



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ ile ORGANİK
ASİTLERİN SULU ÇÖZELTİDEN AYRILMASI**

Ayşe Zeynep GÜRLEVÜK

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Dilek ÖZMEN**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 01.07.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Mühendisliğı Anabilim Dalı, Temel İşlemler ve Termodinamik Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ



Doç. Dr. Dilek ÖZMEN
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakülte



Prof. Dr. İsmail İNCİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakülte



Prof. Dr. Fatma Jale GÜLEN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Mühendislik Fakülte



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa’nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca benden desteğini, bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen, tez konusunu seçimimde ve gerek yazma konusunda gerek deneysel çalışmalarında her zaman yanımda ve yardımcı olan tez danışmanım Doç.Dr. Dilek ÖZMEN'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans eğitimlerim boyunca desteklerini ve güler yüzlerini esirgemeyen, başta Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Mehmet BİLGİN'e, sayın Prof. Dr. İsmail İNCİ'ye, sayın Prof. Dr. Süheyla ÇEHRELİ'ye, deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Dr. Nilay BAYLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu tez sürecinde benimle geceleleyen her durumda bana destek olan sevgili eşim, Bedirhan GÜRLEVÜK'e, benden desteğini bir an için bile esirgemeyen değerli arkadaşım, Sezin BEKRİ'ye, tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen her zaman yanımda olan sevgili annem, Ayşe ORHAN'a ve canım ablam Leyla GÜNARSLAN'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Haziran 2019

Ayşe Zeynep GÜRLEVÜK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER.....	v
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ.....	xvi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxiv
SUMMARY	xxvi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	4
2.1 AYIRMA İŞLEMLERİ.....	4
2.2 EKSTRAKSİYON	6
2.2.1 Sıvı Sıvı Ekstraksiyon	6
2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon	7
2.3 ÇÖZELTİLERİN TERMODİNAMİĞİ	10
2.3.1 Serbest Enerji ve Kararlılık	10
2.3.2 Fugasite- Aktivite	14
2.3.3 Aktivite Katsayısı ve Gibbs Duhem Denklemi	15
2.3.4 Kritik Nokta.....	16
2.3.5 Faz Dengesi	17
2.3.6 Nernst Dağılma Kanunu, Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü	18
2.3.7 Bağlantı Doğrusu Korelasyonları	20
2.3.8 Çözücü Seçimi.....	23
2.4 SİSTEM TİPLERİ.....	24
2.4.1 Tip 1.....	24
2.4.2 Tip 2.....	27
2.5 SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMLERİ SUNUM ARAÇLARI	28
2.5.1 Üçgen Diyagramlar	28
2.5.2 Dörtgen Diyagramlar.....	30
2.6 SIVI-SIVI DENGİ VERİLERİNE TERMODİNAMİK MODELLERİN UYGULANMASI	31

2.6.1 NRTL (Non Random Two Liquid) Modeli	34
2.6.2 UNIQUAC (Universal Quasi-Chemical) Modeli- separation process principles.....	36
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	38
3.1 KULLANILAN KİMYASALLAR.....	38
3.1.1 Formik Asit.....	38
3.1.2 Asetik Asit.....	39
3.1.3 Triasetin.....	40
3.1.4 4-Metil-2-Pentanol	41
3.1.5 2-Oktanol.....	42
3.1.6 2-Oktanon.....	43
3.1.7 Tridodesilamin.....	44
3.2 YÖNTEM.....	45
3.2.1 Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu	45
3.2.1.1 Üçgen Diyagramda Çözünürlük Eğrisi Çizimi.....	45
3.2.1.2 Üçgen Diyagramda Bağlantı Doğrularının Çizimi.....	45
3.2.1.3 DeneySEL Verilerden Dağılma Katsayısı, Ayırma Faktörü Hesabı ve Seçimlilik Diyagramı	46
3.2.1.4 DeneySEL Bağlantı Doğruları için Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonu	47
3.2.1.5 Model Uygulamaları.....	48
3.2.2 Reaktif Ekstraksiyon	51
3.2.2.1 Reaktif Ekstraksiyon için Süre Tayini.....	51
3.2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon Deneyleri.....	51
4. BULGULAR.....	53
4.1 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSTEMİ	54
4.1.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri.....	54
4.1.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	54
4.1.3 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları.....	55
4.1.4 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	55
4.1.5 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı.....	56
4.2 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANON ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSTEMİ.....	58
4.2.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanon Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri.....	58
4.2.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanon Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı.....	58

4.2.3 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Dağılıma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları.....	59
4.2.4 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	59
4.2.5 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı.....	60
4.3 SU-ASETİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ.....	62
4.3.1 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri	62
4.3.2 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	62
4.3.3 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Dağılıma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları	63
4.3.4 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	63
4.3.5 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı	64
4.4 SU-ASETİK ASİT-TRİASETİN ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ.....	66
4.4.1 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri.....	66
4.4.2 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	66
4.4.3 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Dağılıma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları	67
4.4.4 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	67
4.4.5 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı.....	68
4.5 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ.....	70
4.5.1 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri.....	70
4.5.2 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	71
4.5.3 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Dağılıma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları.....	71
4.5.4 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	72
4.5.5 Su-Formik Asit-2-Oktanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı	73
4.6 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANON ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ.....	75
4.6.1 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri.....	75
4.6.2 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	75
4.6.3 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Dağılıma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları.....	76
4.6.4 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları.....	76
4.6.5 Su-Formik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı	77

4.7 SU-FORMİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ	79
4.7.1 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri	79
4.7.2 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	79
4.7.3 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları	80
4.7.4 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları	80
4.7.5 Su-Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı	81
4.8 SU-FORMİK ASİT-TRİASETİN ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİSİSTEMİ	83
4.8.1 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri	83
4.8.2 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı	83
4.8.3 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları	84
4.8.4 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları	84
4.8.5 Su-Formik Asit-Triasetin Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı	85
4.9 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	87
4.9.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri	87
4.9.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler	88
4.10 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANON REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	90
4.10.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanön Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri	90
4.10.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanön Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler	91
4.11 SU-ASETİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	93
4.11.1 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri	93
4.11.2 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler	94
4.12 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	96
4.12.1 Su-Formik Asit-2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri	96
4.12.2 Su- Formik Asit -2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler	97
4.13 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANON REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	99

4.13.1 Su-Formik Asit-2-Oktanon Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri.....	99
4.13.2 Su- Formik Asit -2-Oktanon Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler.....	100
4.14 SU-FORMİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	102
4.14.1 Su-Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri.....	102
4.14.2 Su- Formik Asit -4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine ait Deneysel Veriler	103
4.15 SU-ASETİK ASİT-TRİASETİN REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ	105
4.16 SU-FORMİK ASİT-TRİASETİN REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ.....	105
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	106
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ	114

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1: Üretimde ayırma prosesleri.....	4
Şekil 2.2: Karboksilik asitin sulu çözeltisinde ekstraksiyon ve reaktif ekstraksiyon işlemi.	8
Şekil 2.3: İdeal bir ikili sistem için Gibbs serbest karışım eğrisi enerjisi.	11
Şekil 2.4: İdeal olmayan bir sıvı faz sistemi için Gibbs serbest karışım enerjisi eğrisi.	12
Şekil 2.5: Tipik üçgen diyagram.	13
Şekil 2.6: Kısmi molar serbest enerji elde etmek için geometrik yapı.....	16
Şekil 2.7: Saf maddeler için sıcaklık- basınç değişimi veya ilişkisi.	17
Şekil 2.8: Dağılıma eğrisi.....	19
Şekil 2.9: Üçlü korelasyon eğrileri.	21
Şekil 2.10: Bağlantı doğrusu verilerini bulma	22
Şekil 2.11: Sistemlerin üçgen diyagramlardaki çözünürlük eğrisi ve bağlantı doğruları örnekleri.....	25
Şekil 2.12: Solutropik sistem.	26
Şekil 2.13: Tip 1 sistemi için sıcaklığın etkisi.	27
Şekil 2.14: Tip 2 sistemi için sıcaklığın etkisi.	28
Şekil 2.15: Üçlü sistemler için diyagramlar.....	29
Şekil 2.16: Dikdörtgen koordinatlar.....	31
Şekil 2.17: İkili sistem çeşitleri.....	32
Şekil 3.1: Formik asitin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.....	39
Şekil 3.2: Asetik asitin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.	40
Şekil 3.3: Triasetinin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.....	41
Şekil 3.4: 4-Metil-2-Pentanol 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.....	42

Şekil 3.5: 2-Oktanölün 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.	43
Şekil 3.6: 2-Oktanönün 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.	43
Şekil 3.7: TDA'nın 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.	44
Şekil 4.1: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	55
Şekil 4.2: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	56
Şekil 4.3: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.	56
Şekil 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	57
Şekil 4.5: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	57
Şekil 4.6: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	59
Şekil 4.7: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	60
Şekil 4.8: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.	60
Şekil 4.9: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanön (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	61
Şekil 4.10: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanön (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	61
Şekil 4.11: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	63
Şekil 4.12: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	64
Şekil 4.13: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.	64
Şekil 4.14: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	65
Şekil 4.15: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	65

Şekil 4.16: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	67
Şekil 4.17: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	68
Şekil 4.18: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.....	68
Şekil 4.19: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	69
Şekil 4.20: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	69
Şekil 4.21: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	71
Şekil 4.22: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	72
Şekil 4.23: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.....	73
Şekil 4.24: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	73
Şekil 4.25: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	74
Şekil 4.26: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	76
Şekil 4.27: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	77
Şekil 4.28: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanön (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.....	77
Şekil 4.29: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanön (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	78
Şekil 4.30: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanön (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	78
Şekil 4.31: Su (1)-Formik asit (2)-4 Metil-2-Pentanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	80
Şekil 4.32: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.	81

Şekil 4.33: Su (1)-Formik asit (2)-4 Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.	81
Şekil 4.34: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	82
Şekil 4.35: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	82
Şekil 4.36: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.	84
Şekil 4.37: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait OthmerTobias korelasyonu.	85
Şekil 4.38: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.	85
Şekil 4.39: Su (1)-Formik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.	86
Şekil 4.40: Su (1)-Formik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.	86
Şekil 4.41: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.	87
Şekil 4.42: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarı.	88
Şekil 4.43: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	89
Şekil 4.44: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	89
Şekil 4.45: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	89
Şekil 4.46: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.	90
Şekil 4.47: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.	91
Şekil 4.48: Asetik asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	92
Şekil 4.49: Asetik asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	92

Şekil 4.50: Asetik asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	92
Şekil 4.51: Su (1)-Asetik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.....	93
Şekil 4.52: Su (1)-Asetik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.	94
Şekil 4.53: Asetik asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	95
Şekil 4.54: Asetik asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	95
Şekil 4.55: Asetik asit-4 Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	95
Şekil 4.56: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.....	96
Şekil 4.57: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.	97
Şekil 4.58: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	98
Şekil 4.59: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	98
Şekil 4.60: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	98
Şekil 4.61: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.....	99
Şekil 4.62: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.	100
Şekil 4.63: Formik Asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	101
Şekil 4.64: Formik Asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	101
Şekil 4.65: Formik Asit-2-Oktanon için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	101
Şekil 4.66: Su (1)- Formik Asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.	102

Şekil 4.67: Su (1)- Formik Asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.	103
Şekil 4.68: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).	104
Şekil 4.69: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).	104
Şekil 4.70: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).	104



TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: Başlıca ayırma işlemleri ve endüstriyel örnekler.	5
Tablo 2.2: Hidrojen Bağları Oluşturma Potansiyeline Göre Moleküllerin Sınıflandırılması	33
Tablo 2.3: Raoult Yasasından Sapmalara Neden Olan Molekül Etkileşimleri	33
Tablo 2.4: İkili Çiftlerin Sıvı-Faz Aktivite Katsayıları İlişkisinde Ampirik ve Yarı-Teorik Modeller.....	34
Tablo 3.1: Formik asitin bazı fiziksel özellikleri.....	39
Tablo 3.2: Asetik asitin bazı fiziksel özellikleri	40
Tablo 3.3: Triasetinin bazı fiziksel özellikleri.....	41
Tablo 3.4: 4- Metil-2-Pentanolün bazı fiziksel özellikleri.....	42
Tablo 3.5: 2-Oktanolün bazı fiziksel özellikleri	43
Tablo 3.6: 2-Oktanonun bazı fiziksel özellikleri	44
Tablo 3.7: Tridodesilaminin bazı fiziksel özellikleri.....	45
Tablo 3.8: UNIQUAC grup-hacim (R_k) ve grup-yüzey alanı (Q_k) parametreleri.....	49
Tablo 3.9: UNIQUAC hacim (r_i) ve yüzey alanı (q_i) parametreleri.....	49
Tablo 3.10: Farklı derişimlerin içerikleri.	51
Tablo 4.1: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	54
Tablo 4.2: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	54
Tablo 4.3: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	54
Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri	55
Tablo 4.5: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	55

Tablo 4.6: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	56
Tablo 4.7: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	58
Tablo 4.8: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	58
Tablo 4.9: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	58
Tablo 4.10: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.....	59
Tablo 4.11: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	59
Tablo 4.12: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	60
Tablo 4.13: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	62
Tablo 4.14: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	62
Tablo 4.15: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	62
Tablo 4.16: Su(1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.....	63
Tablo 4.17: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	63
Tablo 4.18: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	64
Tablo 4.19: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	66
Tablo 4.20: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	66
Tablo 4.21: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	66
Tablo 4.22: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.....	67

Tablo 4.23: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	67
Tablo 4.24: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	68
Tablo 4.25: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	70
Tablo 4.26: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	70
Tablo 4.27: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	71
Tablo 4.28: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.....	71
Tablo 4.29: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	72
Tablo 4.30: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	72
Tablo 4.31: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	75
Tablo 4.32: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	75
Tablo 4.33: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	75
Tablo 4.34: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.....	76
Tablo 4.35: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	76
Tablo 4.36: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	77
Tablo 4.37: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	79
Tablo 4.38: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	79
Tablo 4.39: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	79

Tablo 4.40: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.	80
Tablo 4.41: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	80
Tablo 4.42: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.	81
Tablo 4.43: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.....	83
Tablo 4.44: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.....	83
Tablo 4.45: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.....	83
Tablo 4.46: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri	84
Tablo 4.47: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.....	84
Tablo 4.48: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.....	85
Tablo 4.49: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	87
Tablo 4.50: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.	88
Tablo 4.51: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanön (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	90
Tablo 4.52: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanön (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.	91
Tablo 4.53: Su (1)-Asetik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	93
Tablo 4.54: Su (1)-Asetik asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.....	94
Tablo 4.55: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	96

Tablo 4.56: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.	97
Tablo 4.57: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanön (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	99
Tablo 4.58: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanön (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.	100
Tablo 4.59: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.	102
Tablo 4.60: Su (1)- Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.	103
Tablo 5.1: Othmer-Tobias ve Hand korelasyon parametreleri.	107
Tablo 5.2: NRTL ve UNIQUAC modellerinden elde edilen RMSD değerleri.	107

