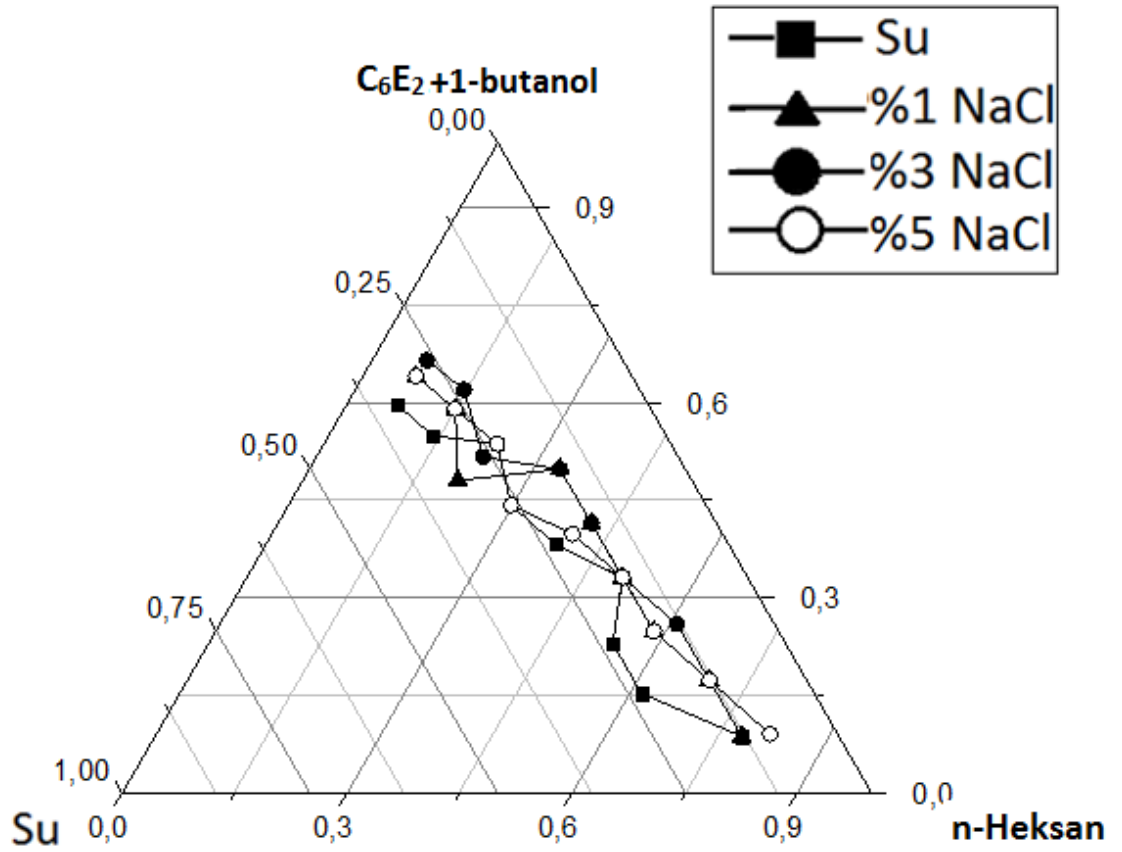
Şekil 4.1.7.3. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.7.4. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	69,686	17,247	13,066
3	58,479	24,812	16,708
4	50,167	33,110	16,722
5	40,161	39,759	20,080
6	29,762	44,196	26,042
7	23,202	53,596	23,202
8	14,903	59,016	26,080
9	7,189	64,055	28,756



Şekil 4.1.7.4. 25°C de C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.7.5. 25°C C₆E₂, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

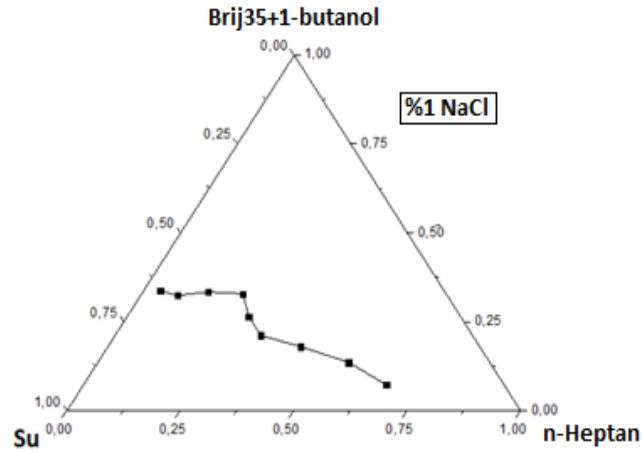
Tablo 4.1.7.5. C₆E₂ + 1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	su	%1	%3	%5
% A _T	40	34	31	34.5

4.1.8. Brij 35 +1-butanol/ n-heptan/ tuzlu su sistemin faz davranışı

Tablo 4.1.8.1. 25°C de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve % 1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

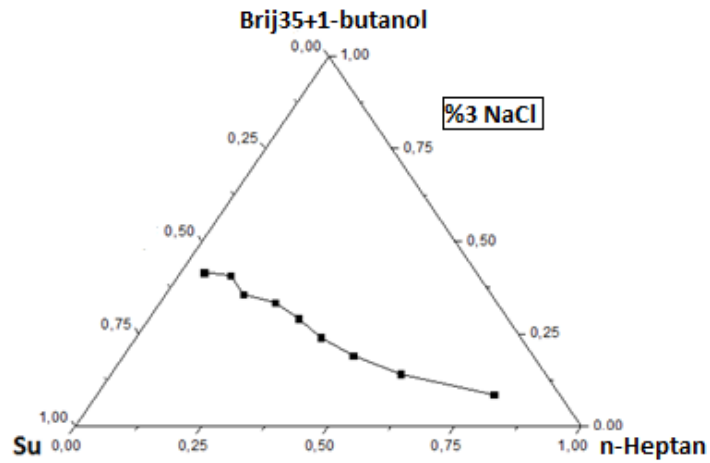
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	66.716	7.338	25.945
2	55.248	13.674	31.077
3	42.501	18.032	39.465
4	32.154	21.221	46.623
5	26.809	26.541	46.648
6	22.371	32.885	44.742
7	14.471	33.429	52.098
8	8.190	32.432	59.377
9	3.786	33.737	62.476



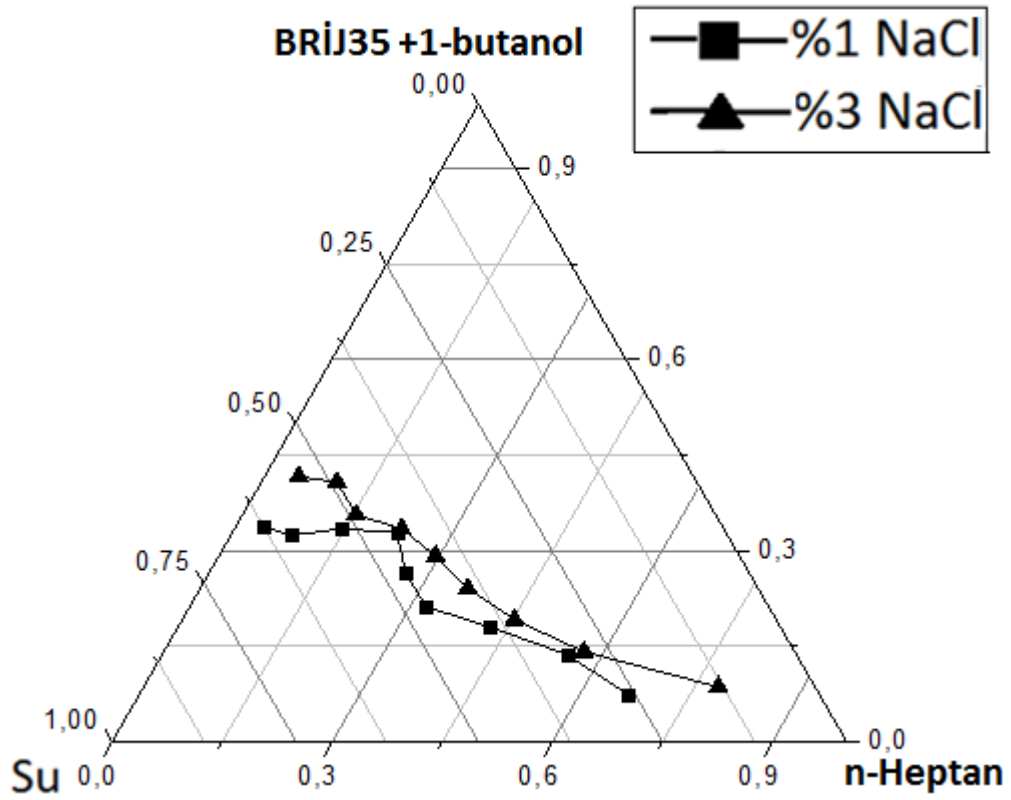
Şekil 4.1.8.1. 25°C de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve % 1 tuzlu su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.8.2. 25°C de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78.328	8.616	13.054
2	57.224	14.163	28.612
3	45.248	19.198	35.552
4	36.452	24.058	39.489
5	29.498	29.203	41.297
6	22.753	33.447	43.799
7	15.440	35.666	48.893
8	10.298	40.782	48.918
9	4.671	41.616	53.713



Şekil 4.1.8.2. 25°C de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve %3 tuzlu su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.8.3. 25^oC de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

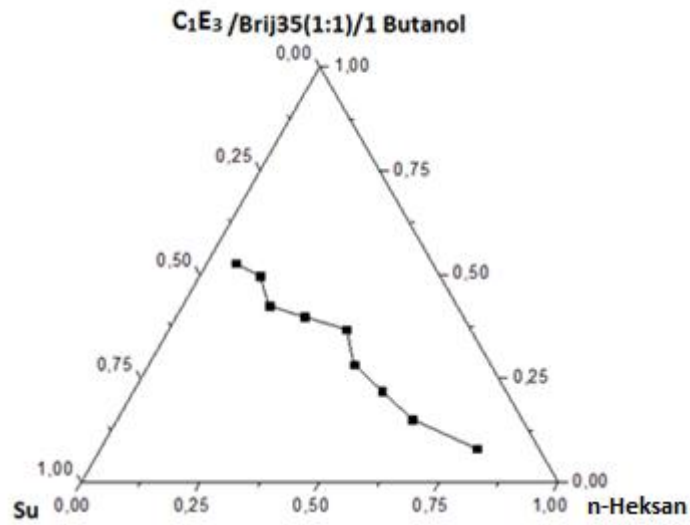
Tablo 4.1.8.3. 25^oC de Brij35, 1-butanol, n-heptan ve %3 NaCl, %1 NaCl su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	%1	%3
% A_T	67,50	60,75

4.1.9. C₁E₃+Brij35/ 1-butanol /n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.9.1. 25^oC de C₁E₃/Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

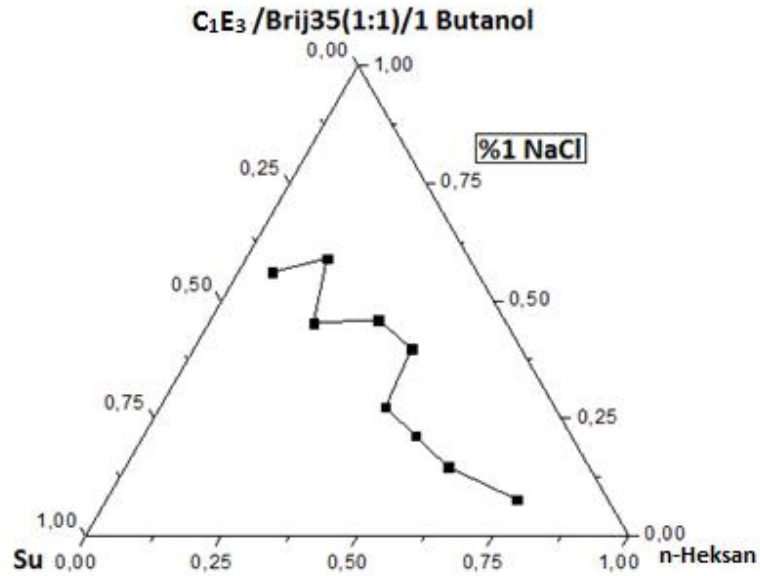
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,740	8,136	13,123
2	61,633	15,254	23,112
3	51,967	22,049	25,984
4	42,980	28,367	28,653
5	37,147	36,850	26,003
6	26,738	39,840	33,422
7	18,160	42,494	39,346
8	12,563	49,749	37,688
9	5,903	52,774	41,322