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$[A]$	: A bileşenin konsantrasyonu
$[A]_{org}$	: A bileşenin organik fazda ki konsantrasyonu
$[A]_{su}$	: A bileşenin su fazında ki konsantrasyonu
A ve B	: Othmer-Tobias korelasyon parametreleri
A' ve B'	: Hand korelasyon parametreleri
a_i	: i bileşenine ait aktivite
$[B]_{org}$	: B bileşenin organik fazda ki konsantrasyonu
$[B]_{su}$	: B bileşenin su fazında ki konsantrasyonu
C	: UNIQUAC model denklemi kombinasyonel kısım
C_a	: A bileşeninin konsantrasyonu
C_{a0}	: A bileşeninin başlangıç konsantrasyonu
C_E	: Ektrakt fazının konsantrasyonu
C_R	: Rafinant fazının konsantrasyonu
$C_{sit,org}$	: Organik fazda bulunan asit konsantrasyonu
$C_{amin,org}$	: Organik fazda bulunan amin konsantrasyonu
D_i	: Dağılma katsayısı
%E	: Ekstraksiyon etkinliği
F	: Çözelti faktörü
F_a ve F_b	: Amaç fonksiyonları
f_i	: i saf bileşenine ait fugasite
$\bar{f}_i$	: i bileşenine ait kısmi fugasite
G	: Kompleks bir reaktif
G	: Gibbs serbest enerjisi
g^E	: Aşırı Gibbs enerjisi
g^{id}	: İdeal bileşen Gibbs enerjisi
g^m	: Molar Gibbs serbest enerjisi
H	: Entalpi
h	: Isı taşınım katsayısı
M	: Molekül ağırlığı

N	: Normalite
n	: Mol sayısı
P	: Basınç
p_i	: Faz sayısı
Q_k	: UNIQUAC modeli grup-alan parametresi
q_i	: Alan parametresi
ΔQ	: Isı değişimi
R	: Evrensel gaz sabiti
R_k	: UNIQUAC modeli grup-hacim parametresi
r_i	: Hacim parametresi
R²	: Korelasyon katsayısı
S	: Entropi
ΔS	: Entropi değişimi
S_{NaOH}	: NaOH sarfiyatı
S	: Ayırma faktörü
T	: Sıcaklık
u	: İç enerji
V	: Hacim
x_i	: <i>i</i> bileşeninin mol kesri
x_{ij}	: <i>j</i> bileşeni içinde <i>i</i> bileşeninin mol kesri
Z	: Yükleme faktörü
$\bar{Z}$	: Kafes koordinasyon parametresi
α	: NRTL modeli rastgele olmayan parametre
β	: Seçicilik
θ	: Alan Fraksiyonu
μ_i	: Kimyasal potansiyel
φ_i	: Fugasite katsayısı
ν	: Kinematik viskozite
γ_i	: Aktivite katsayısı
ψ_i	: Hacim fraksiyonu
τ_{ij}	: <i>i</i> ve <i>j</i> bileşenleri arasındaki etkileşim parametresi

Kısaltmalar	Açıklama
2OL	: 2-Oktanol
2ON	: 2-Oktanon
4M2P	: 4-Metil-2-Pentanol
AA	: Asetik Asit
E236	: Formik Asit
E237	: Sodyum Format
E238	: Kalsiyum Format
E260	: Asetik Asit
FA	: Formik Asit
LLE	: Sıvı-Sıvı Dengesi (Liquid-Liquid Equilibrium)
MTBE	: Metil <i>tert</i> -Bütil Eter
NRTL	: Rastgele Olmayan İki Sıvı Modeli (Non Random Two Liquid Model)
RMSD	: Ortalama Karakök Sapma
rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı
TDA	: Tridodesilamin (Alamine-304)
TR	: Triasetin
UNIQUAC	: Universal Quasi-Chemical Model

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI EKSTRAKSİYON YÖNTEMLERİ ile ORGANİK ASİTLERİN SULU ÇÖZELTİDEN AYRILMASI

Ayşe Zeynep GÜRLEVÜK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Dilek ÖZMEN

Bu çalışmada fermantasyon ile üretilen karboksilli asitlerden, asetik asit ve formik asitin sulu çözeltilerinden geri kazanılması için, sıvı-sıvı ekstraksiyonu ve reaktif ekstraksiyon yöntemleri uygulanmıştır. Çözücü olarak 2-oktanol, 2-oktanon, 4-metil-2-pentanol ve triasetin kullanılmıştır. Reaktif ekstraksiyonda çözücülere tridodesilamin (TDA) eklenmiştir.

Literatürde, seçilen su-asit-çözücü sistemlerine ait veri bulunmamaktadır. Su-asit-çözücü sistemleri için sıvı-sıvı denge verileri, atmosferik basınç, 25°C sıcaklıkta incelenmiştir.

Deneysel bağlantı doğrularının güvenilirliğini test etmek için Othmer-Tobias ve Hand korelasyonları kullanılmıştır. Ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin ayırma etkinliğinin belirlenmesi için deneysel bağlantı doğrusu verileri kullanılarak, ayırma faktörü (S) ve dağılma katsayıları (D_i) hesaplanmıştır. Elde edilen değerlerin karşılaştırılması sonucu, asetik asitin

ekstraksiyonunda 2-oktanon'un daha etkin olduğu görölmüştür. Formik asitin ekstraksiyonunda ise diğerk çözücölere göre 4-metil-2-pentanol daha etkindir.

Sıvı-sıvı denge verileri, NRTL ve UNIQUAC modelleri kullanılarak korele edilmiştir. Modellerden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında iki model için de düşük RMSD değerkleri elde edilmiştir. RMSD değerklerine bakıldığında, UNIQUAC modeli, NRTL modeline göre daha yakın tahminler vermiştir.

Asetik ve formik asitin reaktif ekstraksiyon deneyleri için ilk olarak ekstraksiyon süresi belirlenmiş ve bu süreye göre deneyler yapılmıştır. Deneyler sonucunda dağılma katsayıları (D), yükleme faktörleri (Z) ve ekstraksiyon etkinliğı (% E) hesaplanmıştır. Asetik ve formik asit için (2-oktanol-TDA) diğerk çözücölere göre daha etkindir.

Sıvı-sıvı ekstraksiyon ve reaktif ekstraksiyon verilerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Sonuç olarak asetik ve formik asitin sulu çözeltilerinden geri kazanımında, reaktif ekstraksiyonun, sıvı-sıvı ekstraksiyona göre daha etkin olduğu görölmüştür. Dağılma katsayılarının büyük olması daha az çözücü kullanarak ayırma yapmayı sağladığı için tercih edilmektedir. TDA kullanmak daha iyi ayırma sağlasada, kullanmadan önce çevresel ve ekonomik değerklendirmeler yapılmalıdır.

Haziran 2019, 141 sayfa.

Anahtar kelimeler: Sıvı-sıvı denge verileri, Reaktif ekstraksiyon, Asetik asit, Formik asit, NRTL, UNIQUAC

SUMMARY

M.Sc. THESIS

SEPARATION OF ORGANIC ACIDS FROM AQUEOUS SOLUTION WITH DIFFERENT EXTRACTION METHODS

Ayşe Zeynep GÜRLEVÜK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Chemical Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Dilek ÖZMEN

In this study, liquid-liquid extraction and reactive extraction methods were used to recover acetic acid and formic acid from carboxylic acids produced by fermentation. 2-Octanol, 2-octanone, 4-methyl-2-pentanol and triacetin were used as solvents. Tridodecylamine (TDA) was added to the solvents in the reactive extraction.

No data were obtained in the literature for the systems studied. Liquid-liquid equilibrium data of water-acid-solvent systems were investigated at 25 °C and atmospheric pressure.

Othmer-Tobias and Hand correlations were used to test the reliability of experimental tie line data. Separation factor (S) and distribution coefficients (D_i) were calculated using experimental tie line data to determine the separation efficiency of the solvents used in the extraction. As a result of the comparison of the values obtained, 2-octanone was found to be more effective in the extraction of acetic acid. In the extraction of formic acid, 4-methyl-2-pentanol is more effective than other solvents.

Liquid-liquid equilibrium data were correlated using the NRTL and UNIQUAC models. When the results obtained from the models were compared, low error values were obtained for both models by RMSD method. When the RMSD values are considered, UNIQUAC model has obtained closer estimates than NRTL model.

Reactive extraction data for acetic acid and formic acid were determined. Firstly, optimum time was determined for the reactive extraction of acetic and formic acids. As a result of the experiments, distribution coefficients (D), loading factors (Z) and extraction efficiency (% E) were calculated. For acetic acid and formic acid, (2-octanol-TDA) is more effective than other solvents.

Liquid-liquid extraction and reactive extraction data were compared. As a result, reactive extraction of acetic acid and formic acid from aqueous solution of acids was found to be more efficient than liquid-liquid extraction. The large distribution coefficients are preferred since they allow separation using less solvent. Although TDA provides better separation, environmental and economic considerations should be made before use.

June 2019, 141 pages.

Keywords: Liquid-liquid equilibrium, Reactive extraction, Acetic acid, Formic acid, NRTL, UNIQUAC

1. GİRİŞ

Karboksilik asitler, gıda, kimya ve ilaç endüstrisinde büyük ölçüde kullanılan organik bileşiklerdir. Karboksilik asitlerin uygulamaları arasında deterjan, ilaç, plastik, boya, tekstil, parfüm ve hayvan yemi üretimi bulunur. Günümüzde diğer gelişmiş karboksilik asit uygulamalarına örnek olarak, biyopolimer üretimi, ilaç dağıtımı salımı ve doku mühendisliği verilebilir [1].

Sıvı-sıvı dengesi (LLE) verileri ve termofiziksel özellikler, sıvı-sıvı ekstraksiyon işlemlerinin tasarlanması, ölçeklendirilmesi ve otomasyonu için kullanılan önemli bilgilerdir; kırılma indisi ölçümleri sayesinde [2].

Belirli bir sistemde iki sıvı fazın oluşup oluşmayacağı ve oluşuyorsa, bileşenlerin fazlar arasında nasıl dağılacığı sorusu, deneysel çalışmalar ile cevaplanabilir [3].

Bir fazın, iki fazın fiziksel temasına dayanarak, sulu ve su ile karışmayan bir organik faz arasında aktarıldığı sıvı-sıvı ekstraksiyonunda eter gibi geleneksel çözücülerle ekstraksiyon, çoğu karboksilik asitin geri kazanımı için pratik bir tercih değildir. Çünkü asitin sulu faz aktivite katsayısı, asitin çözücüye önemli miktarda transfer edilmesine izin vermez [11]. Bu nedenle üçlü LLE verilerinin niceliksel bilgisi, asit geri kazanımı için optimum ekstraksiyon koşullarının belirlenmesi için kritik öneme sahiptir [4].

Karboksilik asitlerin sulu çözeltilerden geri kazanımı, örneğin membran ayrılması, adsorpsiyon, elektrodializ, sıvı-sıvı ekstraksiyonu, iyon değişimi ve ters ozmoz gibi başka ayırma yöntemleri kullanılarak da araştırılmıştır. Tüm bu yöntemler, örneğin düşük verim, yüksek karmaşıklık, yüksek maliyet ve enerji tüketimi ve çok miktarda atık su ve yan ürün üretimi gibi özel dezavantajlara sahiptir. Son zamanlarda, reaktif ekstraksiyon işlemi, fermantasyon besiyerinden alternatif ve etkili bir karboksilik asit ayırma yöntemi olarak artan bir ilgi görmektedir.

Reaktif ekstraksiyon, ekstraktanlar ve ekstrakte edilen materyaller arasındaki reaksiyonları kullanan bir ayırma işlemidir. Genel olarak, karboksilik asitin reaktif

olarak ekstraksiyonu genellikle organik çözücüler (amin veya fosforlu bileşikler) kullanılarak yapılır [1].

Bu çalışmada, asetik asit ve formik asitin sulu çözeltiden uzaklaştırılması için ekstraksiyon ve reaktif ekstraksiyon metotları uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çözücü olarak; 2-oktanol, 2-oktanon, 4-metil-2-pentanol ve tirasetin kullanılmıştır. Reaktif ekstraksiyon için tridodesilamin (TDA) seçilmiştir. Orijinal bir çalışma olması için çözücüler seçilirken, literatür taraması yapılmıştır. Bu sistemler ile daha önce çalışma yapılmamış olmasına dikkat edilmiştir. Her bir su-asit-çözücü sistemi için çözünürlük eğrisi ve deneysel bağlantı doğruları bulunmuş ve üçgen faz diyagramlarında gösterilmiştir. Ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin ayırma etkinliğinin belirlenmesi için deneysel bağlantı doğrusu verileri kullanılarak, ayırma faktörü (S) ve dağılma katsayıları (D_i) hesaplanmıştır. Deneysel bağlantı doğrularının güvenilirliğini test etmek için Othmer-Tobias ve Hand korelasyonları kullanılmıştır. Çalışılan su-asit-çözücü üçlü sistemleri için, sıvı-sıvı denge verileri atmosferik basınç altında ve 25°C sıcaklıkta incelenmiştir.

Sıvı-sıvı denge verilerinin deneysel olarak saptanması zaman alıcı ve yorucudur. Sıvı-sıvı denge verileri, doğru ve hızlı bir şekilde iyi bilinen bazı termodinamik modellerle tahmini olarak belirlenerek hesaplanabilir. Bu çalışmadaki deneysel verilerin tahmini, NRTL (Non-Random Two-Liquid) ve UNIQUAC (Universal Quasi-Chemical) modelleri kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla MATLAB programı kullanılmıştır. NRTL ve UNIQUAC modellerinden elde edilen denge verileri ile deneysel denge verileri karşılaştırılmıştır. Deneysel ve modellerden elde edilen bağlantı doğrusu verileri, üçgen faz diyagramlarında gösterilmiş olup, aralarındaki farkı ifade etmek için de RMSD (Root Mean Square Deviation) değerleri hesaplanmıştır.

Asetik asit ve formik asit için reaktif ekstraksiyon verileri belirlenmiştir. Ekstraktif madde olarak tridodesilamin (TDA) ve seyreltici olarak 2-oktanol, 2-oktanon, 4-metil-2-pentanol, triasetin kullanılmıştır. TDA, seyrelticiler içinde çözünen, bir asit-amin kompleksi oluşturur. Reaktif ekstraksiyon deneylerinde ilk olarak ekstraksiyon süresi belirlenmiş ve bu süre göz önüne alınarak farklı amin-çözücü miktarları ile deneyler yapılmıştır. Reaktif ekstraksiyon deneylerinin sonuçları, dağılma katsayıları (D), yükleme faktörleri (Z) ve ekstraksiyon etkinliği

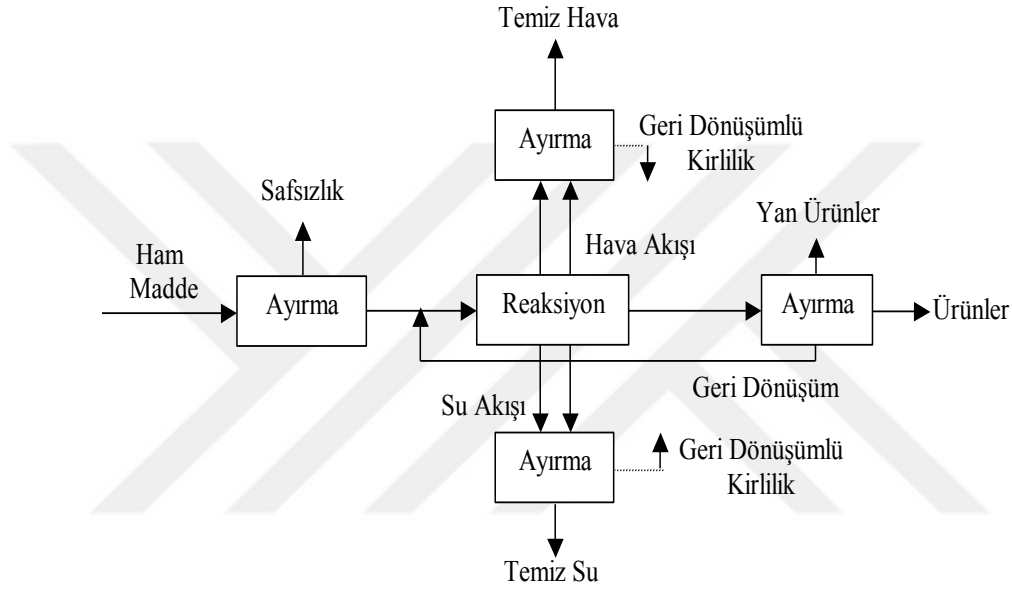
(% E) hesaplanarak verilmiştir. Tüm deneyler 25°C'de ve atmosferik basınçta gerçekleştirilmiştir.



2. GENEL KISIMLAR

2.1 AYIRMA İŞLEMLERİ

Ayırma, madde karışımlarını, her biri birbirinden farklı iki veya daha fazla ürüne ayırma prosesi olarak tanımlanabilir. Şekil 2.1’de bir üretimdeki ayırma prosesine ait akım şemasını gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Üretimde ayırma prosesleri.

Termodinamiğin II. Kanunu, bütün doğal proseslerin, evrenin entropisini veya düzensizliğini artıracak şekilde olduğunu ifade eder:

$$\Delta S_{\text{toplam}} = \frac{\Delta Q}{T} \geq 0 \quad (2.1)$$

Dolayısıyla maddelerin birbiriyle hemen karışma eğilimi, bu kanun sonucudur. Buna karşılık değişik bileşenlerden oluşan bir karışımı birbirinden farklı kompozisyonlardaki ürünlere ayırmak için gerekli termodinamik işin eşdeğerini sağlayacak bir sisteme, ekipmana veya bir prosese ihtiyaç vardır [5].

Günümüzde sıklıkla kullanılan ayırma işlemleri özetle Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1: Başlıca ayırma işlemleri ve endüstriyel örnekler.

Ayırma İşlemi	Besleme/ Başlangıç Fazı	Oluşturulan veya Eklenen Faz	Ayırıcı Faktör	Endüstriyel Örnek
Kısmi yoğunlaşma veya buharlaştırma	Sıvı ve/ veya buhar	Sıvı veya buhar	Isı transferi	Kısmi yoğunlaşma ve yüksek basınçlı faz ayırma ile amonyaktan H ₂ ve N ₂ 'nin geri kazanımı
Ani buharlaştırma	Sıvı	Buhar	Basınç azaltma	Deniz suyundan suyun geri kazanımı
Destilasyon	Sıvı ve/ veya buhar	Buhar ve sıvı	Isı transferi	Stirenin saflaştırılması
Ekstraktif Destilasyon	Sıvı ve/ veya buhar	Buhar ve sıvı	Sıvı çözücü ve ısı transferi	Aseton ve metanolün ayrılması
Absorpsiyon	Buhar	Sıvı	Sıvı absorban (emici/soğurucu)	Karbon dioksitin yanma ürünlerinden bir etanolaminin sulu solüsyonlarıyla emilimiyle ayrılması
Buhar Destilasyon	Sıvı ve/veya buhar	Buhar ve sıvı	Sıyırma buharı ve ısı transferi	Ürünlerin gecikmiş kokmadan ayrılması
Azeotropik Destilasyon	Sıvı ve/veya buhar	Buhar ve sıvı	Sıvı sürükleyici ve ısı transferi	Su ile bir azeotrope oluşturmak için bir sürükleyici olarak n-butil asetat kullanarak sudan asetik asit ayrılması
Sıvı-sıvı ekstraksiyon	Sıvı	Sıvı	Sıvı çözücü	Sulu fermantasyon ortamı dimetil izobütil ketondan penisilin geri kazanımı
Kurutma	Sıvı ve kısmen katı	Buhar	Gaz ve ısı transferi	Akışkan yataklı kurutucuda sıcak hava ile polivinil klorürden suyun çıkarılması
Buharlaştırma	Sıvı	Buhar	Isı transferi	Üre ve su çözeltisinden suyun buharlaşması
Kristalizasyon	Sıvı	Katı(ve buhar)	Isı transferi	Bir organik solventten bir proteaz inhibitörünün geri kazanımı. M-ksilen ile karışımdan p-ksilen kristalizasyonu
Desüblimasyon	Buhar	Katı	Isı transferi	Yoğunlaşmamış gazdan ftalik anhidridin geri kazanımı
Katı-Sıvı Ekstraksiyon	Katı	Sıvı	Sıvı çözücü	Sıcak su ile şeker pancarı şeker ekstraksiyonu

2.2 EKSTRAKSİYON

Ekstraksiyon, maddelerin çözünürlük farkına dayanan bir ayırma işlemidir. En basit ekstraksiyon sisteminde, iki bileşiğin ayrılması gerekir. Bu, bir bileşiğin (çözünen) kolayca çözüldüğü, diğerinin (çözünmeyen) çözünmediği, dikkatlice seçilmiş bir çözücü ile ekstraksiyon yoluyla yapılabilir. Çözücünün geri dönüşüm için ekstraktan geri kazanılması gerekir. Karşı akım ekstraksiyon işlemlerinde, bir faz diğerinde dağılmış olan bir hafif faz ve bir ağır faz vardır. Hangi fazın dağılması gerektiği, sürecin tasarımında önemli bir sorudur [6].

Ekstraksiyon çeşitleri özetle şöyledir.

- **Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu:** Sıvı-sıvı ekstraksiyonu sıvı faz içerisindeki bir maddeyi, bu maddeyi çözebilen ve ilk sıvı faz ile karışmayan veya çok az karışan ikinci bir sıvı kullanılarak çekme işlemidir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu “çözücü ekstraksiyonu” olarak da adlandırılır [7].
- **Reaktif Ekstraksiyon:** Reaktif ekstraksiyon, çözücü ve ekstrakte edilecek madde arasında gerçekleşen tepkimeye dayanır [8].
- **Katı-Sıvı Ekstraksiyonu:** Katı-sıvı ekstraksiyon, metalürjik, doğal ürün ve gıda sanayinde kullanılır. Katı maddeden ve sıvı çözücünün içine hızlı çözünen difüzyonu teşvik etmek için, katı maddenin parçacık boyutu genellikle azaltılır.
- **Süperkritik Ekstraksiyon:** Ekstraksiyon sıcaklığı ve basıncı çözücünün kritik noktasının biraz üstünde ise, işlem süperkritik-sıvı ekstraksiyonu olarak adlandırılır. Bu bölgede, süperkritik sıvıdaki çözünür çözünürlük, sıcaklık ve basınçtaki küçük değişikliklerle büyük ölçüde değişebilir. Ekstraksiyonu takiben, solvent bakımından zengin ürünün basıncı geri dönüştürülmüş çözücüyü serbest bırakmak için azaltılır. Gıda maddelerinin işlenmesi için, süperkritik sıvı madde, ürünü kirletmemesi nedeniyle CO₂'nin tercih edildiği inert bir maddedir [9].

2.2.1 Sıvı Sıvı Ekstraksiyon

Bir veya iki çözücüyle sıvı-sıvı ekstraksiyonu, destilasyon ile ayrılması imkânsız olduğunda ya da ayrılacak olan karışım sıcaklığa duyarlı olduğunda kullanılabilir. Bir çözücü, seçici olarak besleme içindeki bileşenlerin sadece birini veya bir kısmını çözer. İki solventli bir ekstraksiyonda, her bir çözücü besleme bileşenleri için spesifik seçiciliğe sahiptir. Ekstraktif

destilasyonda olduğu gibi, ekstraksiyon işlemini terk eden akışlardan çözücüyu kurtarmak için ek işlemler gereklidir. Ekstraksiyon, fermentasyon ile üretilen ürünlerin geri kazanımı için de yaygın olarak kullanılır [9].

Sıvı- sıvı ekstraksiyonun uygulandığı endüstri uygulamaları aşağıda verilmiştir:

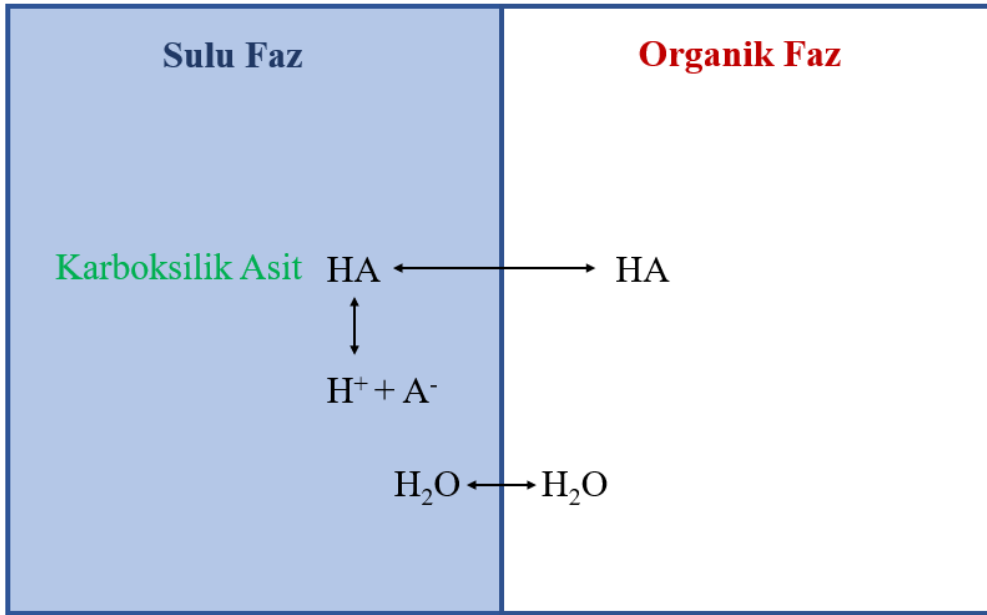
- Benzer kaynama noktalarına sahip sistemlerin ayrılması (örneğin alifatik hidrokarbonlardan aromatiklerin ayrılması)
- Yüksek kaynama noktalı ve düşük konsantrasyonlu çözeltilerin sulu çözeltilerden ayrılması (ör. Fenol)
- Yüksek kaynama noktaları olan karışımların ayrılması (örneğin, vitamin)
- Sıcaklığa duyarlı bileşiklerin ayrılması (ör. Akrilatlar, biyoteknoloji)
- Azeotropik karışımların ayrılması (örneğin, çözücü olarak MTBE kullanılarak sulu ortamdan asetik veya formik asitin ekstraksiyonu)
- Organik bileşiklerin tuz çözeltilerinden ekstraksiyonu (ör., Kaprolaktam)
- Polimer çözeltilerden tuzların ekstraksiyonu (örn., Keton reçineleri, polioller)
- Düşük dereceli cevherlerden metal tuzlarının çıkarılması (örn., Bakır)
- Atık sulardan metal tuzlarının çıkarılması
- Nükleer yakıtların geri kazanımı [10].

2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon

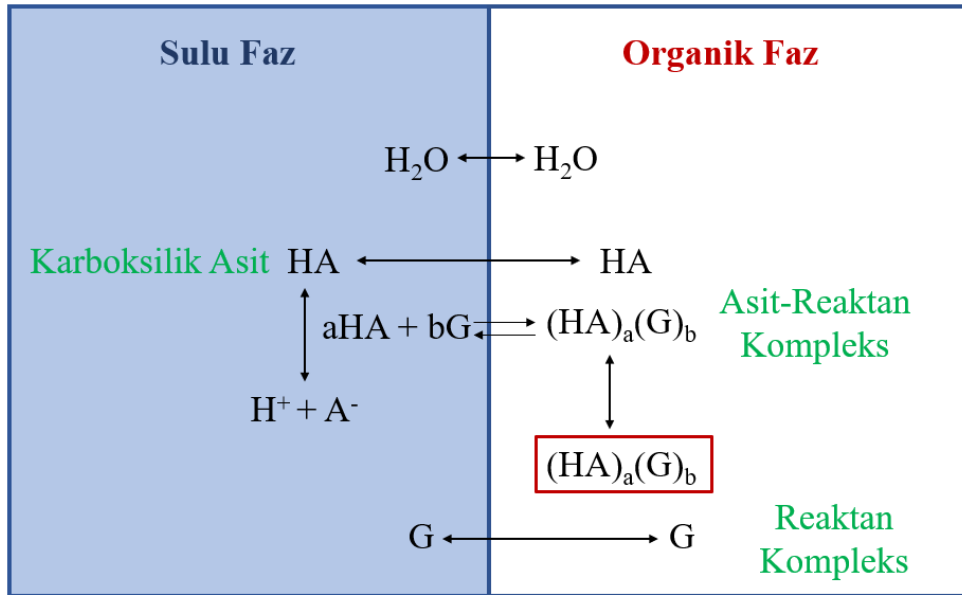
Reaktif ekstraksiyon, ekstraktanlar ve ekstrakte edilen materyaller arasındaki reaksiyonları kullanan bir ayırma işlemidir. Organik fazdaki ekstraktan, sulu fazdaki materyal ile reaksiyona girer ve oluşan reaksiyon kompleksleri daha sonra organik fazda çözündürülür. Hidrokarbon, fosfor ve alifatik amin ekstraktanlar gibi ekstraktan, genellikle karboksilik asitlerin reaktif ekstraksiyonda kullanılır [11].

Kompleks bir reaktif (G) kullanarak fiziksel ekstraksiyonun şemaları ve karboksilik asitin (HA) sulu bir solüsyondan reaktif ekstraksiyonu Şekil 2.2'de gösterilmiştir [1].

Ekstraksiyon



Reaktif Ekstraksiyon



Şekil 2.2: Karboksilik asitin sulu çözeltisinde ekstraksiyon ve reaktif ekstraksiyon işlemi.