Şekil 4.1.9.1. 25^oC de C₁E₃/ Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.9.2. 25°C de C₁E₃/ Brij35 (1:1), 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

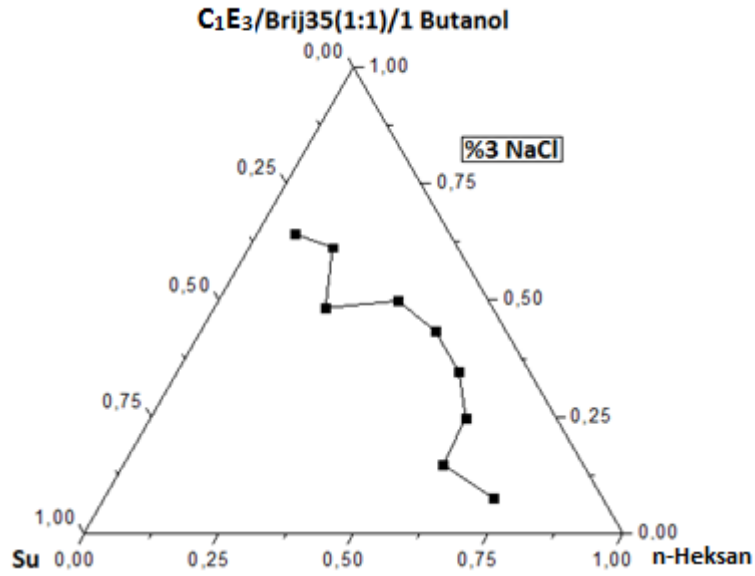
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	75,440	7,795	16,764
2	59,347	14,688	25,964
3	50,107	21,260	28,633
4	41,494	27,386	31,120
5	40,128	39,807	20,064
6	30,864	45,988	23,148
7	19,330	45,232	35,438
8	14,903	59,016	26,080
9	6,273	56,085	37,641



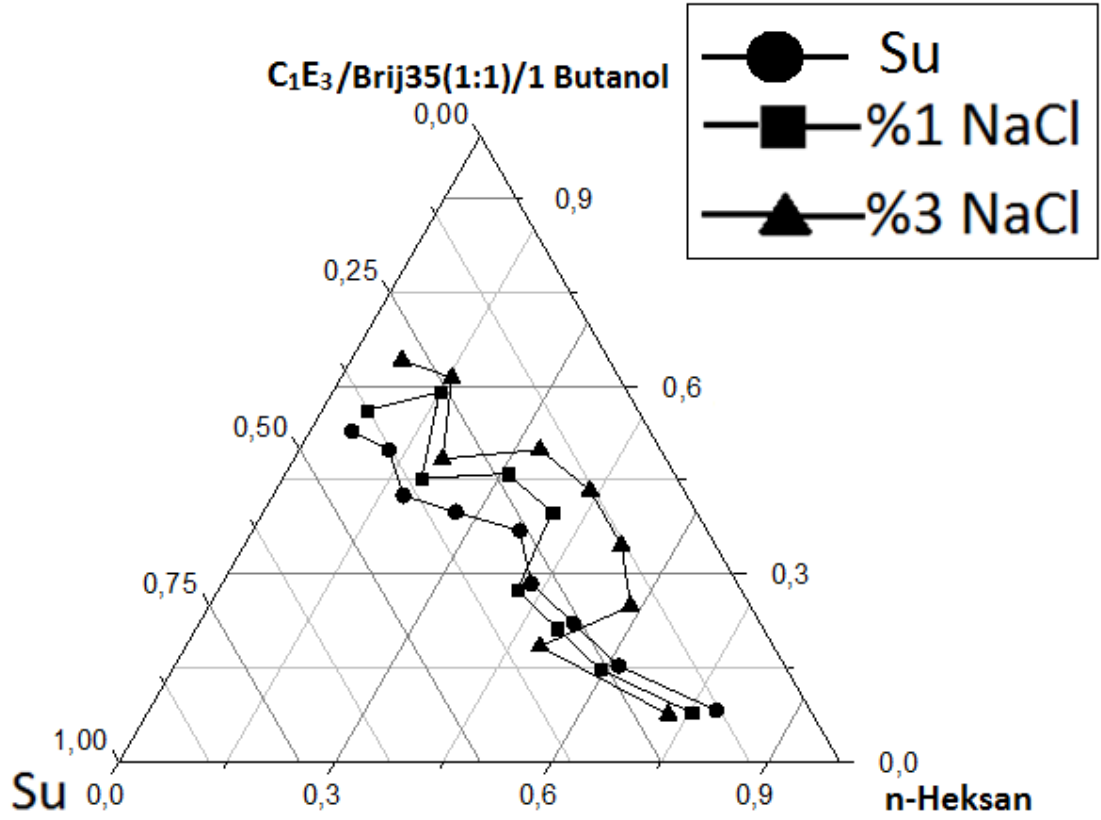
Şekil 4.1.9.2. 25°C de C₁E₃/ Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.9.3. 25°C de C₁E₃/ Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{S+c}	% W _{Su}
1	72,405	7,482	20,113
2	59,347	14,688	25,964
3	58,479	24,812	16,708
4	52,356	34,555	13,089
5	43,630	43,281	13,089
6	33,445	49,833	16,722
7	20,661	48,347	30,992
8	15,480	61,300	23,220
9	7,174	64,132	28,694



Şekil 4.1.9.3. 25°C de C₁E₃/ Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.9.4. 25°C de C_1E_3 / Brij35(1:1), 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl,% 1 NaCl,su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafığı

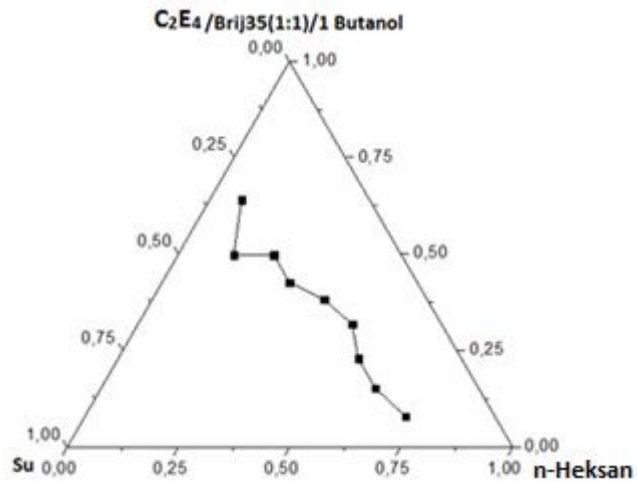
Tablo 4.1.9.4. C_1E_3 /Brij35(1:1)+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (AT) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	su	% 1	%3
% AT	49	46.75	37.50

4.1.10. C₂E₄/Brij35(1:1)+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.10.1. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

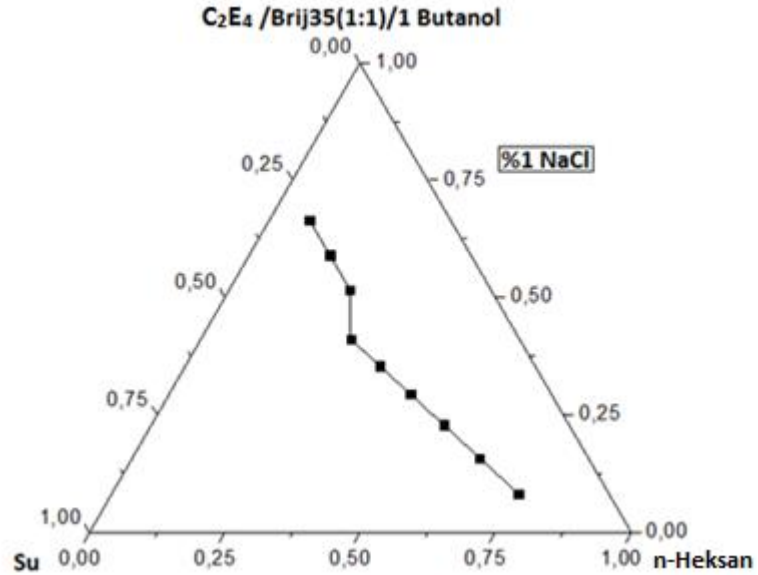
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	72,058	7,926	20,016
2	61,633	15,254	23,112
3	53,971	22,899	23,130
4	48,154	31,782	20,064
5	38,610	38,224	23,166
6	28,694	42,611	28,694
7	21,536	49,749	28,715
8	12,563	49,749	37,688
9	7,189	64,055	28,756



Şekil 4.1.10.1. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.10.2. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

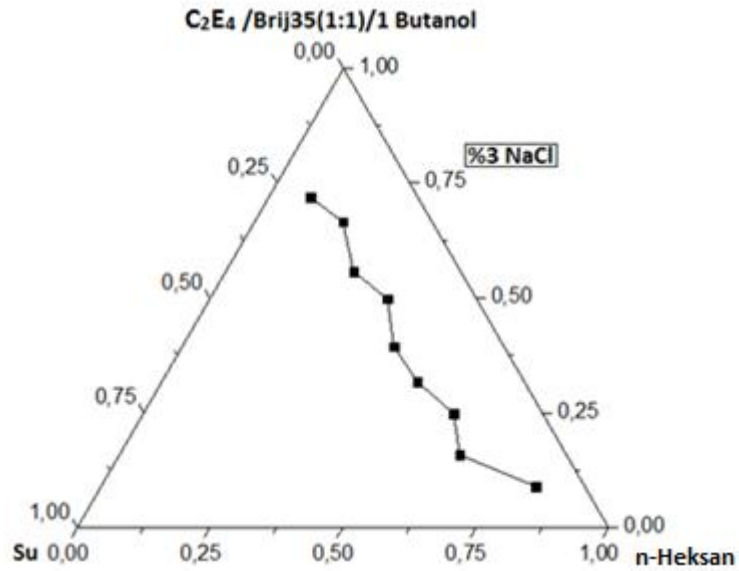
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	75,062	8,257	16,681
2	64,103	15,865	20,032
3	53,971	22,899	23,130
4	44,576	29,420	26,003
5	35,842	35,484	28,674
6	27,701	41,136	31,163
7	22,338	51,601	26,061
8	14,903	59,016	26,080
9	7,457	66,443	26,100



Şekil 4.1.10.2. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.10.3. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

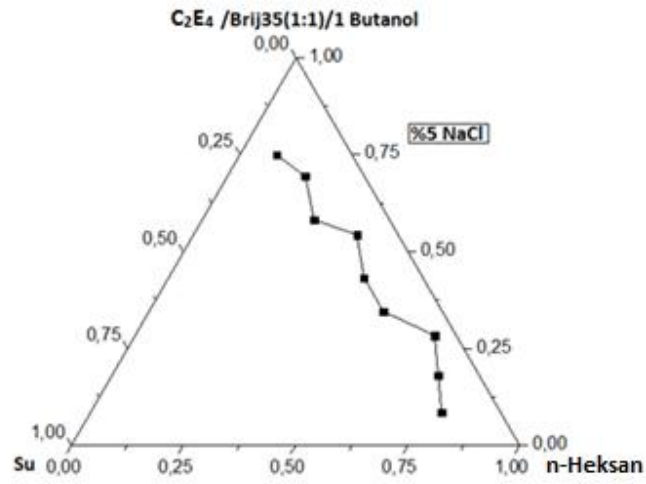
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	81,893	9,008	9,099
2	64,103	15,865	20,032
3	58,479	24,812	16,708
4	48,154	31,782	20,064
5	40,161	39,759	20,080
6	33,501	49,749	16,750
7	24,135	55,752	20,113
8	16,778	66,443	16,778
9	8,058	71,797	20,145