Aşağıdaki faktörler, alternatif yöntemlere göre reaktif ekstraksiyon kullanımına yardımcı olmaktadır [1]:

- (1) Çözünürlükte karmaşık olan yetenekli fonksiyonel grupların varlığı. Asidik fonksiyonel gruplar seçiciliği teşvik eder ve alım kapasitesini artırır.
- (2) Düşük çözünen konsantrasyon. Düşük çözünen konsantrasyonlarda, kompleks haline getirme ajanı üzerinde ekstraksiyon için çok elverişli olan yüksek oranda serbest birleşme alanları vardır. Diğer ayırma işlemleri, düşük çözünen konsantrasyonlarda bu avantajlara sahip değildir.
- (3) Çözeltinin sudaki düşük etkinliği. Karmaşıklaşma çözücü fazdaki çözünme aktivitesini önemli ölçüde azaltabildiğinden, bu, rakip yöntemlere kıyasla göreceli bir avantaj sağlar.
- (4) Çözeltinin düşük uçuculuğu. Kompleks, uçucu olmayan çözünen maddeler için damıtmaya kıyasla nispi bir avantaj kazanır.
- (5) Düşük pH besleme akımı. Tersinir kompleks oluşumu, çözeltideki iyonlaşmamış asit miktarı tarafından tahrik edilir ve bu nedenle düşük bir pH'ta tercih edilir. Kompleksasyonla ayrılma için en uygun pH, asitin pKA'sı ile ilgilidir. Düşük pH'lı besleme solüsyonları, diğer rakip asitlerin çoklu asit sistemlerinde ekstraksiyonunu teşvik etme dezavantajına sahip olabilir. Asitin çoğunlukla ayrıldığı yüksek pH değerlerinde, iyon değişimi daha uygun olabilir. Bununla birlikte, bir asit fermentöründe optimum pH'nin 5'e yakın olduğu göz önüne alındığında, bu pratik ayırma için zahmetli olabilir. Son zamanlarda,
- (6) Organik fazın yenilenmesi kolay olmalıdır. Sıvı ekstraktantların çoğu katı sorbentlerden daha kolay bir şekilde yeniden üretilir. Kompleks haline getirici ajanın geri dönüşümü ve ürünün geri kazanılması için rejenerasyon gereklidir. Rejenerasyon adımının maliyeti, ayrılmanın ekonomik uygulanabilirliğinde önemli ve belirleyici bir faktördür.

Genellikle, amin-seyreltici-asit sistemi ile ilişkili ekstraksiyon etkinliği, asit-amin kompleks yapısı ve dağılma dengesi gibi fiziksel büyüklükleri tanımlayabilmek için kriter olarak dağılma oranı D , ekstraksiyon derecesi E (%), yükleme faktörü Z nicelikleri kullanılmaktadır [13].

$$D = \frac{C_E}{C_R} \quad (2.2)$$

$$Z = \frac{C_{asit,org}}{C_{amin,org}} \quad (2.3)$$

$$\%E = \left(1 - \left(\frac{C_a}{C_{a0}}\right)\right) \times 100 \quad (2.4)$$

Reaktif ekstraksiyon, kimya endüstrisinde (furfural, organik ve inorganik asitlerin ekstraksiyonu), biyokimyasal ve farmasötik ürünlerde (penisilin, amino asitlerin ekstraksiyonu), hidrometalurjide (metallerin madenciliği) kullanılan bir yöntemdir.

Denge ve seçicilik, reaktif ve reaktif olmayan ekstraksiyon işlemlerinin önemli yönlerini oluşturur. Bir diğer önemli faktör, oldukça hızlı olması gereken reaksiyon kinetiğidir. Reaktif ekstraksiyon işlemlerinin çoğu, beş dakikadan daha kısa bir sürede dengeye ulaşır. Çözünen kompleksin organik fazda difüzyonu hız belirleme aşamasıdır.

2.3 ÇÖZELTİLERİN TERMODİNAMİĞİ

2.3.1 Serbest Enerji ve Kararlılık

Bir sistemi oluşturan fazların dengedeki durumunu sadece Gibbs enerjisine bakarak karar vermemiz mümkündür. Belirli bir kompozisyondaki sıvı karışım termodinamik dengede, kompozisyonun ve enerjinin bir fonksiyonu olarak iki sıvı faza ayrılır. Sistemin toplam enerjisi denklem (2.5)'de tanımlanan Gibbs serbest enerjisi (G) ile belirlenir.

$$G = H - TS \quad (2.5)$$

Belirli bir sıcaklık ve basınçta n saf bileşenlerden 1 mol karışımın oluşumu üzerine molar Gibbs serbest enerjisi, g^m 'deki değişim denklem (2.6)'da gösterilmiştir.

$$g^m = \sum_{i=1}^n RTx_i \ln a_i \quad (2.6)$$

İdeal bir sistemde aktivite a_i , mol fraksiyonu x_i 'ye eşittir. İdeal olmayan sistemlerde ise aktivite, aktivite katsayısı, γ_i ile mol fraksiyonu ile ilişkilidir.

$$a_i = x_i\gamma_i \quad (2.7)$$

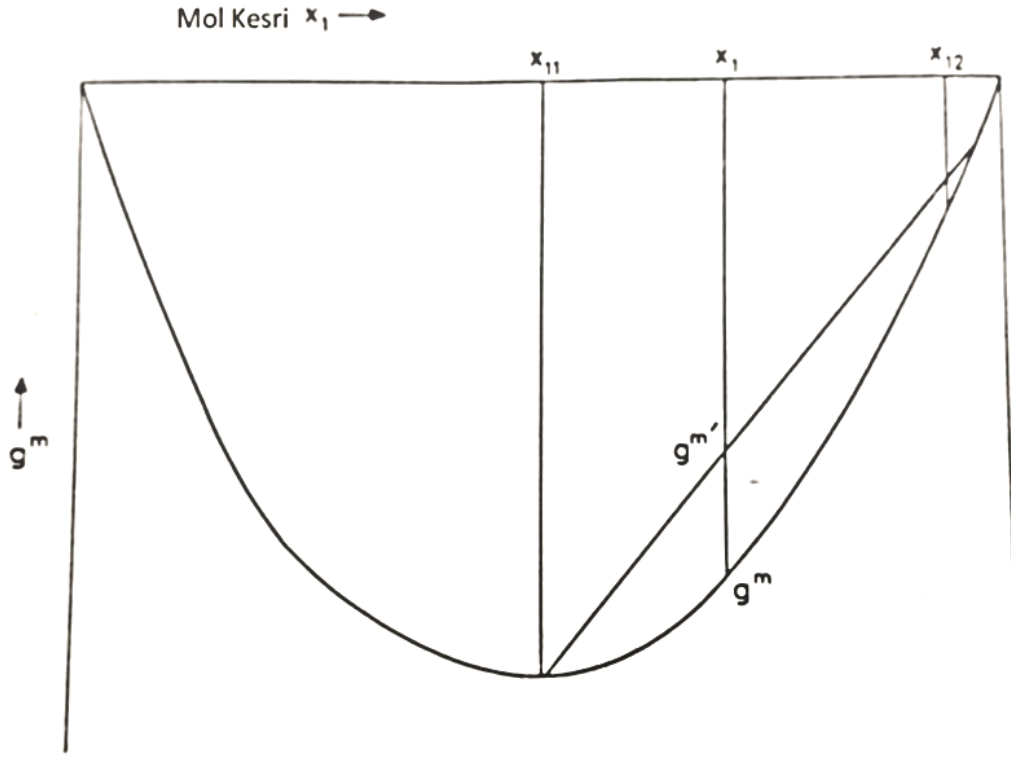
Herhangi bir karışımın molar Gibbs serbest enerji değişimi g^m , ideal bileşenin gibbs serbest enerjisi, g^{id} ve aşırı Gibbs enerjisinin, g^E toplamından oluşur.

$$g^m = g^{id} + g^E \quad (2.8)$$

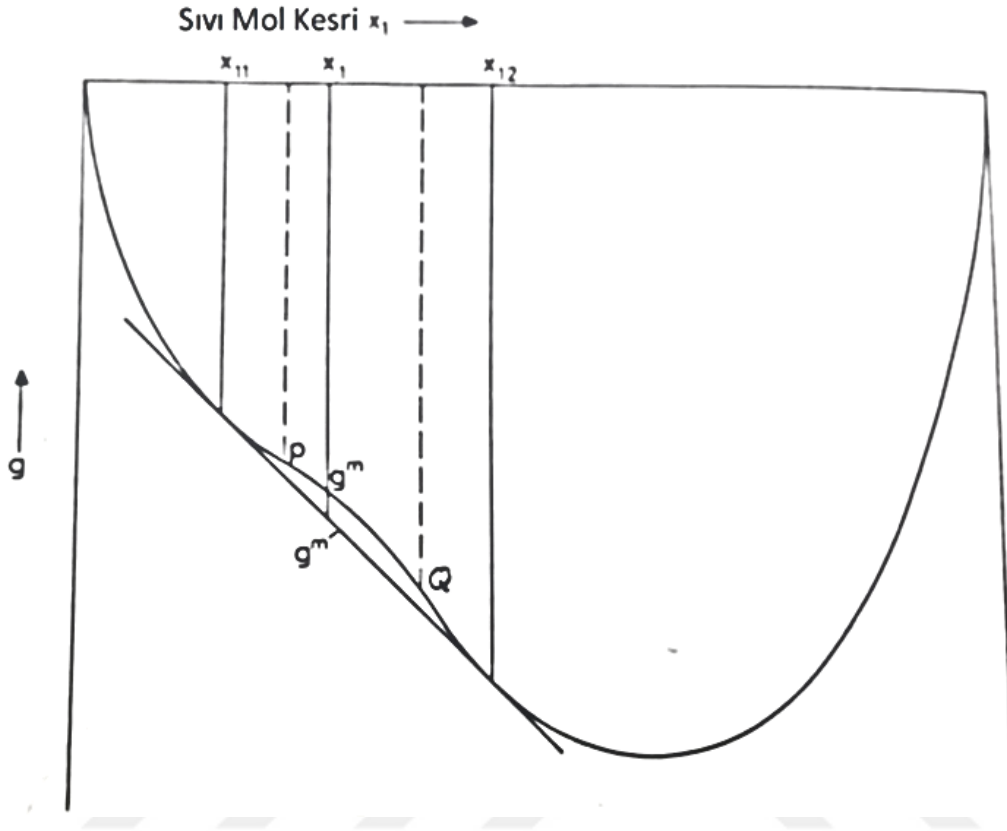
$$g^{id} = \sum_{i=1}^n RT \ln x_i \quad (2.9)$$

$$g^E = \sum_{i=1}^n RT \ln \gamma_i \quad (2.10)$$

İkili Sistemler için, g^m 'in bağlı olduğu bileşenlere bakıldığında ideal sistemler, g^E sıfır değerine sahip sistemler, Şekil 2.3'te gösterilmektedir. İdeal olmayan bir sistem için Gibbs enerjisi Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.3: İdeal bir ikili sistem için Gibbs serbest karışım eğrisi enerjisi.



Şekil 2.4: İdeal olmayan bir sıvı faz sistemi için Gibbs serbest karışım enerjisi eğrisi.

Denge durumu için,

$$\frac{\partial^2 g}{\partial^2 x_1^2} > 0 \quad (2.11)$$

Sistem ya tamamen kararlı ya da yarı kararlıdır. Aksi takdirde, sistem kararsızdır, yarı kararlılık ve kararsızlık arasındaki sınır oluşur.

$$\frac{\partial^2 g}{\partial^2 x_1^2} = 0 \quad (2.12)$$

Üçlü ve çok bileşenli sistemler için, Prigogine ve Defay [49] tarafından çok bileşenli sistemlerin kararlılığı hakkında tam bir tartışma yaşanmıştır. Çok bileşenli sistemlerin tanımlanmasını kolaylaştırmak için, bileşen i 'nin kimyasal potansiyelinden, μ_i yararlanılması uygundur [3].

$$\mu_i = \frac{\partial G}{\partial n_i} \quad (2.13)$$

Ve türevi alınarak, n_i ve n_j sırasıyla i ve j bileşenlerinin mol sayısını gösterir.

$$\mu_{ij} = \frac{\partial^2 G}{\partial n_i \partial n_j} \quad (2.14)$$

Önceki stabilite koşulunun, stabilite durumuna geçerek ikili sistemler için sunulanla tutarlı olduğunu kolayca göstermektedir.

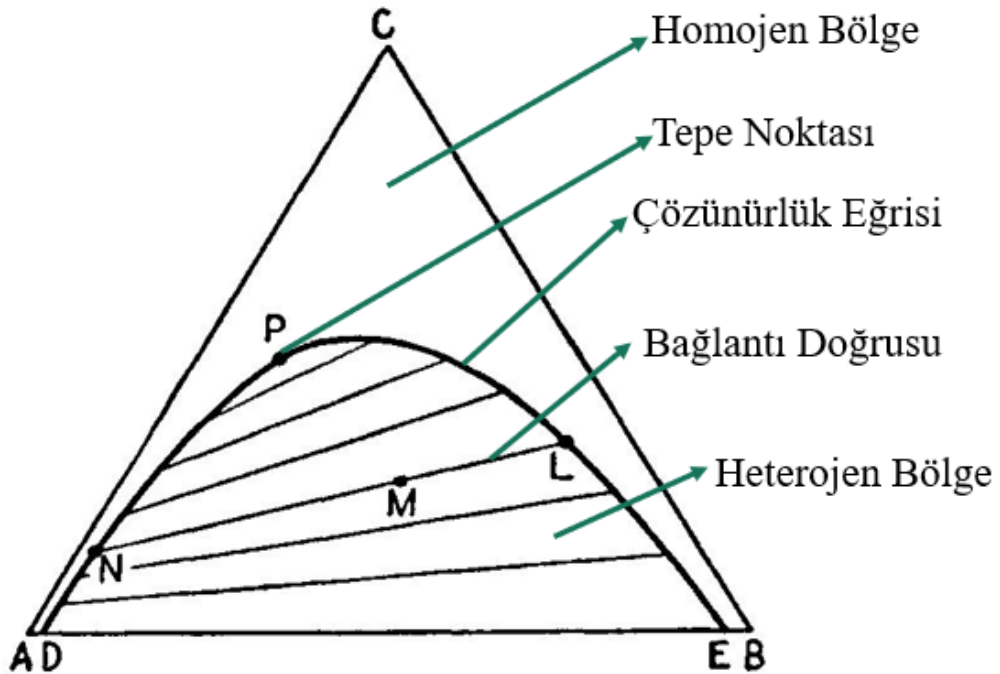
$$x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2} \quad (2.15)$$

$$x_i = \frac{n_i}{n_1 + n_2 + n_3} \quad (2.16)$$

Ve eşdeğer denge koşulları da ikili sistemlerle tutarlıdır.

$$\frac{\partial^2 g}{\partial^2 x_1^2} > 0 \quad (2.17)$$

Üçlü bir sistemin kararlılık sınırı veya spinodal (aşırı doygunluk kısıtı eğrisi) eğrisi Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Tipik üçgen diyagramı.

Şekil 2.5'te gösterilen aynı zamanda, binodal eğri (çözünürlük eğrisi) ki bu, birlikte dengede bulunan sıvı fazlarının bileşimlerini temsil eden tüm noktaları birleştiren eğridir. Çözünürlük eğrisi içinde yer alan herhangi bir bileşimdeki sıvı karışım, bağlantı doğrusunun uçlarına karşılık gelen bileşimlerde, iki sıvı faz oluşturmak üzere iki faza ayrılır. Bu fazlara ait bileşimler, ilk karışımın bileşiminden de geçen ve çözünürlük eğrisi üzerinde biten bir doğru parçası verir (bağlantı doğrusu).

2.3.2 Fugasite- Aktivite

Kimyasal potansiyel, mutlak bir büyüklük değildir ve sayısal değerini, kolay anlaşılır fiziksel miktarlarla ilişkilendirmek zordur. Basınç sıfıra yaklaştıkça kimyasal potansiyel, sonsuz bir negatif değere yaklaşır. Bu nedenle, faz dengesi hesaplamaları için kimyasal potansiyel tercih edilmez. Bunun yerine, 1901'de G. N. Lewis tarafından bulunan fugasite kullanılmaktadır.

Bir karışımdaki i türlerinin kısmi fugasitesi, *sözde basınç* gibidir, kimyasal potansiyel açısından tanımlanmış fugasite denklem (2.18)'de gösterilmiştir.

$$\bar{f}_i = C \exp\left(\frac{\mu_i}{RT}\right) \quad (2.18)$$

C , sıcaklığa bağlı bir sabittir. Böylece, dengede, belirli bir türün her fazdaki kısmi fugasitesi aynıdır. Bu eşitlik, faz sıcaklıkları ve basınçları eşitliği ile birlikte, faz dengesinin koşullarını oluşturur. Saf bir bileşen için, kısmi fugasite, $\bar{f}_i$, saf bileşen fugasitesi ise, f_i olur. Saf ideal gazın uçuculuğu toplam basınca eşittir. İdeal bir gaz karışımındaki bir bileşen için kısmi fugasite, o bileşenin kısmi basıncına eşittir. Fugasite ve basınç arasındaki yakın ilişki nedeniyle, saf bir madde için oranlarını aşağıdaki gibi tanımlamak uygundur [9].

$$\varphi_i = \frac{f_i}{P} \quad (2.19)$$

φ_i , ideal bir gaz için değeri 1.0 olan, saf bileşenin fugasite katsayısıdır.

Belirli bir sıcaklıkta, bir bileşenin kısmi fugasitesinin standart durumdaki fugasitesine oranı aktivite olarak adlandırılır. Standart durum, karışım ile aynı basınç ve fazdaki saf bileşen olarak seçilirse aktivite aşağıdaki gibi gösterilir (denklem (2.20)).

$$a_i \equiv \frac{\bar{f}_i}{f_i^0} \quad (2.20)$$

2.3.3 Aktivite Katsayısı ve Gibbs Duhem Denklemi

Gibbs-Duhem denkleminin bir biçimi aşağıda verilmiştir.

$$\mu_1 = +(1 - x_1) \frac{dy}{dx_1} \quad (2.21)$$

Literatürde, herhangi bir kısmi mol miktarının Gibbs-Duhem denklemini karşıladığı ve çeşitli formlarının kimyasal potansiyel ve aktivite katsayısına uygulandığı belirtilmiştir [18].

1-mevcut mol sayısı ve kimyasal potansiyelleri açısından

$$\sum_{i=1}^n n_i d\mu_i = VdP - SdT \quad (2.22)$$

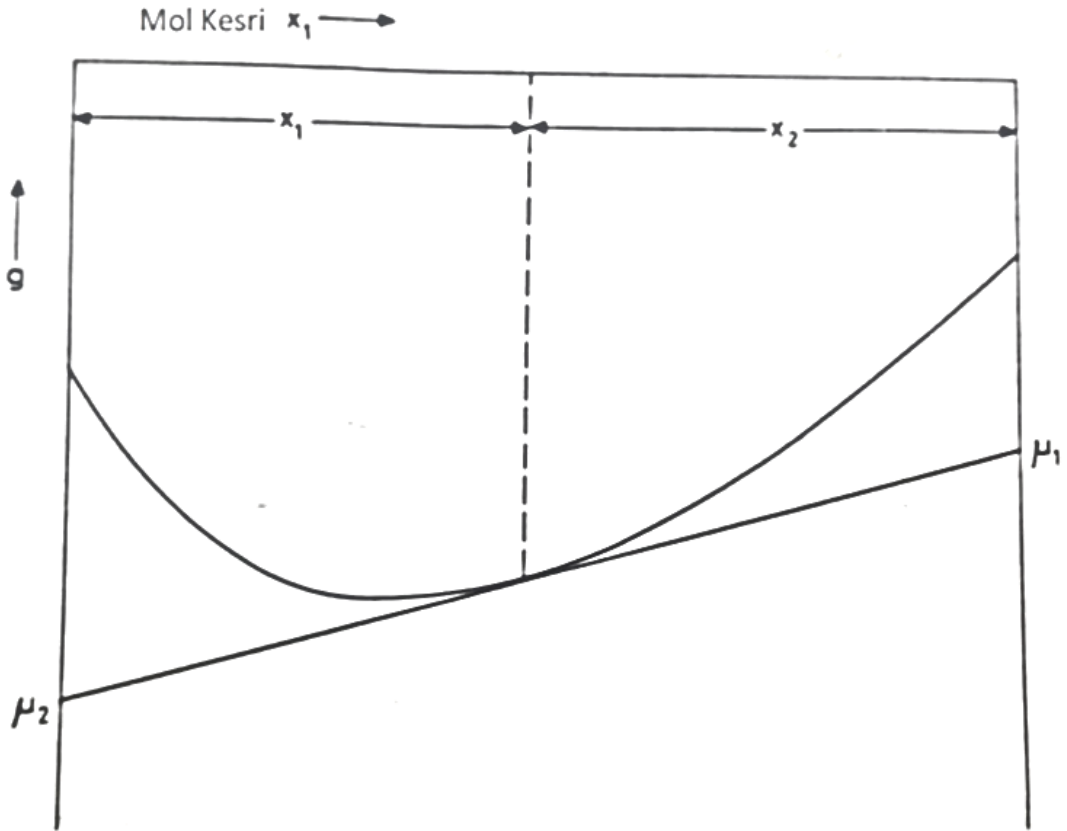
ile sağ taraftaki karşılık gelen izotermal bir izobarik form.

2- mol fraksiyonları ve aktivite katsayıları açısından

$$\sum_{i=1}^n x_i d(\ln \gamma_i) = \frac{v^m dP}{RT} - \frac{h^m dT}{RT^2} \quad (2.23)$$

Karşılık gelen izotermal izobarik formu ile denklem 2.21 ve denklem 2.22 sol taraflarındaki farklar, denklemin türev formunu vermek için bağımsız bir değişkenin ayrımı ile bölünebilir.

Denklem 2.21'in geometrik yorumu Şekil 2.6'da verilmiştir, burada serbest enerji eğrisine teğet, bileşimin sağ ucunda μ_1 değerleriyle ordinatlar arasında kesiştiğini gösterir. Teğetin diğer ucu μ_2 değerini verir.



Şekil 2.6: Kısmi molar serbest enerji elde etmek için geometrik yapı.

2.3.4 Kritik Nokta

İkili Sistemler için, sıcaklığın artmasıyla çoğu sistemin ideallığı azalma eğilimi gösterir. Şekil 2.4'te gösterilen bir sistemi düşünürsek, sıcaklığın artırılması eğrinin dışbükey kısmını azaltma etkisine sahiptir. Bazı sıcaklık noktalarında P ve Q çakışmalara uğrayacak ve bu noktada iki sıvı faz ayırt edilemez hale gelecektir. Bu nokta kritik nokta olarak tanımlanmıştır [3]. Ve kritik noktada elde edilen koşullar,

$$\frac{d^2g}{dx_1^2} = 0 \quad (2.24)$$

$$\frac{d^3g}{dx_1^3} = 0 \quad (2.25)$$

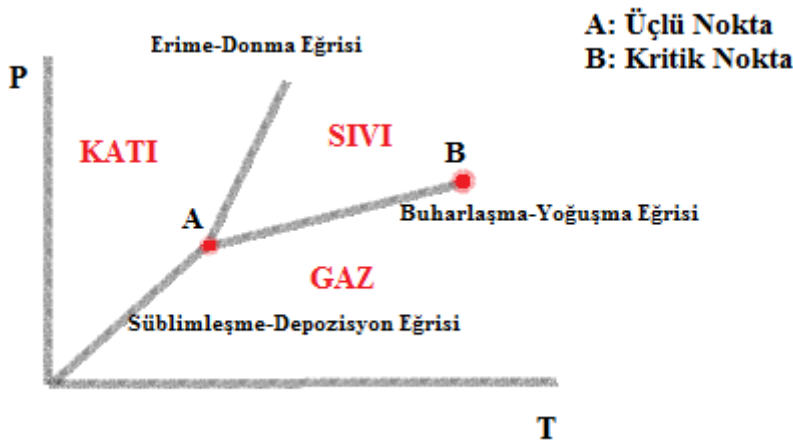
Üçlü sistemler için, Şekil 2.5 referans alınarak, sıcaklık arttıkça, binodal ve spinodal eğrilerin 1-2 ikiliye doğru çökeceğini gösterir. Bu nedenle, ikili için daha önce açıklananlara karşılık gelen üçlü kritik nokta, 1-2 ikilisi için kritik nokta olacaktır.

Şekil 2.5'te, kritik davranışın aynı zamanda binodal ve spinodal eğrilerin temas noktasında da gerçekleştiğini göstermektedir. Burada sonsuz uzunluktaki bağlantı doğrusuna ve ona karşılık, hemen hemen aynı bileşimin iki sıvı faza sahip olduğu görülmektedir. Bu noktada tahmin edilecek ilk koşul (kıvrım noktası), kararlılık sınırında yer almasıdır. İkinci koşul, sınır noktasındaki bağlantı doğrusunun sabit bölgeye uzatılması göz önüne alınarak elde edilebilir. Prigogine ve Defay [49], stabilden kararsız bölgelere geçtiğimizde, durumun daha önce bozulduğunu gösterir. Bu nedenle, boyunca hareket ettikçe, sol taraf çok kısa bir sürede tekrar pozitif, negatif ve pozitif olur. Bu işlevin ilk türevinin, kıvrım noktasında sıfır olduğu anlamına gelir ve bu bizim gerekli ikinci koşulumuzu belirtmektedir.

Kıvrım noktasında elde edilen koşulların kesin bir formülasyonu Gibbs tarafından ve kullanışlı bir şekilde Prigogine ve Delay tarafından sunulmaktadır [49].

2.3.5 Faz Dengesi

Fazlar sistem iç denge durumunda değilse, her faz için bir Gibbs Duhem denklemi geçerlidir. F, denge halindeki bir sistemin denge halini koruyabilmesi için önceden saptanması gereken denge faktör sayısını bildirir. Yani bir faz diyagramında, o fazın kaç değişik bileşenle kontrol edilebileceğini gösteren kuraldır [15].



Şekil 2.7: Saf maddeler için sıcaklık- basınç değişimi veya ilişkisi.

Burada F ; kimyasal türlerin sayısına C ve faz sayısına p_i , bağlıdır. Kimyasal reaksiyon yokluğunda, Gibbs faz kuralı basitçe denklem (2.26)'da gösterilmiştir [14].

$$F = C - p_i + 2 \quad (2.26)$$

Buradaki 2 sayısı sıcaklık ve basıncı göstermektedir. Gibbs Faz kuralı, saf maddeler için P-T termodinamik diyagramlara uygulanabilir. Böyle bir diyagramda, her nokta malzemenin bir durumunu temsil eder. Nokta yerleştirildikten sonra, diğer tüm termodinamik özellikler okunabilir.

2.3.6 Nernst Dağılma Kanunu, Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü

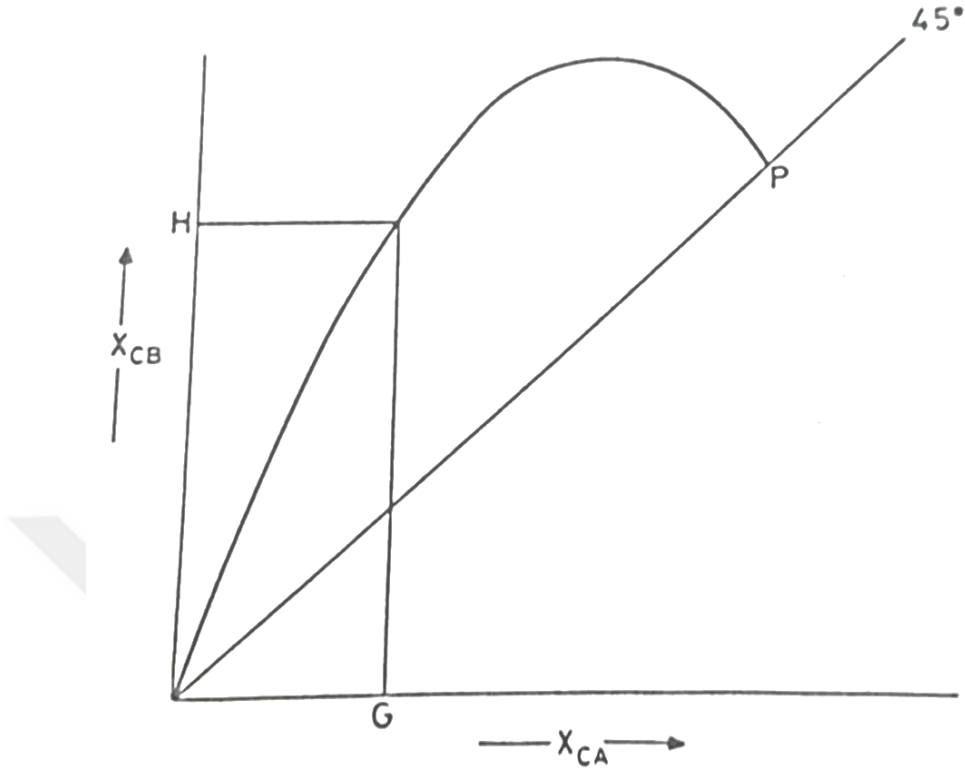
Dağılma kanunu, çoğunlukla ampiriktir ve denge durumundaki bir sistemin farklı fazlarında bulunan farklı bileşenlerin konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi ifade eder [16]. 1898 yılında W. Nernst tarafından ortaya konmuş olan Nernst dağılma kanunu sıvı-sıvı ekstraksiyonunun dayandığı temel prensibi oluşturur [17].