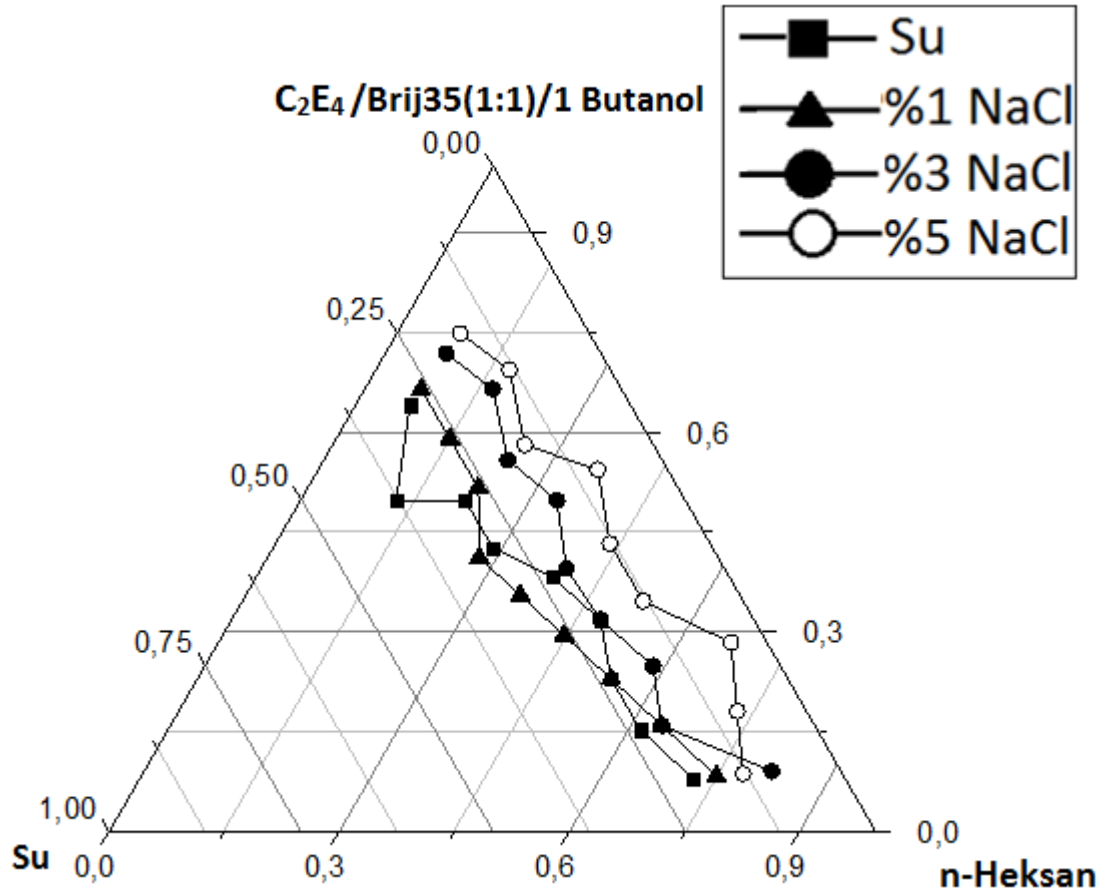
Şekil 4.1.10.3. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.10.4. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	72,860	18,033	9,107
3	66,858	28,367	4,775
4	52,356	34,555	13,089
5	43,668	43,231	13,100
6	36,563	54,296	9,141
7	25,147	58,089	16,764
8	17,513	69,352	13,135
9	8,396	74,811	16,793



Şekil 4.1.10.4. 25°C de C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.10.5. 25°C C₂E₄-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

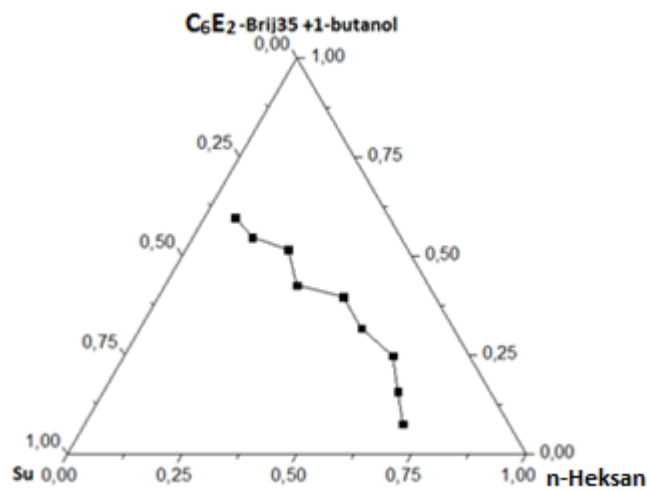
Tablo 4.1.10.5. C₂E₄/Brij35(1:1)+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz diyagramında görülen tek fazlı bölge alanının (AT) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

% NaCl	su	% 1	%3	% 5
% AT	44.5	44	30.75	22.25

4.1.11. C₆E₂/Brij 35+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin faz davranışı

Tablo 4.1.11.1. 25^oC de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri

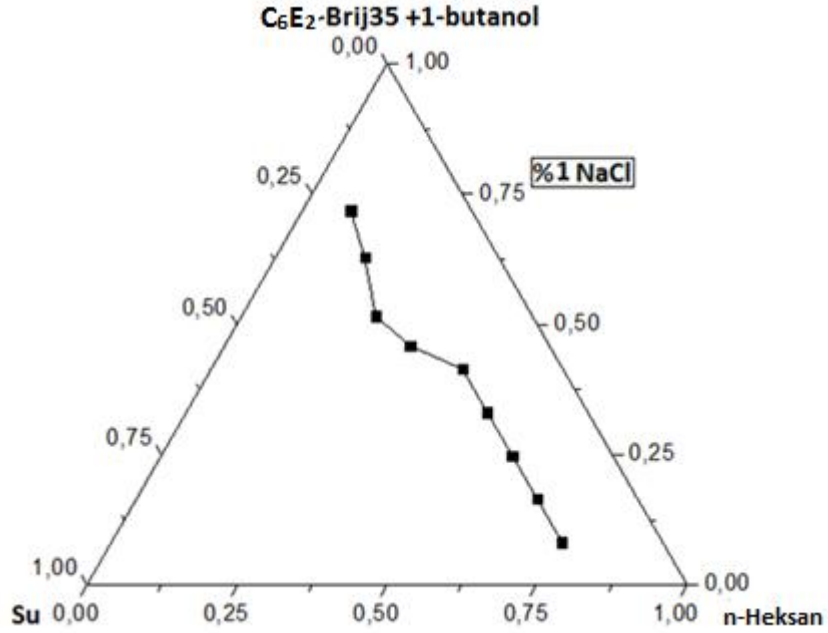
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	69,284	7,621	23,095
2	64,103	15,865	20,032
3	58,479	24,812	16,708
4	48,154	31,782	20,064
5	40,161	39,759	20,080
6	28,694	42,611	28,694
7	22,338	51,601	26,061
8	12,937	54,722	32,341
9	6,707	59,758	33,534



Şekil 4.1.11.1. 25^oC de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.11.2. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

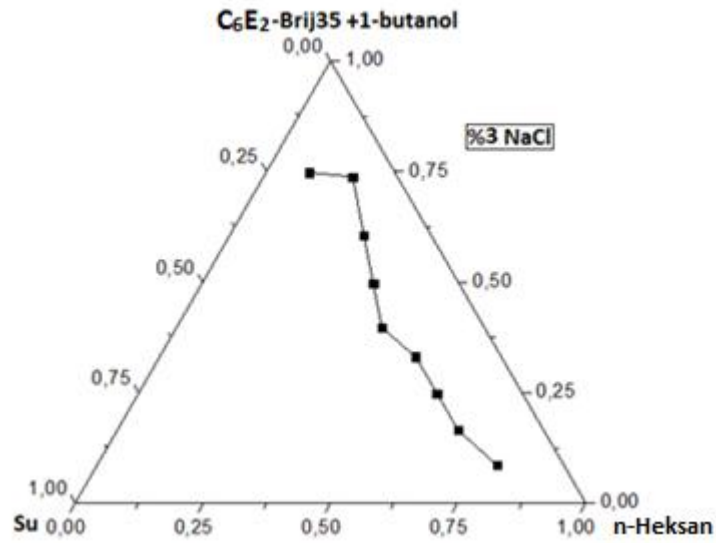
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	75,062	8,257	16,681
2	66,778	16,527	16,694
3	58,479	24,812	16,708
4	50,167	33,110	16,722
5	41,841	41,422	16,736
6	30,911	45,904	23,184
7	22,338	51,601	26,061
8	14,859	62,853	22,288
9	8,058	71,797	20,145



Şekil 4.1.11.2. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %1 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.11.3. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

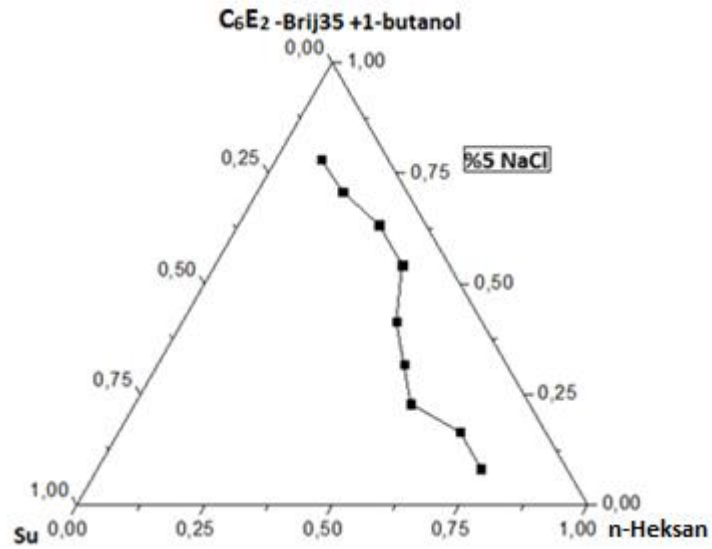
Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	78,329	8,616	13,055
2	66,778	16,527	16,694
3	58,479	24,812	16,708
4	50,167	33,110	16,722
5	40,161	39,759	20,080
6	33,501	49,749	16,750
7	26,247	60,630	13,123
8	17,452	73,822	8,726
9	8,396	74,811	16,793



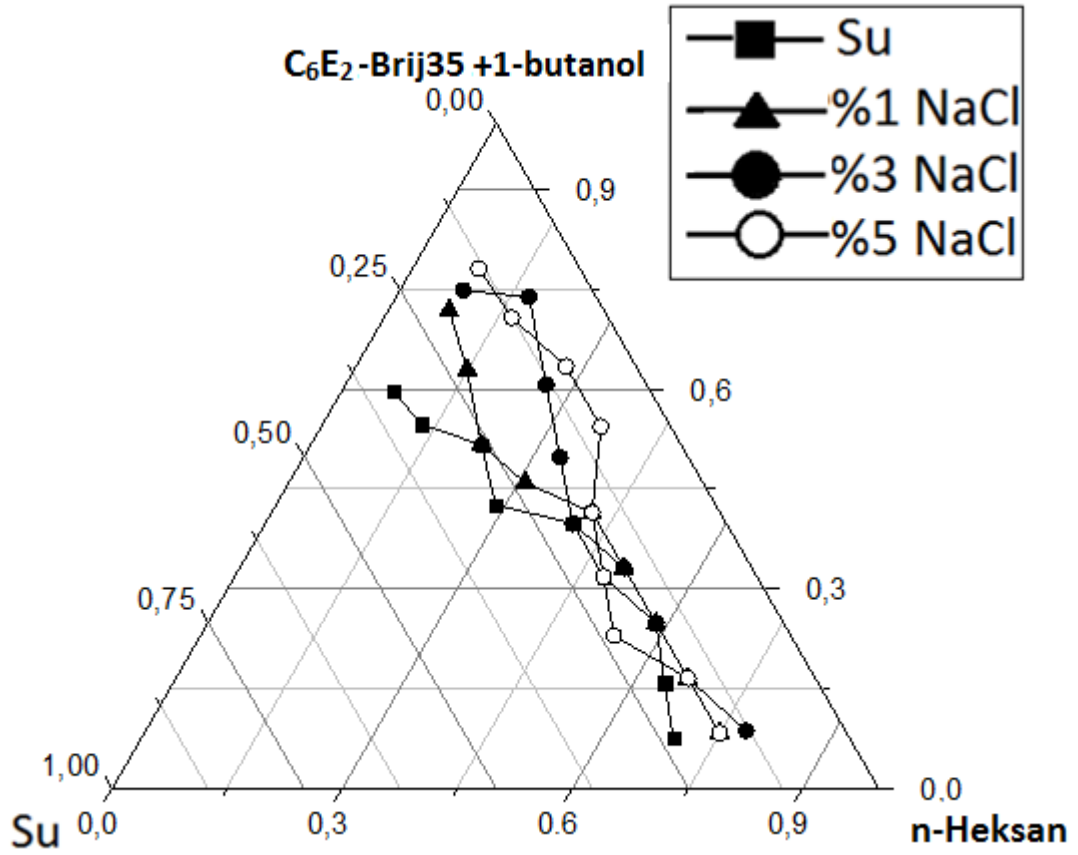
Şekil 4.1.11.3. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %3 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.11.4. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri

Numune	% W _{yağ}	% W _{s+c}	% W _{su}
1	75,062	8,257	16,681
2	66,778	16,527	16,694
3	53,971	22,899	23,130
4	48,154	31,781	20,064
5	41,841	41,423	16,736
6	36,563	54,296	9,141
7	27,447	63,403	9,149
8	16,722	70,736	12,542
9	8,764	78,089	13,146



Şekil 4.1.11.4. 25°C de C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği



Şekil 4.1.11.5. 25°C C₆E₂-Brij35, 1-butanol, n-heksan ve %5 NaCl, %3 NaCl, %1 NaCl, su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

Tablo 4.1.11.5 C₆E₂/Brij 35+1-butanol/ n-heksan/tuzlu su sisteminde görülen tek fazlı bölge alanının (% A_T) NaCl konsantrasyonu ile değişimi

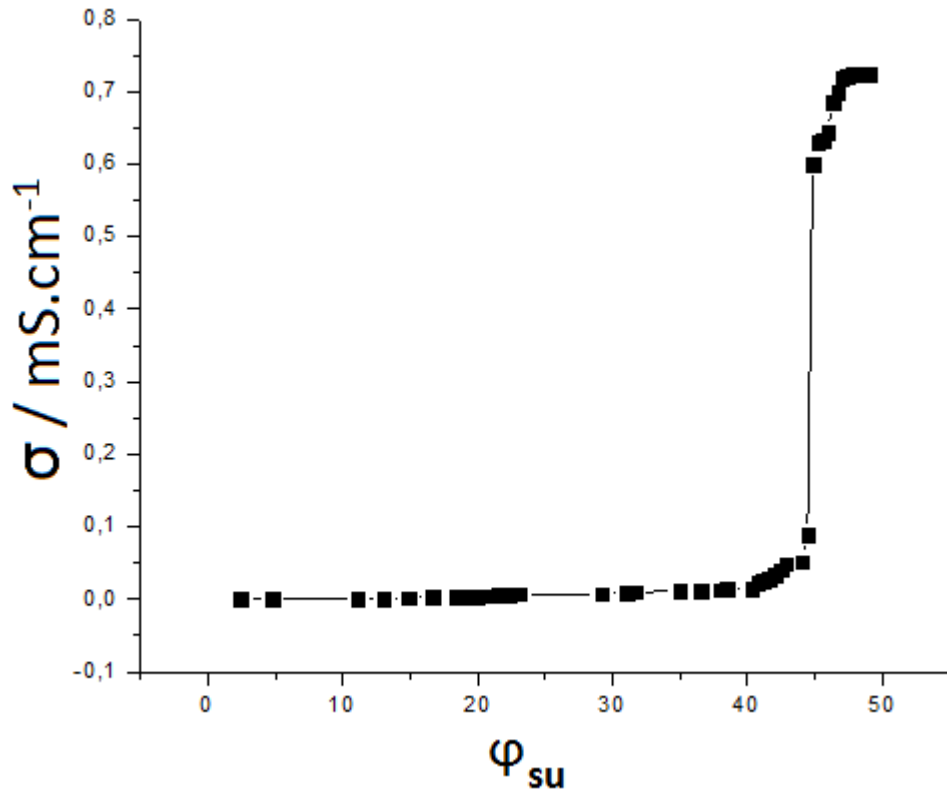
% NaCl	su	% 1	% 3	% 5
% A _T	43	32.75	27.75	26.75

4.2.1. C₁E₃+1-butanol/ n-heksan/ su sisteminin elektriksel davranışı

Tablo 4.2.1.1. 30⁰C'de C₁E₃+1-butanol/ n-heksan/ tuzlu su sisteminin iletkenlik değerleri

σ_{su}	İletkenlik mS.cm ⁻¹
2,439	0,000
4,762	0,000
11,111	0,001
13,043	0,001
14,894	0,002
16,666	0,003
18,367	0,004
19,192	0,004
20,000	0,004
20,792	0,005
21,596	0,006
22,330	0,006
23,077	0,007
29,203	0,008
31,034	0,009
31,624	0,010
34,959	0,011
36,508	0,012
37,984	0,013
38,461	0,014
40,298	0,014
40,741	0,023
41,176	0,025
41,606	0,028
42,029	0,033
42,446	0,041
42,857	0,049
44,056	0,052
44,444	0,089
44,827	0,600
45,205	0,630
45,578	0,633
45,946	0,644
46,309	0,686
46,666	0,700
47,019	0,719
47,368	0,721

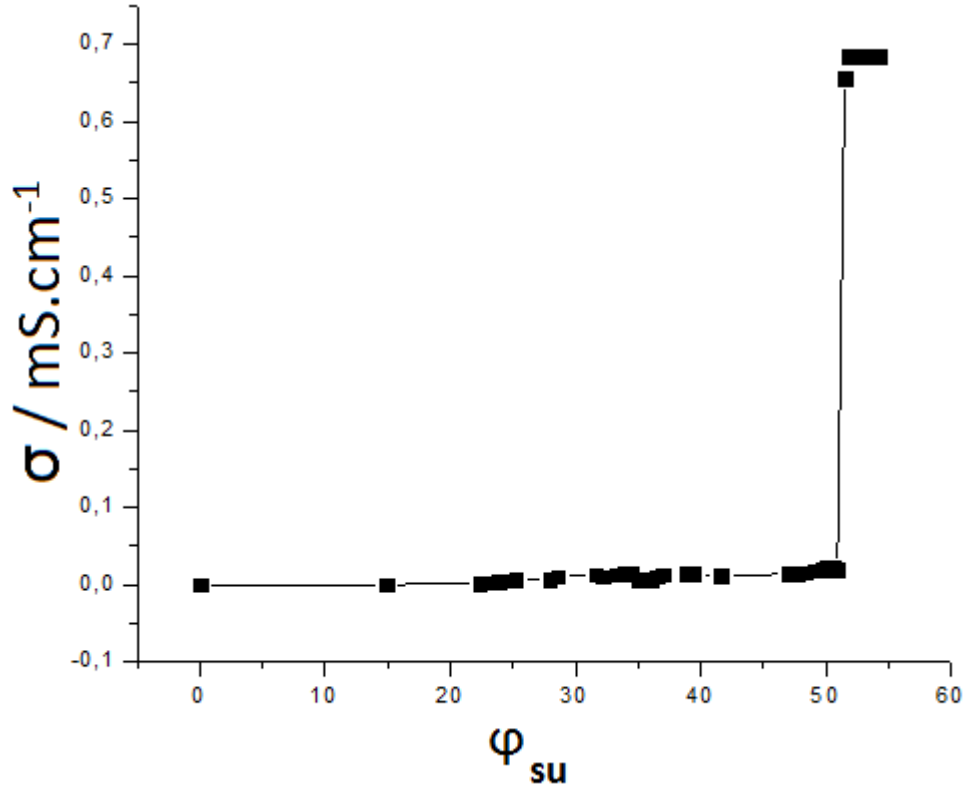
47,712	0,724
48,718	0,724
49,044	0,724



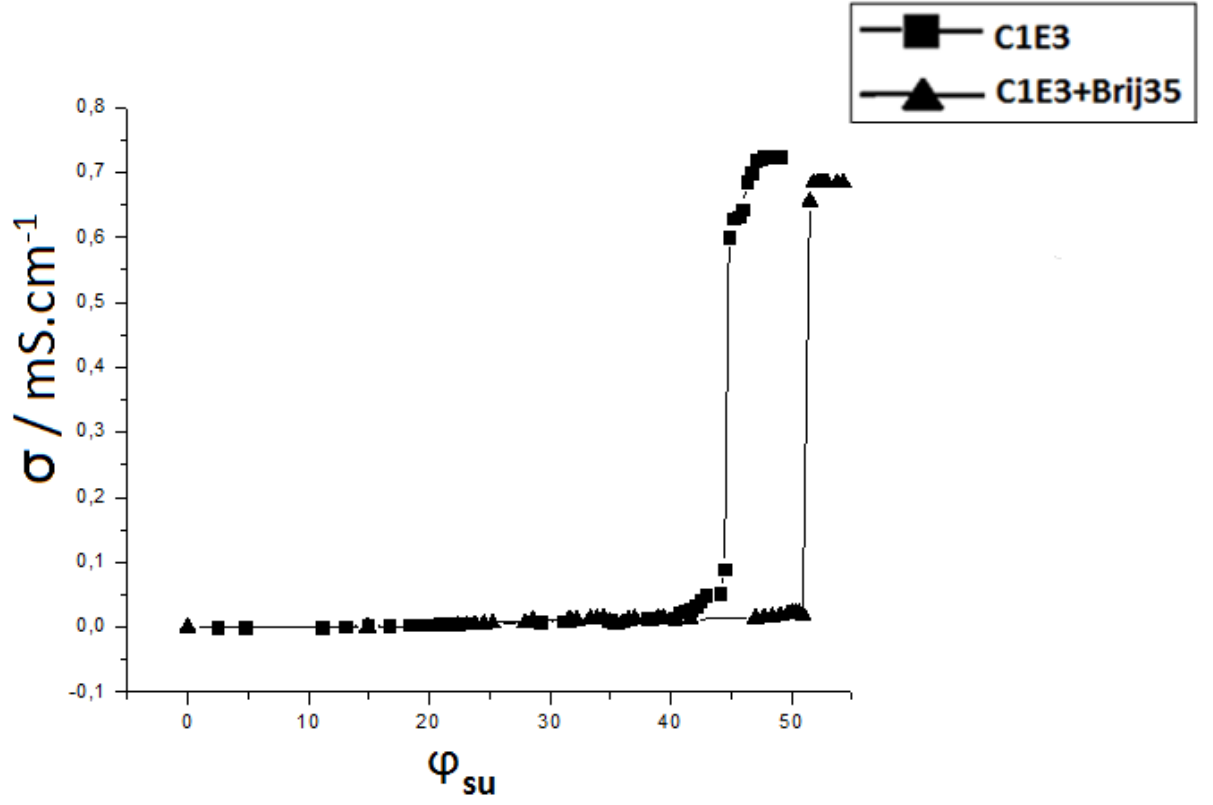
Şekil 4.2.1.1. $\text{C}_1\text{E}_3+1\text{-butanol/n-Heksan/ su}$ sisteminin 30°C deki iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi

Tablo 4.2.1.2. 30⁰C'de C₁E₃/ Brij35(1:1)+1-butanol/n-heksan/ su sisteminin elektriksel iletkenlik değerleri