Dağılma katsayısı, çözücü açısından zengin fazda çözünen maddenin mol fraksiyonunun A açısından zengin fazdaki orana, oranı olarak tanımlanır. Şekil 2.15 referansla, GH ile temsil edilen bağlantı doğrusu için, C bileşeni için dağılma katsayısı;

$$D_c = m_c = \frac{x_{CB}}{x_{CA}} \quad (2.27)$$

x_{ca} , A açısından zengin sıvı fazda (G noktası) C bileşeninin konsantrasyonu ve x_{cb} ise B açısından zengin sıvı fazdaki C bileşeninin konsantrasyonudur (H noktası).

Doğrusal aritmetik koordinatların kullanılması ile çizim yapmak, Şekil 9'da gösterilen-diği gibi bir eğri ile sonuçlanır. Tipik bir tip 1 sistem için, eğri maksimumdan geçebilir ve tam olarak karışabilirlik bölgesinin başladığı yerdeki noktaya karşılık gelen bir noktada 45° lik doğruya geri dönebilir.



Şekil 2.8: Dağılma eğrisi.

Şekil 2.8 ile temsil edilen sistem düşünüldüğünde, B bileşeni, A ve C karışımını ayırmak için kullanılan çözücü olarak düşünülebilir. Çözücünün etkililiği, bileşen C'nin B bakımından zengin fazdaki A bileşenine oranının, dengede A açısından zengin fazdaki oran ile karşılaştırılmasıyla ifade edilir.

Bu, çözücünün "seçiciliği" β olarak tanımlanır. Bağlantı doğrusu GH için,

$$\beta = \frac{\frac{x_{CH}}{x_{AH}}}{\frac{x_{CG}}{x_{AG}}} \quad (2.28)$$

Şekil 6b ye göre,

$$\frac{x_{CH}}{x_{AH}} = \frac{A'H}{C'H} = \frac{AE}{CE} \quad (2.29)$$

Böylece

$$\beta = \frac{AE \cdot CF}{AF \cdot CE} \quad (2.30)$$

Daha geniş olarak ayrıştırılan çözücü içermeyen E ve F konsantrasyonları olduğu, daha seçici olan C'nin çözücü B için daha fazla çözücü olduğu açıktır. Çözücü için yüksek bir seçiciliğe sahip olan bir çözücü, çözücü köşesine yönelmek yerine eğimli olan bağ çizgilerine sahip olacaktır [3].

2.3.7 Bağlantı Doğrusu Korelasyonları

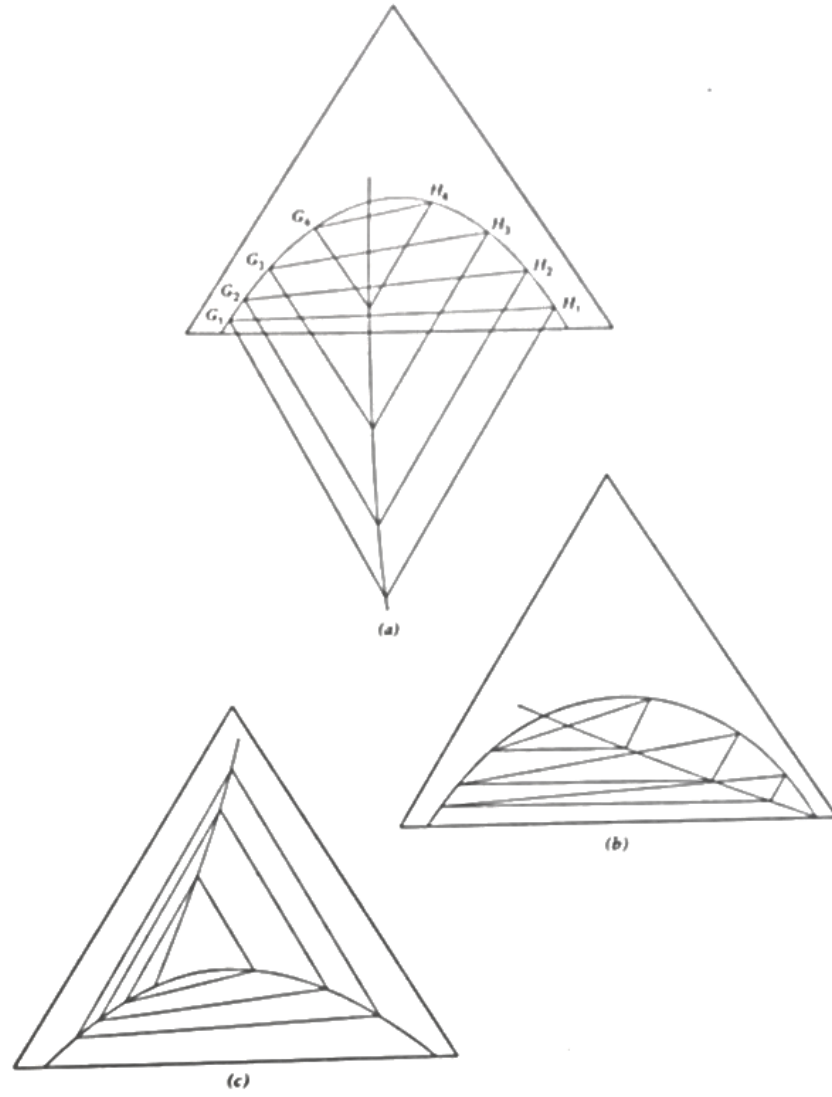
Genel olarak yayınlanan denge verileri ile sunulan bağlantı doğruları sınırlıdır ve hesaplamalar için, tüm bölgeyi kapsayacak şekilde ara değerleri hesaplamak ve tahmin etmek gerekir. Uygun grafik üzerinde "gözle" kestirimi doğrulukla uygulamak mümkündür, ancak güvenilir sonuçlar verdiği iddia edilen yedi yöntem önerilmiştir:

İkili sistemler için, Şekil 2.17'de gösterilen tipte bir ikili sistem için, King "doğrusal çapların yasası"nın bir uygulamasını sunmuştur [18]. Temel olarak, bağlantı doğrusunun orta noktalarının düz çizgide bulunacağını belirtir. Böylece iki bağlantı doğrusu biliniyorsa, orta noktaları birleştiren düz çizgi oluşturulabilir. Teoride, bu çizginin tahmin edilmesi, kritik noktaların doğru bir şekilde belirlenmesini sağlayacaktır. Bu prosedür için kesin bir gerekçe yoktur, ancak ikiden fazla bağlantı doğrusu mevcut olduğunda, orta noktaları birbirine bağlayan eğri yine benzer şekilde tahmin edilebilir.

Üçlü sistemler için, üçlü sistem genellikle üçgen koordinatlar üzerinde bir çizim şeklinde sunulur. Açıktır ki, yeterli veri mevcut olduğunda bilinen bağlantı doğruları arasında "göz" ile ara değerini hesaplamak mümkündür. Ayrıca, dağılma eğrisi ara değer hesabı yapmak için yardımcı olarak kullanılabilir.

Bağlantı doğrusunun korelasyonu veya konjugasyon eğrileri Şekil 2.9'da gösterildiği gibi oluşturulabilir. Üçgenin kenarlarından birine paralel olacak şekilde, bağlantı doğrularının uçlarından G_1 , G_2 vb. den paralel çizgiler çizilir. Aynı işlem diğer kenara paralel olacak şekilde H_1 , H_2 vb olacak şekilde oluşturulur. Bu çizgilerin kesişme noktaları, konjugasyon eğrisinde bulunmaktadır. Konjugasyon eğrisi genellikle hafifçe eğrilir ve tepe noktasında çözünürlük eğrisini karşılamak üzere tahmin edilebilir. Mevcut bir konjugasyon eğrisinden bağlantı doğrularının ara değerlerini bulmak, çizim yönteminin basit bir tersine çevrilmesidir. Bu yöntem, konjugasyon eğrisinin oluşturulması için çeşitli bağlantı doğruları mevcut olduğunda tatmin edicidir, ancak konjugasyon eğrisinin eğriliğinden dolayı sadece iki tanesi

kullanıldığında dikkatli olunmalıdır. Tepe noktası sadece yakın çevresinde bağlantı doğruları bulunduğunda güvenilir bir şekilde yerleştirilebilir [3].

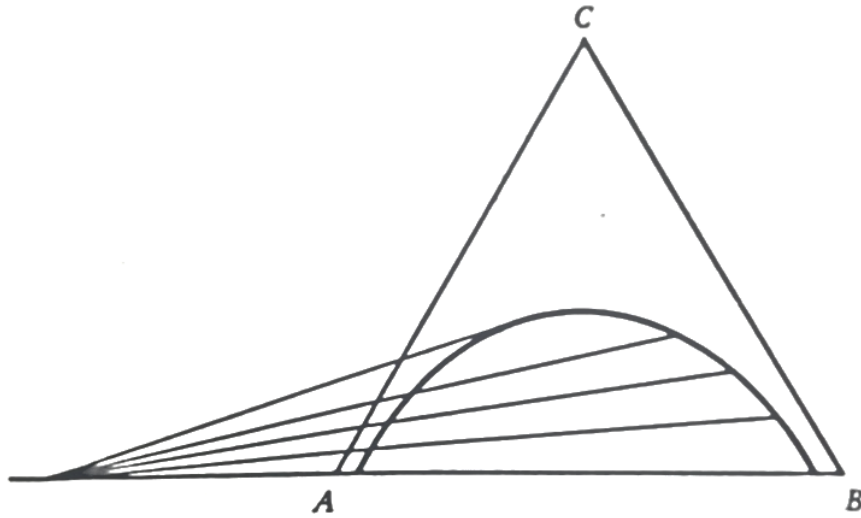


Şekil 2.9: Üçlü korelasyon eğrileri (a) dış çizim, (b) iç çizim, (c) iç çizim.

Şekil 2.9'da, konjugasyon eğrisinin üçgen diyagramının dışında ya da içinde olabileceği görülebilir. Bir dizi bağlantı doğrusunun bir ucundan çizilen çizgiler, üçgenin bir tarafını geçmeden önce binodal eğrinin diğer tarafında kesiştiğinde, Şekil 2.9(b) ve (c) olarak bir iç konjugasyon eğrisi elde edilecektir. Bu, her iki satır için de geçerli olmadığı zaman, harici bir eğri veya yapı Şekil 2.9(a) olduğu gibi sonuçlanır. Çizilen eğri ve üçgenin aynı sayfada kalabilmesi için iç çizimi hedeflemek genellikle daha elverişlidir.

Bir hat dizisi, Şekil 2.9 (b)'deki gibi kısmen karışabilir ikiliye paralel olduğunda, konjugasyon eğrisi, bağlantı doğrularının yönlendirmesine bağlı olarak ikili karşılıklı çözünürlüklerin birinden diğerine geçecektir. Bu noktanın katlanması, bu özel konjugasyon eğrisinin çiziminde bir yardımcıdır.

Bazı solutropik olmayan sistemler için, bağlantı doğruları, üçgenin taban kenarı Şekil 2.10'da gösterildiği gibi tek bir noktada karşılayacak şekilde elde edilebilir. Bu şekilde davranan sistemler için basit enterpolasyon mümkündür. Bu yöntem aynı zamanda sadece bir veya iki bağlantı doğrusu mevcut olduğunda kaba bir değerlendirme sağlar. İki bağlantı doğrusu genişletilmiş taban üzerinde kesiştiği zaman, diğerlerinin de aynı noktadan geçmesi muhtemeldir. Sonrasında daha fazla bağlantı doğrusu ve tepe noktası kolayca tahmin edilebilir. Tek bir bağlantı doğrusu için, diğer bağlantı doğrularının taban ile kesişme noktasından geçtiğinin varsayımı, diğerlerinden daha fazla olmayacaktır.



Şekil 2.10: Bağlantı doğrusu verilerini bulma.

Önceden belirlenmiş grafiksel yöntemlerle daha fazla bağlantı doğrusu oluşturmak için, binodal veya çözünürlük eğrisinin mevcut olması gereklidir. Çözünürlük eğrisi bağlantı doğrularından daha kolay belirlenir, bu yüzden bu durum sıklıkla kullanılır.

2.3.8 Çözücü Seçimi

Doğru çözücünün seçimi, hem sıvı-sıvı ekstraksiyonu hem de reaktif ekstraksiyon için önemli bir faktördür.

Bu nedenle çözücü seçiminde aşağıdaki farklı kriterler dikkate alınmalıdır:

- Seçicilik
- Kapasite
- Çözücünün geri kazanılabilirliği
- Yoğunluk
- Viskozite ve erime noktası
- Çözücü çözünmezliği
- Arayüz gerilimi
- Zehirlilik ve yanıcılık
- Aşındırıcılık termal ve kimyasal stabilite
- Kullanılabilirlik ve maliyetler
- Çevresel etki.

Bu kriterlerin bazıları çok önemliyken, diğerleri ayırmayı iyileştiren ve/veya onu daha ekonomik hale getiren kriterlerdir. Çözücü seçiciliği, geri kazanılabilirlik ve rafinat açısından büyük bir yoğunluk farkı esastır. Çözücü için istenen özelliklerden bazıları birbirlerine zıt olabilir. Aromatik seyrelticiler, alifatik olanlardan daha pahalı ve daha toksik olduğundan, ikincisi tercihen endüstriyel uygulamada kullanılır. Alifatik olanlarla eşdeğer moleküler ağırlıklara sahip olan aromatik seyrelticiler daha polardır ve bu nedenle suda daha fazla çözünür. Bu nedenle optimum koşulları sağlayacak kriterler belirlenmelidir [3].

2.4 SİSTEM TİPLERİ

İkili karşılıklı çözünürlükler sıcaklığa bağlı iken, basınçtan neredeyse bağımsızdır. İkili çiftin tam olarak karışabilirliği, çoğu sistem için sıcaklığı üst kritik değerin üstüne çıkararak veya kritik değerin altına indirerek elde edilebilir.

Treybal'in belirttiği gibi, bir üçlü sistemin üç bileşeni de homojen çözeltiler oluşturmak için tüm oranlarda karışırsa, sistemin sıvı ekstraksiyonunda hiçbir önemi yoktur [16]. Treybal, kısmen karışabilir üçlü sistemlerin aşağıdaki sınıflandırmasını önermiştir [16]:

Tip 1- Kısmen karışabilir bir adet ikili çift içerir. Ayrıca kapalı sistem olarak da adlandırılır. Şekil 2.11(a)'da bir örnek gösterilmiştir

Tip 2- Kısmen karışabilir iki adet ikili çift içerir. Açık sistem olarak da adlandırılır. Bu tipin örneği Şekil 2.11(b) ve (d)'de gösterilmiştir.

Tip 3- Kısmen karışabilir üç adet ikili sistem içerir. Şekil 2.11(f)'de gösterilmiştir.