σ_{su}	İletkenlik mS.cm ⁻¹
0,000	0,000
14,893	0,000
22,330	0,002
23,077	0,003
23,809	0,004
24,528	0,005
25,234	0,006
27,928	0,007
28,571	0,011
31,624	0,013
32,203	0,011
33,333	0,013
33,884	0,014
34,426	0,015
34,959	0,007
35,484	0,005
36,000	0,006
36,508	0,011
37,008	0,013
38,931	0,014
39,394	0,014
41,606	0,012
47,020	0,014
47,712	0,015
48,387	0,016
49,045	0,018
49,685	0,020
50,000	0,022
50,310	0,022
50,617	0,022
50,920	0,019
51,515	0,656
51,807	0,684
52,096	0,684
52,381	0,684
52,663	0,684
52,941	0,684
53,757	0,684
54,286	0,684



Şekil 4.2.1.2. C₁E₃/Brij35+1-butanol/n-heksan / su sisteminin 30⁰C deki iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi

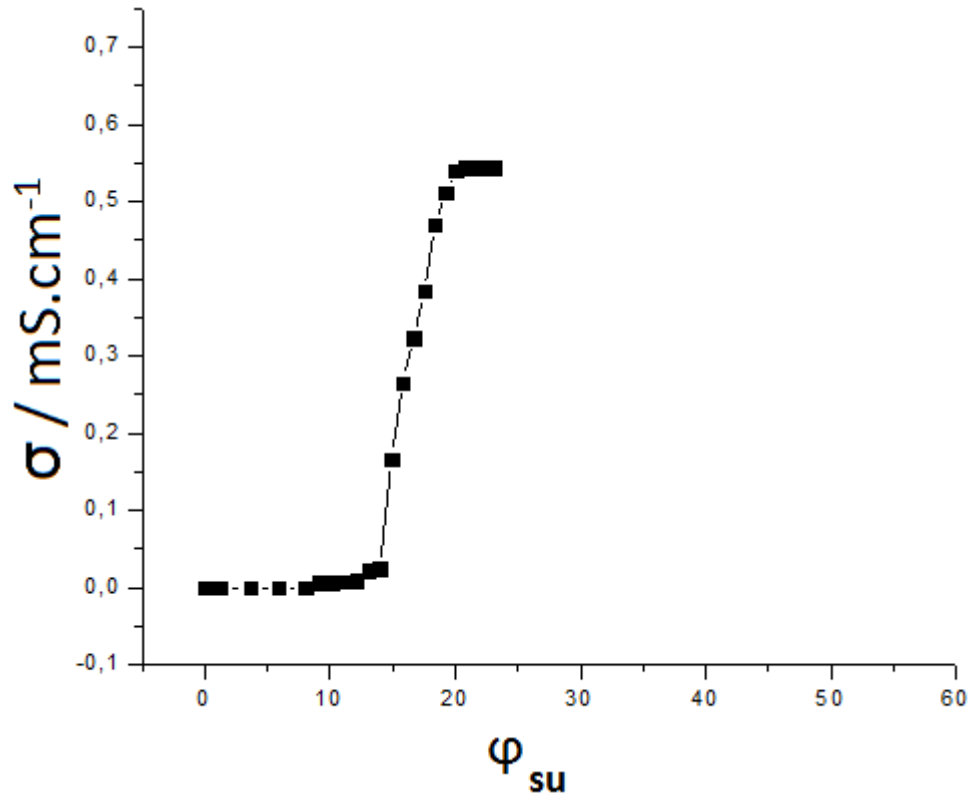


Şekil 4.2.1.3. C_1E_3 , $\text{C}_1\text{E}_3+\text{Brij35}$ ve su sisteminde çözünürleştirme limitleri grafiği

4.2.2. C₂E₄+1-butanol/ su sisteminin elektriksel davranışı

Tablo 4.2.2.1. 30⁰C'de C₂E₄+1-butanol/ su sisteminin elektriksel iletkenlik değerleri

φ_{su}	İletkenlik, σ (mS.cm ⁻¹)
0,000	0,000
1,235	0,000
3,614	0,000
5,882	0,000
8,046	0,000
9,091	0,006
10,112	0,007
11,111	0,008
12,088	0,010
13,043	0,022
13,978	0,025
14,894	0,166
15,789	0,265
16,667	0,324
17,526	0,384
18,367	0,470
19,192	0,512
20,000	0,540
20,792	0,544
21,569	0,544
22,330	0,545
23,077	0,545

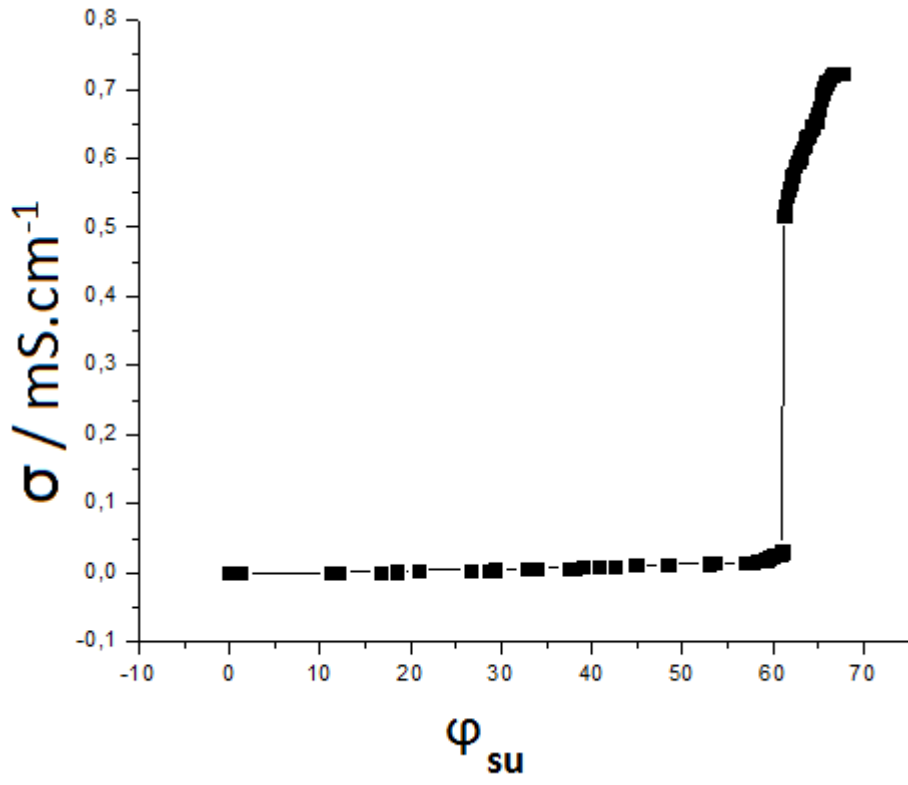


Şekil 4.2.2.1. C_2E_4 +1-butanol/ n-heksan/ su sisteminin 30°C deki elektriksel iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi

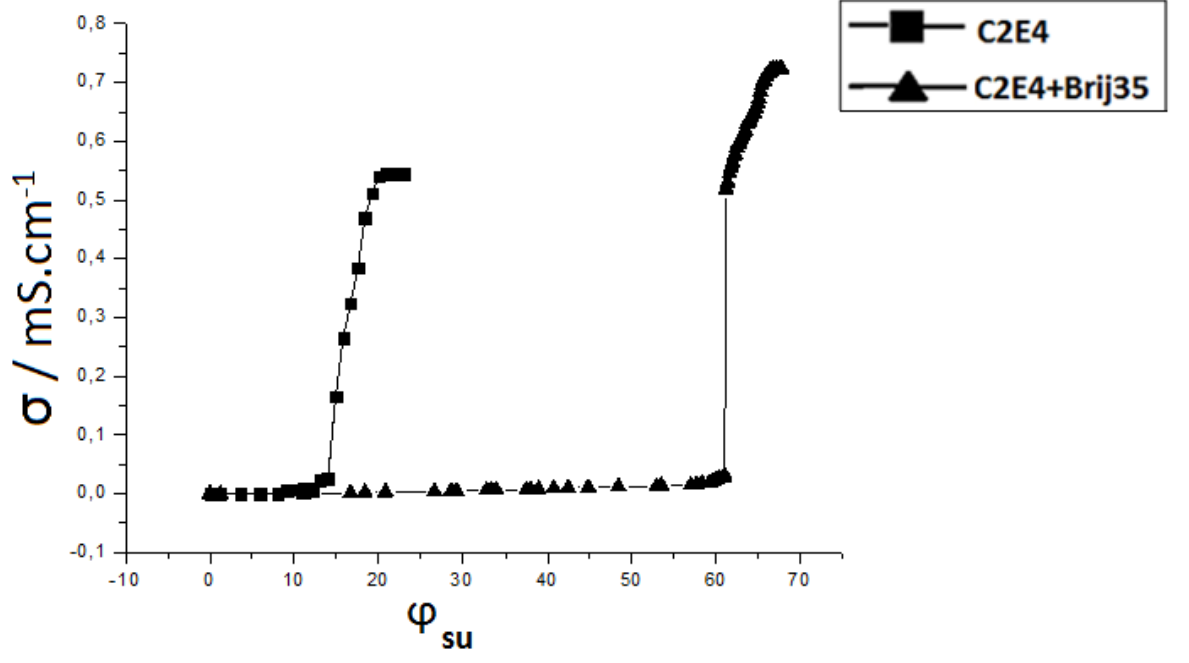
Tablo 4.2.2.2. 30⁰C'de C₂E₄/Brij 35(1:1)+1-butanol/n-heksan /su sisteminin elektriksel iletkenlik değerleri

φ_{su}	İletkenlik, σ (mS.cm ⁻¹)
0,000	0,000
1,235	0,000
11,111	0,000
12,088	0,001
16,667	0,001
18,367	0,002
20,792	0,003
26,605	0,004
28,571	0,004
29,203	0,005
32,773	0,006
33,333	0,006
33,884	0,007
37,500	0,007
37,984	0,007
38,931	0,008
40,741	0,009
42,446	0,010
44,828	0,011
48,387	0,012
52,941	0,013
53,488	0,014
56,989	0,015
57,672	0,016
58,333	0,018
59,184	0,019
59,596	0,022
60,000	0,025
60,396	0,026
60,784	0,028
60,976	0,031
61,165	0,518
61,353	0,530
61,538	0,545
61,722	0,556
61,905	0,564
62,085	0,574
62,264	0,577
62,441	0,589

62,617	0,596
62,791	0,596
62,963	0,603
63,134	0,610
63,303	0,616
63,470	0,618
63,636	0,630
63,801	0,632
63,964	0,634
64,126	0,642
64,286	0,646
64,444	0,648
64,602	0,655
64,758	0,655
64,912	0,665
65,065	0,672
65,217	0,685
65,368	0,695
65,517	0,702
65,665	0,702
65,812	0,710
65,957	0,710
66,102	0,715
66,245	0,715
66,386	0,720
66,527	0,720
66,667	0,723
67,078	0,723
67,480	0,723
67,742	0,723



Şekil 4.2.2.2. $\text{C}_2\text{E}_4/\text{Brij 35} + 1\text{-butanol/ n-hexan/ su}$ sisteminin 30°C deki elektriksel iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi



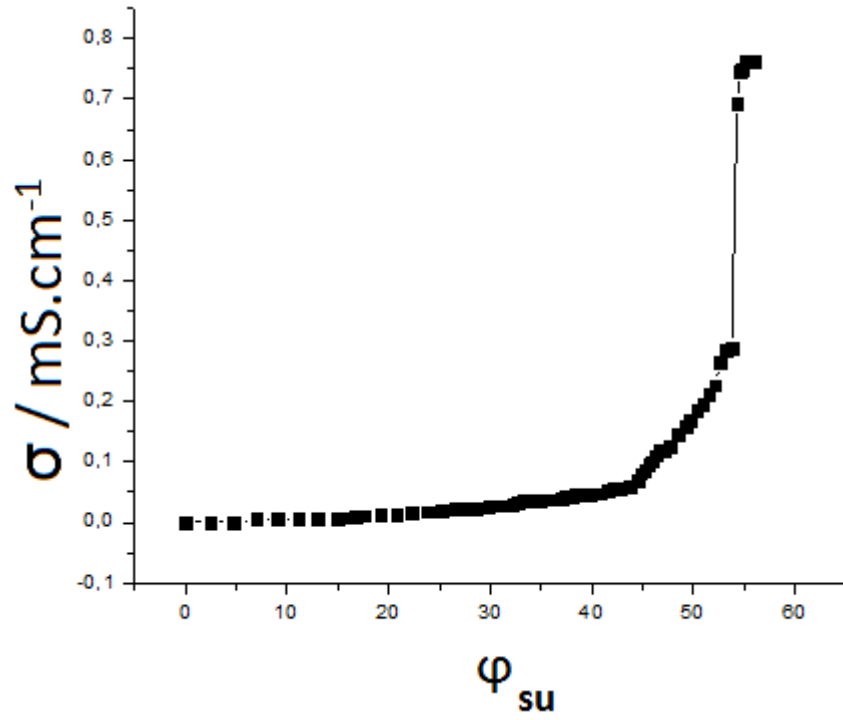
Şekil 4.2.2.3. C_2E_4 , $\text{C}_2\text{E}_4/\text{Brij35}$ temelli sisteminde elektriksel iletkenliğin su kesri ile değişimi

4.2.3. C₆E₂+1-butanol/su sisteminin elektriksel davranışı

Tablo 4.2.3.1. 30⁰C'de C₆E₂+1-butanol/ n-hekzan/ su sisteminin elektriksel iletkenlik değerleri

φ_{su}	İletkenlik, σ (mS.cm ⁻¹)
0,000	0,000
2,439	0,000
4,739	0,000
6,977	0,005
9,091	0,006
11,111	0,006
13,043	0,006
14,894	0,007
15,789	0,008
16,667	0,010
17,526	0,011
19,192	0,012
20,792	0,014
22,330	0,017
23,809	0,018
25,234	0,020
26,603	0,023
27,273	0,023
28,571	0,024
29,825	0,026
31,034	0,028
32,203	0,030
32,773	0,034
33,333	0,036
33,884	0,036
34,959	0,036
36,000	0,038
37,008	0,040
37,500	0,042
37,984	0,043
38,461	0,045
38,931	0,045
39,850	0,045
40,741	0,048
41,606	0,053
42,029	0,056
42,446	0,056

42,857	0,056
43,662	0,059
44,444	0,069
44,828	0,081
45,205	0,087
45,578	0,096
45,946	0,101
46,309	0,111
46,667	0,120
47,020	0,120
47,712	0,126
48,387	0,146
49,315	0,158
49,685	0,170
50,311	0,186
50,920	0,195
51,515	0,211
52,096	0,227
52,663	0,264
53,216	0,284
53,757	0,287
54,286	0,693
54,545	0,745
54,802	0,749
55,056	0,762
55,307	0,762
55,555	0,762
56,044	0,762

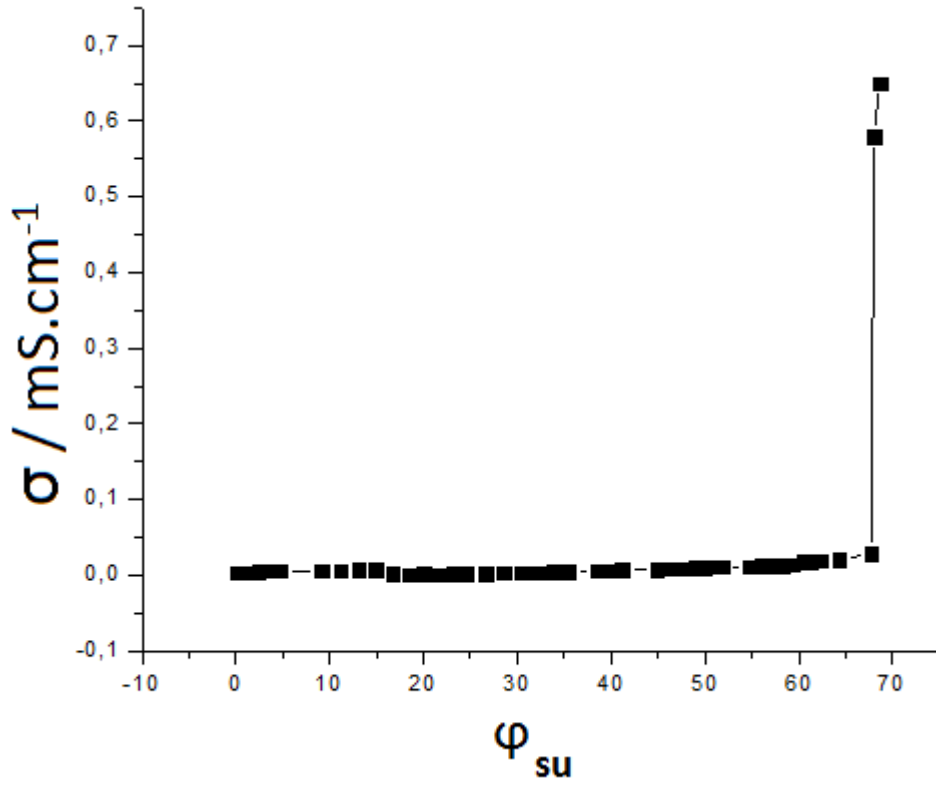


Şekil 4.2.3.1. C₆E₂+1-butanol/n-heksan/ su sisteminin 30⁰C deki elektriksel iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi

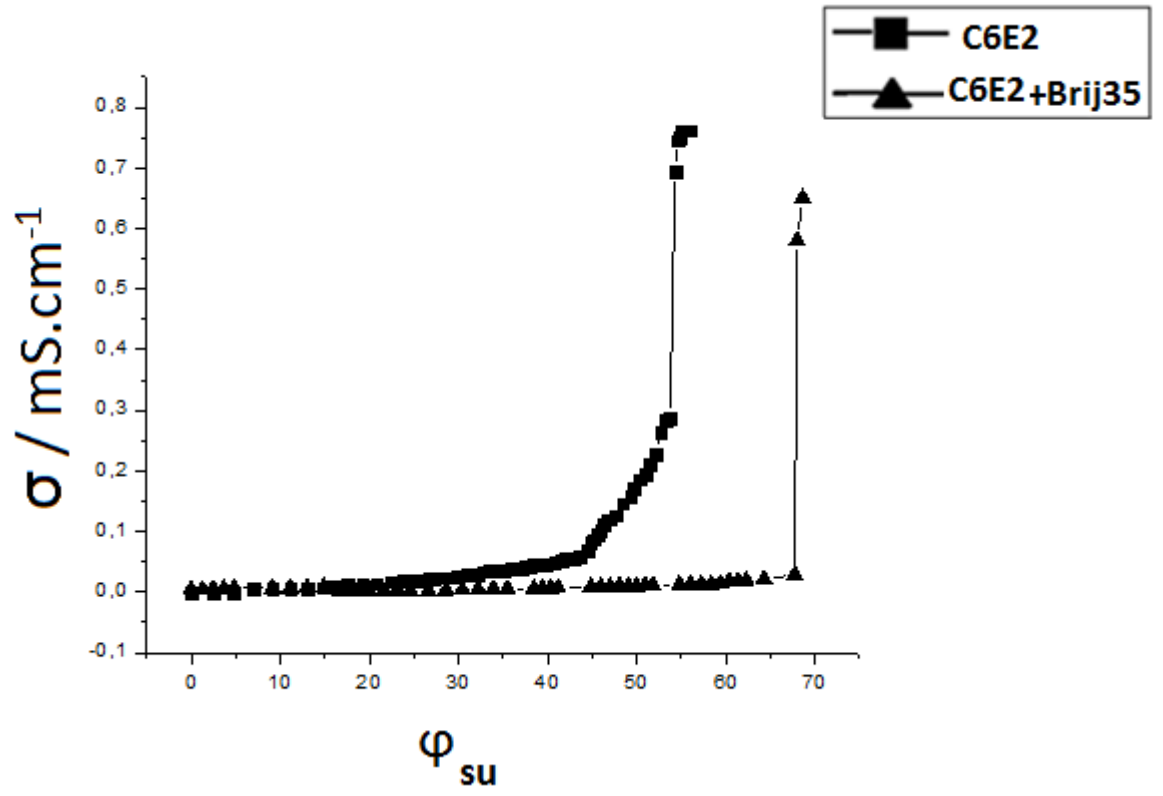
Tablo 4.2.3.2. 30⁰C'de C₆E₂/Brij35+1-butanol/ n-heksan/ su sisteminin elektriksel iletkenlik değerleri

φ_{su}	İletkenlik, σ (mS.cm ⁻¹)
0,000	0,004
1,235	0,004
2,439	0,005
3,615	0,006
4,762	0,006
6,977	0,006
9,091	0,006
11,111	0,006
13,043	0,007
14,894	0,008
16,667	0,002
18,367	0,001
20,000	0,002
21,569	0,001
23,077	0,002
24,528	0,002
26,605	0,002
28,571	0,003
30,435	0,004
32,203	0,004
33,884	0,005
35,484	0,005
38,461	0,006
39,394	0,006
40,298	0,006
41,176	0,007
44,828	0,008
45,946	0,009
47,020	0,009
48,052	0,009
49,045	0,010
50,000	0,010
50,920	0,011
51,807	0,011
54,802	0,012
56,044	0,013
57,219	0,013
58,333	0,013
59,391	0,014

60,396	0,018
61,353	0,018
62,264	0,019
64,286	0,021
67,742	0,028
68,000	0,580
68,627	0,650



Şekil 4.2.3.2 C₆E₂/Brij35 +1-butanol/ n-hexsan/ su sisteminin 30⁰C deki iletkenlik değerlerinin su kesriyle değişimi



Şekil 4.2.3.3. C_6E_2 ve $\text{C}_6\text{E}_2/\text{Brij35}$ temelli sisteminde elektriksel iletkenliğin su kesri ile değişimi

4.2 Tartışma

C_1E_3 ve C_2E_4 tabanlı sistemlere Brij35 in ilave edilmesi faz diyagramında ortaya çıkan tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanının artmasına yol açar. Bu nedenle, sistemde iyonik olmayan surfaktan karışımının yer alması su/yağ ara yüzeyinde surfaktan yerleşimini ve ara yüzeyde yerleşen surfaktan moleküllerinin oluşturduğu tabakanın kararlılığını artırdığı düşünülmektedir. Çünkü, Brij 35 gibi polioksietilen tabanlı iyonik olmayan surfaktanlarda bulunan polioksietilen zincir gruplarının kuvvetli bir şekilde hidratasyona uğradığı bilinir[79]. Bu bakımdan, ara yüzeyde oluşan surfaktan tabakasının büyüklüğü ve kararlılığının mikroemülsiyon bölgesinde bulunan su ve yağın çözünürleştirilmesi ile doğrudan ilgili olduğu söylenebilir. Buradan, su/yağ mikroemülsiyonunda su/yağ ara yüzeyinde yerleşen Brij 35 moleküllerinin polioksietilen gruplarının hidratasyonu yüzünden mikroemülsiyon taneciklerinin hidrofilik çekirdekleri genişleyerek faz diyagramındaki tek fazlı bölgenin alanının artmasına yol açtığı düşünülebilir. C_1E_3 ve C_1E_3 /Brij35 (1/1) ile C_2E_4 ve C_2E_4 /Brij 35 (1/1) tabanlı sistemlerin faz diyagramlarını gösteren Şekil 4.1.5.4 ve Şekil 4.1.9.4 ile Şekil 4.1.6.5 ve Şekil 4.1.10.5 incelendiğinde tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanındaki artış kolaylıkla görülür.

Mikroemülsiyonlarda ara yüzey eğriliği ve mikroemülsiyon damlacıkları arasındaki etkileşim ara yüzey tabakası ve sistemdeki dağılıma fazının moleküler yapısı ile kuvvetli ölçüde etkilidir [16-17]. Hidrokarbon moleküllerinin ara yüzeye nüfuz etmesi ara yüzeyin daha büyük oranda istemli olarak kavislenmesine sebep olur. Ayrıca, yağın molar hacminin artması mikroemülsiyon damlacıkları arasında daha büyük çekim gücünün ortaya çıkmasına yol açarak suyun çözünürleştirme kapasitesinin azalmasına sebep olur [18]. Bundan dolayı, heksandan oktana doğru gidildiğinde molar hacim arttığından sistemin su çözünürleştirme kapasitesinin azalması beklenir. Heksan, heptan ve oktan için bulunan tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanı (A_T) sırasıyla %49, %26 ve %23.5 olduğuna göre incelenen sistemler arasında heksan içeren sistemin ara yüzeye nüfuz etme oranının en büyük, mikroemülsiyon damlacıklar arasındaki etkileşim gücü bakımından ise en küçük değere sahip olduğu sonucu ortaya çıkar.