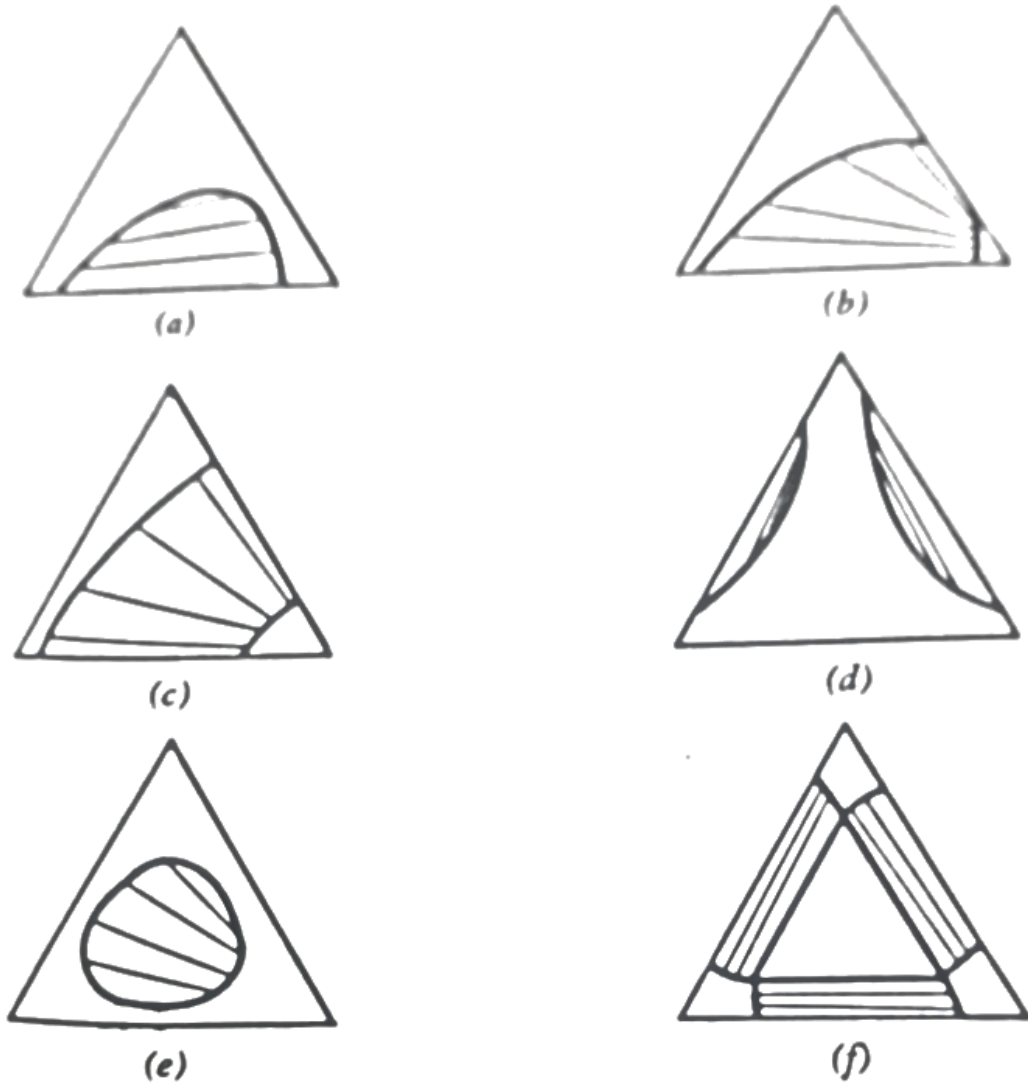
Tip 4- Katı bir faz içerir.

Tip 3 ve 4 Çok az ilgi gören ve fazla tartışılmayan sistemlerdir.

2.4.1 Tip 1

Kapalı sistemler olarak da bilinen tip 1 sistemler, sıvı-sıvı ekstraksiyonu için en önemlileridir ve deneysel verilerin %75'lik kısmı bu üçlü sistemlere aittir.

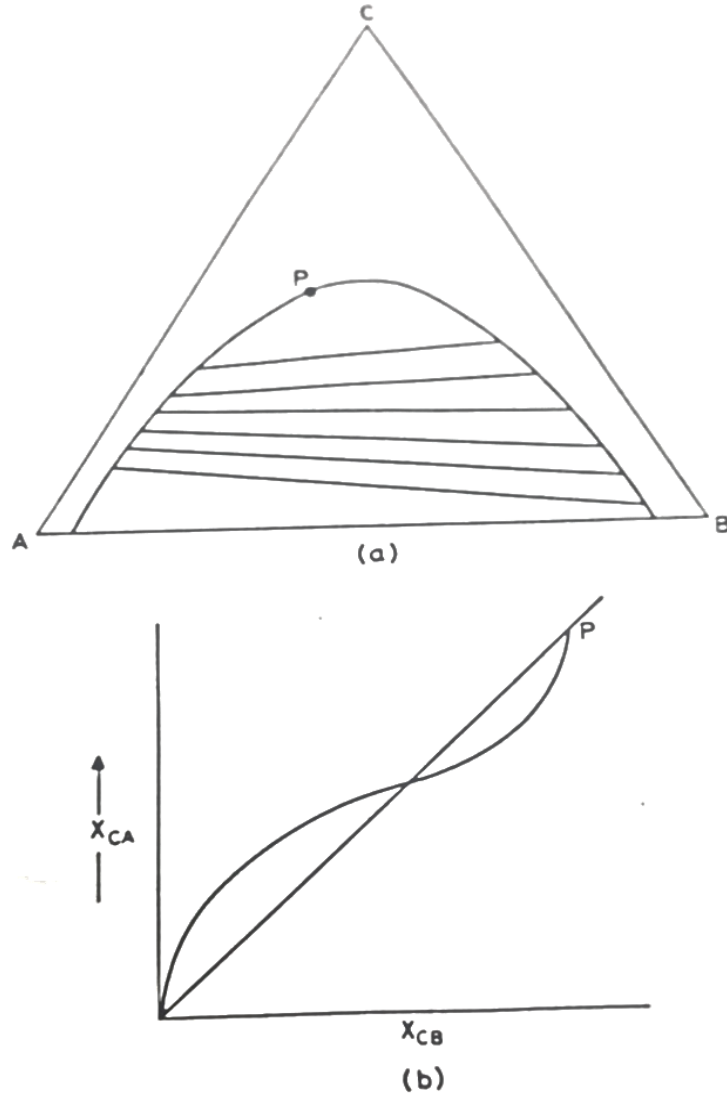
Şekil 10a'da gösterilen bağlantı doğruları, herhangi iki sıvı faz bölgesini oluşturan sonsuz sayıda bağlantı doğrularının sadece bir seçimidir. Çoğu sistem için, bağlantı doğrularının yönü aynı yönde sürekli olarak değişir, böylece dağılma oranının izlediği eğilim her yerde aynı kalır. Birkaç sistem, şekil 2.12'de gösterilen davranışı gösterir; burada, bağlantı doğrularının eğiminin değişmesi, birleşme değeri üzerinden dağılma oranındaki karşılık gelen bir değişimin göstergesidir. Bu tür sistemler, destilasyon işleminde azeotropik sistemlere benzer şekilde solutropik olarak adlandırılır ve aşamalı ayırmaların tasarımında benzer sorunlara neden olabilir. Solutropi, bir birim değişikliği ile ortadan kalkabilir ve her ne kadar zorluklar bu tür sistemlerle ortaya çıkma olasılığı daha yüksek olsada, mutlaka bir sorun teşkil etmemektedir.



Şekil 2.11: Sistemlerin üçgen diyagramlardaki çözünürlük eğrisi ve bağlantı doğruları örnekleri.

(a) Tip 1 sistem. (b) Tip 2 sistem (1 ile 2 arasında geçiş), (c) Tip 2 sistem (d) Tip 2 sistem (bir bölgeden oluşan tip 1), (e) ada eğrileri, (f) üçlü sıvı faz.

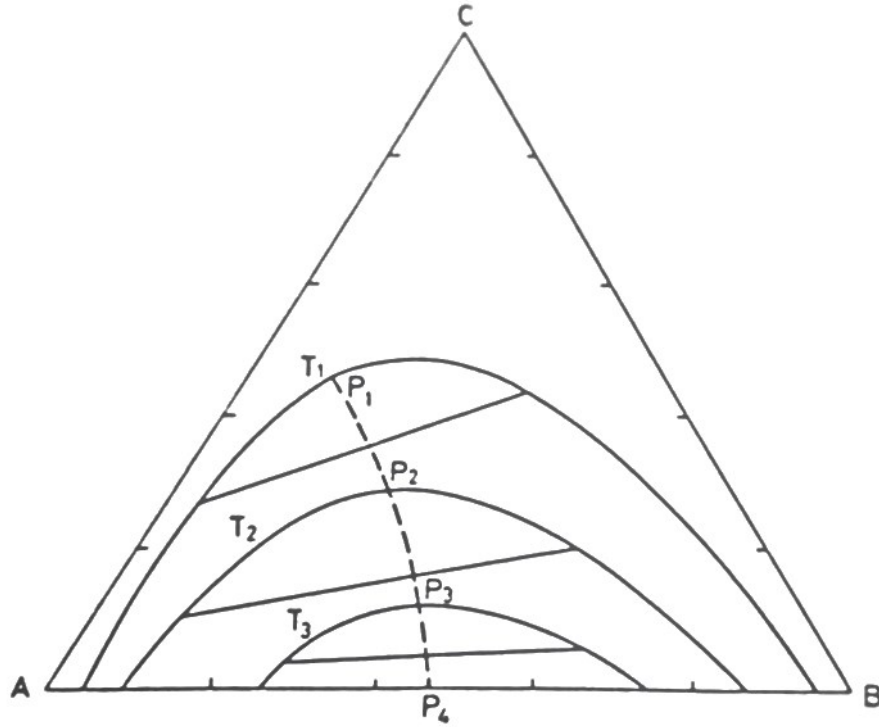
Birlikte bulunan sıvı fazların yoğunluklarının eşit olduğu bir izopik bağlantı doğrularının varlığı, iki fazın fiziksel olarak ayrılması açısından önemlidir. İzopik bağlantı doğrusu genellikle faz diyagramında kesikli çizgi olarak belirtilir ve herhangi bir tipteki ikili ve çok bileşenli sistemlerde görülebilir.



Şekil 2.12: Solutropik sistem.

(a) Denge diyagramı; (b) Dağılım eğrisi.

Sıcaklığın Etkisi: Genel olarak, artan sistem sıcaklığının etkisi, iki sıvı fazın çözünürlüklerini arttırmaktır. Bu, Şekil 2.13'te gösterildiği gibi binodal eğrinin büyüklüğü ve şekli üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Karışmayan alan sadece değişmekle kalmaz, aynı zamanda bağlantı doğrularının eğimleri de değişebilir. En basit durum Şekil 2.13'te sunulmuştur [3].



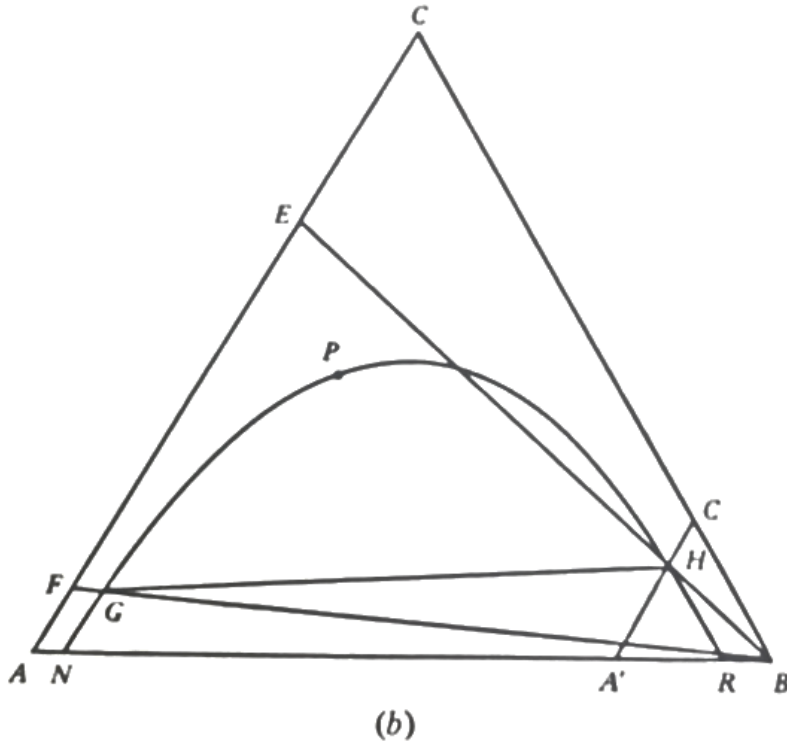
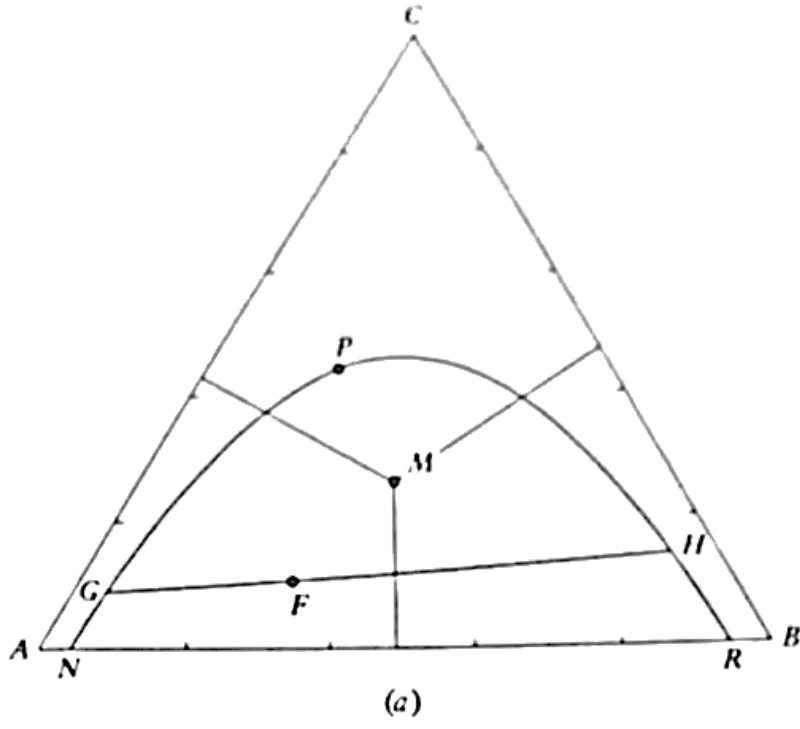
Şekil 2.13: Tip 1 sistemi için sıcaklığın etkisi.

$$T_1 < T_2 < T_3$$

2.4.2 Tip 2

Tip 2 sistemi, Şekil 2.14’te gösterildiği gibi, Sistem sıcaklığında, A ve B bileşenlerinin kısmen karışabileceği yerlerde B ve C bileşenleri de kısmen karışabilen, iki kısmen karışabilir ikili çiftlerden oluşmaktadır. Tip 1 sistemleri için tanımlandığı gibi, N ve R noktaları, AB ikili çiftinin karşılıklı çözünürlüklerini temsil eder. S ve Q noktaları, BC ikili çiftinin karşılıklı çözünürlüklerini temsil eder. Eğri NGS ve RHQ, karışmayan alanların sınırlarını temsil eder. Karışmayan bölgede M gibi bir nokta, bağlantı doğrusu ile birleştirilen G ve H noktaları tarafından temsil edilen iki denge sıvı fazı üretecek bir bileşimi temsil eder.