C_2E_4 /Brij 35 (1/1) /butanol/hekzan/su, C_6E_2 /Brij 35 (1/1) butanol/hekzan/su sistemlerinde su çözünürleştirme kapasiteleri suya NaCl ilave edildiğinde azalmıştır. Tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanı (A_T) üzerine tuz etkisi %1 NaCl > %3 NaCl > %5 NaCl şeklinde derecelenmiştir. Mikroemülsiyon sistemlerinde maksimum su çözünürleştirme mikroemülsiyon damlacıkları arasındaki karşılıklı çekim kuvvetleri ve su/yağ ara yüzeyinin bükülme şiddeti ile karşılıklı olarak dengelenir [18]. Tuzluluk oranının artması mikroemülsiyon tanecikleri arasındaki çekim kuvvetlerinin artmasına ve bu suretle de surfaktan moleküllerinin polar gruplarının sık istiflenmesine sebep olduğundan sistemin su/yağ ara yüzeyinde yerleşen surfaktan ve kosurfaktan moleküllerinin daha sıkı bir yapı oluşturmaya neden olur [34,80]. C_2E_4 /Brij 35(1/1)/butanol/hekzan/tuzlu su sisteminde optimum tuzluluk oranı olan %3 NaCl değerine eşit yada daha düşük tuzluluk oranı için tuzlu su/yağ ve yağ/tuzlu su mikroemülsiyonları arasında bir geçiş hali görülür. Bu eşik değer üzerinde tuzluluk oranı içeren sistemlerde yağ/tuzlu su mikroemülsiyonu içerisindeki mikroemülsiyon damlacıkları arasındaki karşılıklı çekim kuvveti artacağından ara yüzeyde yerleşmiş surfaktan ve kosurfaktan molekülleri daha sık istiflenerek ara yüzeyin sıkı yapısını artırır. Bu yüzden de sistemin su çözünürleştirme kapasitesi azalacağından faz diyagramında tek fazlı mikroemülsiyon bölgesinin toplam alanı (A_T) azalır.

Elektriksel iletkenliğin sistemdeki su kesri ile değişiminden yapısal değişiklikler hakkında bilgi edinilebilir. Şekil 4.2.3.3. 25 °C de N60 seyreltme eğrisi boyunca su+NaCl/ C_2E_4 +Brij 35/1-butanol/n-heksan sisteminin elektriksel iletkenliğinin su kesri ile değişimini göstermektedir. Bu sistem için tanımlanan seyreltme eğrisi boyunca hazırlanan numunelerin ağırlıkça % 14 den daha küçük su kesrinde düşük elektriksel iletkenlik ölçülmüştür. Ağırlıkça % 14 ve % 20 su kesirleri içeren sistemlerde mikroemülsiyon numunelerinin elektriksel iletkenliği ani bir artış göstermiştir. Ağırlıkça % 20 den fazla su kesri içeren sistemlerde ise iletkenlik küçük bir oranda artmıştır. İletkenliğin bu şekilde ani bir artış göstermesi mikroemülsiyonun su/yağ tipinden yağ/su tipine dönüşerek yapısal bir değişikliğe uğraması şeklinde açıklanır. Elektriksel iletkenliğin ani değişiklik gösterdiği su kesrine perkolasyon eşik değeri, ϕ_C , denilir. C_2E_4 ve Brij 35 in kütlece eşit oranlarının karıştırılması ile hazırlanan sistemler incelenirse, şekil 4.2.3.3. de görüldüğü gibi, perkolasyon eşik değeri % 62 su kesrine kadar uzandığı görülür. Perkolasyon modeline göre [81-83] ϕ_C değerinden küçük su

kesri içeren sistemlerde su/yağ mikroemulsiyon damlacıkları iletken olmayan yağ ortamında birbirinden izole bir şekilde yerleşmiştir. Bu bakımdan iletkenliğe katkıları çok az olur. Su kesri artarak perkolasyon eşik değerine ulaşınca mikroemulsiyon damlacıkları birbiri ile temasa gelerek bir küme oluşturur. Oluşan bu kümeler perkolasyon eşik değerinde çoğalarak iletkenliği artırır [81].

Şekil 4.2.1.3 ve 4.2.3.3 de su+NaCl/C₁E₃, C₁E₃+Brij35+butanol/heksan ve su+NaCl/C₆E₂, C₆E₂+Brij 35+ butanol/ heksan sistemlerinin elektriksel iletkenliğinin su kesri ile N60 seyrelme eğrisi boyunca 25°C de değişimi görülmektedir. Şekillerden sırasıyla C₁E₃, C₁E₃+Brij35 tabanlı sistemler için perkolasyon eşik değerinin ağırlıkça % 45 ve % 52 ; C₆E₂ ve C₆E₂+Brij 35 sistemleri içinde ağırlıkça % 52 ve % 68 olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara dayanarak sistemde Brij 35 bulunması mikroemulsiyon damlacıkları arasındaki karşılıklı etkileşimi azalttığı ve perkolasyon eşik değerinin artmasına yol açtığı söylenebilir.

Sonuç olarak, yağda suyun mikroemulsiyonunda bileşenlerden yağ ve suyun bileşimi kadar surfaktantın yapısının da mikroemulsiyonun özellikleri üzerinde etkili olduğu ortaya çıkmıştır. İncelenen sistemlerde elektriksel iletkenliğin su kesri ile değişiminde perkolasyon mekanizmasının etkili olduğu, perkolasyon eşik değerinin surfaktandaki polioksi etilen grup sayısı ile arttığı, karışık surfaktan halinde perkolasyon eşik değerinin arttığı görülmüştür. Sonuçlar karşılaştırıldığında C₂E₄ tabanlı sistemde perkolasyon eşik değerinin diğer sistemlere göre daha büyük artış gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu da surfaktantın polioksi etilen zincirinin artması ile mikroemulsiyon damlacıkları arasında bulunan karşılıklı etkileşimin azaldığını gösterir.

5.KAYNAKLAR

- [1] Maurice Bourrel, Robert S.Schechter, **Microemulsions and Related Systems**, Marcel Dekker, New York,1988
- [2] Promod Kumar, K.L.Mittal, **Handbook of Microemulsion Science and Technology**, Marcel Dekker,New York, 1999
- [3] M.Kahlweit, **Microemulsions**, Annu.Rep.Prog.Chem.,Sect. C, 95, 89-115 (1999)
- [4] M.Kahlweit, E.Lessner, and R.Strey, **Influence of the Properties of the Oil and Surfactant on the Phase Behavior of Systems of the Type H₂O-Oil-Nonionic Surfactant**, J.Phys.Chem.87, 5032-5040 (1983)
- [5] M.Kahlweit and R.Strey, **Phase Behavior of Ternary Systems of theType H₂O- Oil-Nonionic Amphiphile** , **Angew.Chem.Int.Engl.** 24,654-668 (1985)
- [6] M.Kahlweit,R.Strey,P.Firman,D.Haase,J.Jen and R.Schomacher, **General Pattern of the Phase Behavior of Mixtures of H₂O,Nonpolar Solvents , Amphiphiles and Electrolytes. 1** Langmuir 4,490-511 (1988)
- [7] M.Kahlweit, R.Strey, R.Schomacher and , D.Hasse, **General Pattern of the Phase Behavior of Mixtures H₂O,Nonpolar Solvents,Amphiphiles and Electrolytes. 2**, Langmuir 5,305-315 (1989)
- [8] M.Kahlweit, R.Strey, D.Hasse, and P.Firman , **Properties of the Three-Phase Bodies in H₂O-Oil-Nonionic Amphiphile Mixtures**, Langmuir 4,785-790 (1988)
- [9] -M.Kahlweit, R.Strey and G.Busse, **Microemulsions: A Quanlitative Thermodynamic Approach**, J.Phys.Chem. 94, 3881-3894 (1990)
- [10] -M.Kahlweit, R.Strey, and D.Haase, **Phase Behavior of Multicomponent Systems Water-Oil-Amphiphile-Electrolyte. 3**, J.Phys.Chem. 89,163-171 (1984)

- [11] J.H.Schulman, W.Stoeckenius and L.M.Prince, **Mechanism of formation and structure of microemulsions by electron microscopy**, J.Phys.Chem., 63,1677-1680 (1959)
- [12] W.D.Bancraft, **Two liquid phase** , J.Phys.Chem., 1,647-668 (1897)
- [13] W.C.Griffin, **Classification of surface-active agents by HLB**, J.Soc, Cosmet.Chem., 1,311-326 (1943)
- [14] T.P.Hoar,J.H.Schulman, **Tranparent water-in oil dispersions: the oleopathic hydromicelle**, Nature 152,102-103 (1943)
- [15] M.Kahlweit, R.Strey, G.Busse, **Effect of alcohols on the phase behavior of microemulsions**, J.Phys.Chem., 95,5344 (1991)
- [16] R.Lung,D.O.Shah, **Solubilization and phase equilibria of water in oil microemulsions Part I: Effect of alcohols,oils and salinity on single-chain surfactant system**, J.Colloid Interface Sci.,120,320 (1987)
- [17] R.Lung,D.O.Shah, **Solubilization and phase equilibria of water in oil microemulsions Part II: Effect of spontaneous curvature and elasticity of interfacial films**, J.Colloid Interface Sci., 120,330 (1987)
- [18] M.J.Hou,D.O.Shah, **Effect of molecular structure of the interface and continuous phase on solubilization of water in water/oil microemulsions**, Langmuir 3,1086-1096 (1987)
- [19] K.Shinoda, S.Friberg , **Correlation between solution behavior of surfactants and solubilizations** , in “**Emulsions and Solubilization**”; Wiley,New York,1986,pp.11-50
- [20] B.K.Paul,S.P.Maoulik, **Microemulsions : an overview**. J.Dispersion Sci. Technol. 18,301-367 (1997)
- [21] S.R.Dungan, **Microemulsions in foods : properties and applications**. In **Industrial Application of Microemulsions** : C.Solans,H.Kunieda Eds.Marcel Dekker, New York ,1997,pp 148-170.

- [22] V.K.Bansal, D.O.Shah, J.P.O'Connell, **Influence of alkyl chain compatibility on microemulsion structure and solubilization**, J.Colloid Interface Sci., 75,462 (1980)
- [23] R.Zana, **Microemulsions**, Heterogenous Chem.Rev. 1,145-157, (1994)
- [24] K.Holmberg. **Quarter century progress and new horizons in microemulsions. In Micelles, Microemulsions and Monolayers, O.Shah Ed.** Dekker: New York 1998,pp 161-192
- [25] H.Kunieda and K.shinoda, **Solution behavior and hydrophile-lipophile balance temperature in the AOT-isooctane-brine system : correlation between microemulsions and ultralow interfacial tensions**, J.Colloid Interface Sci., 75:601 (1980)
- [26] G.Li, X.Kong,R.Guo,X.Wang, **Interrelations of carbon numbers in microemulsions**, Surf.Sci.Technol. 5,29-45 (1989)
- [27] D.O.Shah ed., **Surface Phenomena in Enhanced Oil Recovery**, Plenum,New York, 1979
- [28] G.Gillberg, **in Emulsions and Emulsion Technology (K.J.Lissant,ed.)**, Marcel Dekker,New York,1984,pp.1-43.
- [29] I.D.Robb. ed., **Microemulsions** , Plenum,New York,1977
- [30] J.T.G. Overbeek,P.L. de Bruy and F.Verhoeclex, **in Surfactants Th.F.Tadros,ed.** , Academic Press, New York, 1984 , pp. 111-131.
- [31] Th.F. Tadros , **in Surfactants in Solutions, (K.L.Mittal and B.Lindman , eds.)**, Plenum,New York ,1984,pp.1501-1532.
- [32] D.O.Shah,ed. **Macro- and Microemulsions : Theory and Applications.** ACS Symposium Series 272, American Chemical Society, Washington, DC 1985 .
- [33] S.E.Friberg and P.Bothorel, eds., **Microemulsions : Structure and Dynamics** CRC Press, Boca Raton ,FL, 1987

- [34] R.Leung, M.Jeng Hau, and D.O.Shah, in **Surfactant in Chemical/Process Engineering** (D.T.Watson, M.E.Ginn, and D.O.Shah, eds.), Marcel Dekker, New York, 1988 pp.315-367.
- [35] R.Nagarajan, R.Ruckenstein, **Theory of Surfactant Self Assembly: A Predictive Molecular Thermodynamic Approach** Langmuir 7, 2934-2969 (1991)
- [36] J.Sjöblom, R.Lindberg, S.E.Friberg **Microemulsions-Phase Equilibria Characterization, Structures, Applications and Chemical Reactions** Adv.Coll.Int.Sci. 65,125-287 (1996)
- [37] E.Ruckenstein and Krishnan, **Effect of electrolytes and mixture of surfactants on the oil-water interfacial tension and their role in formation of microemulsions** J.Colloid Interfacial Sci. 76:201 (1980)
- [38] K.Shinoda and H.Kunieda, **Conditions to produce so-called microemulsions : Factors to increase the mutual solubility of oil and water by solubilizer.** J.Colloid Interfacial Sci., 42:381 (1973)
- [39] H.Saito and K.Shinoda, **The solubilization of hydrocarbons in aqueous solutions of nonionic surfactants.** J.Colloid Interfacial Sci., 24:10 (1967)
- [40] K.Shinoda and T.Ogawa, **The solubilization of water in nonaqueous solutions of nonionic surfactants.** J.Colloid Interfacial Sci., 24:56 (1967)
- [41] K.Shinoda and H.Saito, **The effect of temperature on the phase equilibria and the types of dispersions of the ternary system composed of water, cyclohexane and nonionic surfactant.** J.Colloid Interfacial Sci.,26:70 (1968)
- [42] O.Regev,S.Ezrahi,A.Aserin N.Garti E.Wachtel, E.W.Kaler, A.Khan, Y.Talman, **A study of microstructure of a four component nonionic microemulsions by Cryo-TEM,NMR, SAXS, and SANS,** Langmuir 12,668-674 (1996)
- [43] S.Ezrahi, E.Wachtel, A.Aserin,N.Garti, **Structural polymorphism in a four-component nonionic microemulsion.** J.Colloid Interfacial Sci.,191,277 (1997)

- [44] O.Glatzer, D.Orthaber,A.Stradner, G.Scherf, M.Fanun,N.Garti,V.Clement,M.E.Leser, **Sugar-ester nonionic microemulsions : structural charecterization.** J.Colloid Interfacial Sci., 241 ,215 (2001)
- [45] A.Yagmur, A.Aserin, B.Antalek, N.Garti, **Microstructure considerationsof new five component Winsor IV food grade microemulsions studied by pulsed gradient spin echo NMR, conductivity and viscosity,** Langmuir 19,1063-1068 (2003)
- [46] M.Kahlweit,R.Strey,D.Haase,H.Kunieda,T.Schmeling,B.Foulhaber,M.Barkovec, H.F.Eicke ,G.Busse, F.Eggers, Th.Funck, H.Richmann, L.Magid, O.Söderman, P.Stilbs, J.Winkler, A.Dittrich and M.Jahn,**How to study microemulsions,** J.Colloid Interface Sci., 118,436 (1987)
- [47] R.Strey, **Microemulsions microstructure and interfacial curvature,** Colloid Polym.Sci., 272:1005-1019 (1994)
- [48] W.Jahn, R.Strey, **Micrstructure of microemulsions by freze fracture electron microscopy,** J.Phys.chem., 92,2294 (1988)
- [49] P.K.Vinson,J.G.Sheehan,W.G.Miller, L.E.Scriven, H.T.Davies, **Viewing microemulsions with freze fracture transmission electron microscopy,** J.Phys Chem., 95,2546 (1991)
- [50] T.Scottman, R.Strey , **Ultralow interfacial tension in water-n-alkan-surfactant systems,** J.Chem. Phys. 106,8606-15, (1997)
- [51] B.Widom, **Phase transitions in surfactant solutions and in their interfaces,** Langmuir 3,12-17,(1987)
- [52] H.Leitao, A.M.Somoza, M.M.T.daGama, T.Scottmann,R.Strey, **Scaling of the interfacial tension of microemulsions.** J.Chem.Phys.105,2875-83 (1996)
- [53] R.K.Mitra, B.K.Paul **Effect of temperature and salt on the phase behavior of nonionic and mixed nonionic-ionic microemulsions with fish-tail diagram** J.Colloid Interface Sci., 291,550-550 (2005)

- [54] A.C.John,A.K.Rakshit **Phase behavior and properties of a microemulsion in the presence of NaCl** Langmuir 10,2084-2087 (1994)
- [55] Z.Saidi, C.Mathew, J.Pegrelasse, C.Baned **Percolation and critical exponents for viscosity of microemulsions.** Phys.Rev.A 42,872-876 (1990)
- [56] M.Gradzielski,H.Hoffmann, **Rheological properties of microemulsions, In Handbook of microemulsion science and technology,** P.kumar,K.L.Mittal eds.,Marcel Dekker: New York, pp 166-192 (1999)
- [57] C.Solans , R.Pans, H.Kunieda, **Overview of basic aspect of microemulsions in Industrial Application of Microemulsions,** C.Solans , H.Kunieda , eds., Marcel Dekker : New York, p,1-19 (1997)
- [58] K.Aramaki, H.Kunieda, M.Ishitabi, T.Tagawa, **Effect of addet added salt on the phase behavior in a sucrose monoalkanoate system,** Langmuir 13,2266-2270 (1997)
- [59] J.İ.Chai, H.Sun,X.Q.Li, L.S.Chen, B.Yang and Y.T.Wu, **Effect of inorganic salts on the phase behavior of microemulsion system containing sodium dodecyl sulfate,** J.Disp.Sci. and Tech. 33:1470-74,2012
- [60] K.Shinoda,H.Takeda, **The effect of added water on the hidrofile-lipofile balance of nonionic surfactants: The effect of added salts on the phase inversion temperature of emulsions,** J.Colloid Interface Sci. 32: 642-46, (1970)
- [61] E. W.Anacker and A,E,Westwell, **A Three component light scattering theory for surfactant solutions containing added electrolyte,** J.Phys. Chem. 68, 3490 (1964)
- [62] M. Claussa, J.Heil, J.Peyrelasse and C.Boned, **Phase diagram features and electrical conductive behavior of Winsor IV systems as correlated to alkyl chain length compatibility,** J.Colloid Interface Sci. 87 : 584-86 (1982)
- [63] G.Karlström, **A new model for upper and lower critical solution temperatures in poly(ethylene oxide) solutions,** J.Phys. Chem. 89: 4962 (1985)

- [64] H.Kunieda and C.Solans. **How to prepare microemulsions : Temperature insensitive microemulsions in “ Industrial Application of Microemulsions”** C.Solans and H.Kunieda eds. Marcel Dekker: New York,1997,pp.21-45
- [65] S.P.Moulik, B.K.Paul. **Structure, Dynamics and transport properties of microemulsions**, Adv.Colloid Interface Sci., 78,99-195 (1998)
- [66] W. Warisnoicharoen, A.B.Lansley, M.J.Lawrence. **Nonionic oil in water microemulsions : The effect of oil type on phase behavior**, Int.j.Pharm., 198,7-24 (2000)
- [67] C.Malcolmson, C.Satra, S.Kantaria,A.Sidhu,M.J.Lawrence. **Effect of oil on the level of solubilization of testosterone propionate into nonionic oil in water microemulsions**, J.Pharm.Sci., 87,109-116 (1998).
- [68] X.Zhang, J.Deng, G.Zhang, X.Hang, X.Li , **The effect of addition on the water solubilization capacity and conductivity in n-pentanol microemulsions**, J.Colloid and Interface Sci. 285, 336-341 (2005).
- [69] S.K.Mehta, G.Kaur, R.Mutneja, K.K.Bhasin, **Solubilization, microstructure and thermodynamics of fully dilutable U-type Brij microemulsion**, J.Colloid and Interface Sci., 338,542-549 (2009)
- [70] A.K.Chattapadhyay, D.O.Shah, L.Graicha, **Double-tailed surfactants and their chain length compatibility in water in oil emulsions**, Langmuir 8,27-30 (1992).
- [71] R.Strey and M.Jonstrümer, **Role on medium chain alcohols in interfacial films of nonionic microemulsions**, J.Phys.Chem., 96,4537-4542 (1992).
- [72] A.Patist, V.Chhabra, R.Pogidipati, R.Shah and D.O.Shah, **Effect of chain length compatibility on micellar stability in sodium dodecyl sulfate/alkyltrimethyl ammonium bromide solutions**, Langmuir 13,432-432 (1997).

- [73] M.Panders and R.Strey , **Phase behavior of the quaternary system H₂O/n-octane/C₈E₅/n-octanol : Role of the alcohol in microemulsions**, J.Phys.Chem., 99,10313-10318 (1995).
- [74] S.Ezrahi,E.Tural, A.Aserin, N.Garti, **The effect of structural variation of alcohols on water solubilization in nonionic microemulsions. 1.From linear to branched amphiphiles- general considerations**, J.Colloid and Interface Sci., 291,263-272 (2005).
- [75] S.Ezrahi,E.Tural, A.Aserin, N.Garti, **The effect of structural variation of alcohols on water solubilization in nonionic microemulsions. 2.Branched alcohols as solubilization modifiers**, J.Colloid and Interface Sci.,291, 273-281 (2005).
- [76] N.Garti,A.Aserin, S.Ezhari and E.Wachtel, **Water Solubilization and Chain Length Compatibility in Nonionic Microemulsions**, J.Colloid Interface Sci., 169,428-436 (1995)
- [77] P.A.Winsor, **Solvent Properties of Amphiphilic Compounds**, Butterworth, London, 1954
- [78] K.Shinoda and H.Kunieda, **Condition to produce so-called microemulsions: Factors to increase the mutual solubility of oil and water by solubilizer**, J.Colloid Interface Sci.,42, 381-387, (1973)
- [79] F.Potlogar, M.Gasperlin, M.Tomsic, A.Jamnik, M.B.Rogac, **Structural characterisation of water-Tween 40/Imwitor 308-isopropil myristate microemulsions using different experimental methods**, Int. J. Pharm.288 27-34 (2005).
- [80] P.G.De Gennes and C.Taupin, **Microemulsions and the flexibility of oil/water interfaces**, J.Phys.Chem., 86,2294-2304 (1982)
- [81] Monzer Fanun, **Microemulsions: Properties and Applications**, CRC Press,New York,2009

- [82] H.F.Eicke, M.Borkovec, B.U.Gupta, **Conductivity of water-in-oil microemulsions. A quantitative charge fluctuation model**, J.Phys.Chem., 93, 314-317 (1989)
- [83] N.Kallay, A.Chittofrati, **Conductivity of microemulsions: Refinement of charge fluctuation model**. J.Phys.Chem., 94,4755-4756 (1990)

ÖZGEÇMİŞ

1967 yılında Görele-Giresun'da doğdum. İlk-orta ve liseyi Görelede bitirdim. 1990 KTÜ Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünden mezun oldum. İki yıl Giresun Çanakçı ilçesi özel idare müdürlüğü, iki yıl Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Göğüs Hastalıkları Solunum Fonksiyon Laboratuvarı sorumlusu ve yaklaşık altı yılda aynı hastanenin kalp damar cerrahisi bölümünde kardiyopulmoner bypass operatörü olarak görev yaptım. 2006 yılında Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde yüksek lisans eğitimimi tamamladım. Halen Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümünde NMR laboratuvarı sorumlusu olarak görev yapmaktayım. Evli ve dört çocuk sahibiyim.