Sıcaklığın Etkisi: Sistem sıcaklığındaki artış genellikle iki sıvı fazın karşılıklı çözünürlüklerini artırır ve aynı zamanda bağlantı doğrularının eğimini de etkileyebilir. Uygun bir sistem sıcaklık değişikliği ile Tip 2 sistemden Tip 1 sistemine geçişin mümkün olduğu görülebilir.



Şekil 2.15: Üçlü sistemler için diyagramlar.

(a) Üçgen koordinatlar; (b) çözücü içermeyen bileşim.

Üçgenin bir tarafındaki herhangi bir nokta ikili bir karışımı temsil eder.

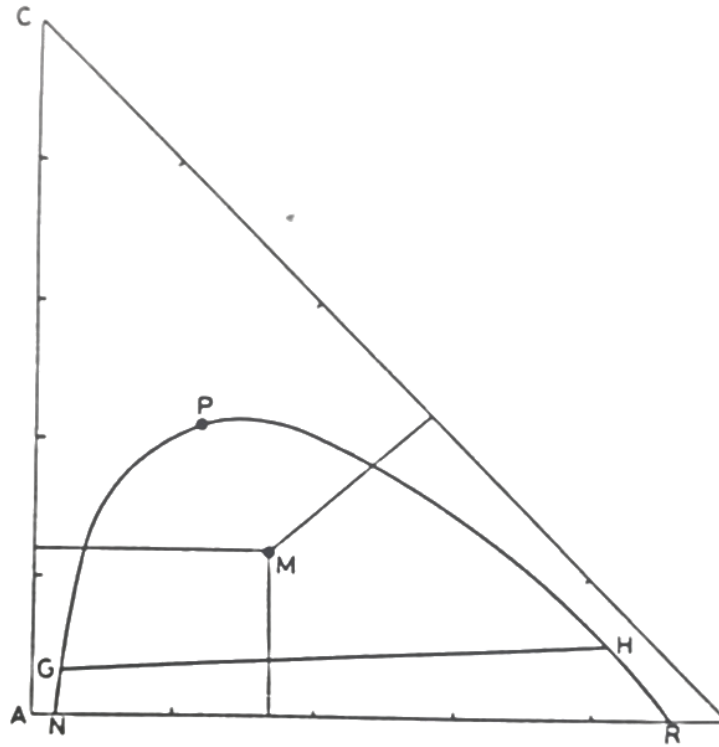
Şekil 2.15(a)'daki üçgen içinde gösterilen NPR eğrisi, bu tip sistem için iki fazlı bölgenin sınırını temsil eder. Bu tip 1 (veya kapalı) sistem olarak tanımlanmıştır, çünkü kısmen karışabilen tek bir çift bileşen vardır. Üçgenin AB kenarı, A ve B bileşenlerinin ikili bir karışımını temsil eder. N ve R noktaları, diyagram için sabit sıcaklıkta A'daki B ve B'daki A'nın karşılıklı çözünürlüklerini temsil eder. Üçlü çözünürlük eğrisi NPR, bir binodal eğri olarak tanımlanır ve tanımlanmış bir sıcaklığa özgüdür. Basıncın sıvı-sıvı dengesi üzerinde çok az etkisi vardır.

Binodal eğri üzerindeki GH birleşme noktaları gibi bir çizgi, bir bağlantı noktası olarak tanımlanır ve dengede mevcut olan sıvı fazları temsil eden noktaları birleştirir [3].

Karışmayan sınır limiti "tepe noktası" olarak tanımlanan P noktası ile temsil edilir. Karışıma daha fazla C bileşeni eklendiğinde, bağlantı doğrusunun uzunluğu azalır ve denge fazlarının bileşimleri birbirine daha yakın hareket eder. Tepe noktasına yaklaşıldığında, bağlantı doğrusunun uzunluğu sıfıra iner ve sistem tamamen karışabilir hale gelir.

2.5.2 Dörtgen Diyagramlar

Eşkenar üçgene bir alternatif, Şekil 2.16'da gösterildiği gibi dikdörtgen koordinatları kullanmaktır. M noktasının bileşimi, eşkenar üçgen için olduğu gibi tanımlanır, ancak ölçeklerin eşit olmadığı not edilmelidir. Örneğin, ikili karışım AB, AB uzunluğu boyunca 0'dan 1.0'a değişir. İkili karışım BC, AB'ye eşit olan CB uzunluğu boyunca 0'dan 1.0'a değişir. Dikdörtgen koordinatları kullanan başka bir alternatif, belirli sistem tipleri için diyagram üzerinde netlik elde etmek için A ve B için eşit olmayan ölçeklerin kullanılmasıdır. Üçüncü bileşen C, fark ile elde edilir.

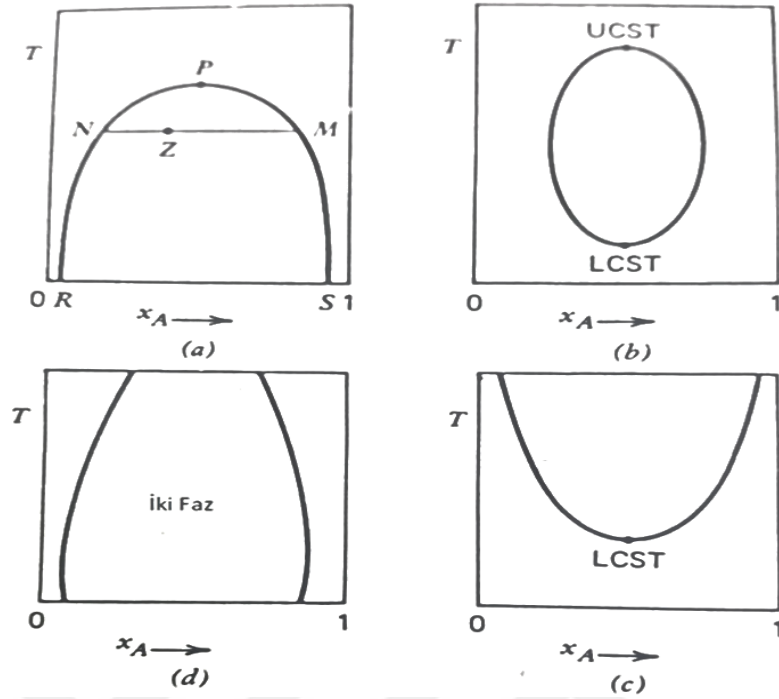


Şekil 2.16: Dikdörtgen koordinatlar.

2.6 SIVI-SIVI DENGİ VERİLERİNE TERMODİNAMİK MODELLERİN UYGULANMASI

Ekstraksiyon için sadece kısmi karışabilirlik bölgesi gösteren sistemler ilgi çekicidir. Pratik bir bakış açısıyla, bazı sistemlerin geniş sıcaklık aralıklarında tamamen karışmaz olduğu düşünülebilir. Bununla birlikte, gerçekte tüm sıvılar, sınırlı bir ölçüde birbirinde çözünür.

İkili bir çift bileşenin sınırlı karışabilirliği, karşılıklı çözünürlüğe refere edilir. Etkili sıcaklık, genellikle, A ve B bileşenleri için dengede doymuş sıvı fazların bileşimlerinin bir çizimi olan, Şekil 2.17(a)'da gösterilen formdadır. Eğri RNP, A'nın doymuş B çözeltisinin, bir sıcaklık fonksiyonu olarak bileşimlerini temsil eder. Benzer şekilde, eğri SMP, A'nın doymuş çözeltisinde B'nin sıcaklığın bir fonksiyonu olarak çözünürlüğünü temsil eder. Eğri tarafından çevrelenen alan, iki fazlı bölgeyi temsil eder ve eğri dışındaki alan tamamen karışabilir karışımları temsil eder.



Şekil 2.17: İkili sistem çeşitleri.

(a) üst kritik çözelti sıcaklığı, (b) üst ve alt kritik çözelti sıcaklıkları, (c) düşük kritik çözelti sıcaklığı, (d) kritik çözelti sıcaklığı yok.

Z'nin, sistem sıcaklığı T'de Z noktası ile temsil edilen bir toplam bileşim X karışımının Z molları için, iki sıvı faza ayrılması, N ve M'yi temsil eder ve NZM hattı, bağlantı doğrusudur. N ve M noktaları şimdi iki sıvı fazın ve XN ve XM'nin karşılık gelen bileşimlerin mol sayısını temsil eder. İki sıvı fazın bağıl miktarları bir malzeme dengesinden hesaplanabilir.

$$Z = N + M \quad (2.31)$$

$$Zx_Z = Nx_N + Mx_M \quad (2.32)$$

$$\frac{N}{M} = \frac{x_M - x_Z}{x_Z - x_N} \quad (2.33)$$

Bu önemli denklem, manivela (lever-arm) kuralı olarak bilinir.

Çoğu üçlü sıvı-sıvı denge veri seti izotermal koşullar altında elde edilir.

Tablo 2.2: Hidrojen Bağları Oluşturma Potansiyeline Göre Moleküllerin Sınıflandırılması

Sınıf	Tanım	Örnek
1	Güçlü H-bağlarının üç boyutlu ağlarını oluşturabilen moleküller	Su, glikoller, gliserol, amino alkoller, hidroksilaminler, hidroksi asitler, polifenoller, amitler
2	Hem aktif hidrojen atomlarını hem de donör atomlarını (O, N ve F) içeren diğer moleküller	Alkoller, asitler, fenoller, primer ve sekonder aminler, oksimler, α -hidrojen atomlu nitro ve nitril bileşikler, amonyak, hidrazin, hidrojen florür, hidrojen siyanür
3	Donör atomları içeren ancak aktif hidrojen atomu olmayan moleküller	Eterler, ketonlar, aldehitler, esterler, tersiyer aminler (piridin tipi dahil), α -hidrojen atomu olmayan nitro ve nitril bileşikler
4	Aktif hidrojen atomları içeren, ancak bir hidrojenle aynı karbondaki iki veya üç klor atomuna sahip donör atomlar içermeyen, karbon atomunda bir klor ve bitişik karbon atomlarında bir veya daha fazla klor atomu içeren moleküller	CHCl_3 , CHCl_2 , CH_3CHCl_2 , $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$, $\text{CH}_2\text{ClCHClCH}_2\text{Cl}$, $\text{CH}_2\text{ClCHCl}_2$
5	Aktif hidrojen atomlarına veya donör atomlarına sahip olmayan diğer tüm moleküller	Hidrokarbonlar, karbon disülfür, sülfürler, merkaptanlar ve IV. sınıfta olmayan haloalkohidrokarbonlar

Tablo 2.3: Raoult Yasasından Sapmalara Neden Olan Molekül Etkileşimleri

Sapma Türü	Sınıflar	Hidrojen Bağlarında Etkisi
Daima negatif	3+4	Sadece H bağları oluşuyor
Yarı-İdeal; her zaman pozitif veya ideal	3+3 3+5 4+4 4+5 5+5	H bağlarını kapsamaz
Genellikle Pozitif, bazen negatif	1+1 1+2 1+3 2+2 2+3	Hidrojen bağları kırılır ve oluşur
Daima pozitif	1+4 (sıklıkla sınırlı çözünürlük) 2+4	Hidrojen bağları kırılır ve oluşur, ancak Sınıf I veya II'nin ayrışması daha önemli bir etkidir
Daima pozitif	1+5 2+5	Hidrojen bağları yalnızca kırılır

Tablo 2.4: İkili Çiftlerin Sıvı-Faz Aktivite Katsayıları İlişkisinde Ampirik ve Yarı-Teorik Modeller

İsim	Tür 1 için Denklem	Tür 2 için Denklem
Margules	$\log \gamma_1 = Ax_2^2$	$\log \gamma_2 = Ax_1^2$
Margules (iki-sabit)	$\log \gamma_1 = x_2^2 [A_{12} + 2x_1(\bar{A}_{21} - \bar{A}_{12})]$	$\log \gamma_2 = x_1^2 [A_{21} + 2x_2(\bar{A}_{12} - \bar{A}_{21})]$
Van Laar (iki-sabit)	$\ln \gamma_1 = \frac{A_{12}}{[1 + (x_1 A_{12}/x_2 A_{21})]^2}$	$\ln \gamma_2 = \frac{A_{21}}{[1 + (x_2 A_{21}/x_1 A_{12})]^2}$
Wilson (iki-sabit)	$\ln \gamma_1 = -\ln(x_1 + \Lambda_{12}x_2) + x_2 \left(\frac{\Lambda_{12}}{x_1 + \Lambda_{12}x_2} - \frac{\Lambda_{21}}{x_1 + \Lambda_{21}x_1} \right)$	$\ln \gamma_2 = -\ln(x_2 + \Lambda_{21}x_1) - x_1 \left(\frac{\Lambda_{12}}{x_1 + \Lambda_{12}x_2} - \frac{\Lambda_{21}}{x_1 + \Lambda_{21}x_1} \right)$
NRTL (üç-sabit)	$\ln \gamma_1 = \frac{x_2^2 \tau_{21} G_{21}^2}{(x_1 + x_2 G_{21})^2} + \frac{x_2^2 \tau_{21} G_{12}}{(x_2 + x_1 G_{12})^2}$ $G_{ij} = \exp(-\alpha_{ij} \tau_{ij})$	$\ln \gamma_2 = \frac{x_1^2 \tau_{12} G_{12}^2}{(x_2 + x_1 G_{12})^2} + \frac{x_1^2 \tau_{12} G_{21}}{(x_1 + x_2 G_{21})^2}$ $G_{ij} = \exp(-\alpha_{ij} \tau_{ij})$
UNIQUAC (iki-sabit)	$\ln \gamma_1 = \ln \frac{\Psi_1}{x_1} + \frac{\bar{Z}}{2} q_1 \ln \frac{\theta_1}{\Psi_1} + \Psi_2 \left(l_1 - \frac{r_1}{r_2} l_2 \right) - q_1 \ln(\theta_1 + \theta_2 T_{21}) + \theta_2 q_1 \left(\frac{T_{21}}{\theta_1 + \theta_2 T_{21}} - \frac{T_{12}}{\theta_2 + \theta_1 T_{12}} \right)$	$\ln \gamma_2 = \ln \frac{\Psi_2}{x_2} + \frac{\bar{Z}}{2} q_2 \ln \frac{\theta_2}{\Psi_2} + \Psi_1 \left(l_2 - \frac{r_2}{r_1} l_1 \right) - q_2 \ln(\theta_2 + \theta_1 T_{12}) + \theta_1 q_2 \left(\frac{T_{12}}{\theta_2 + \theta_1 T_{12}} - \frac{T_{21}}{\theta_1 + \theta_2 T_{21}} \right)$

2.6.1 NRTL (Non Random Two Liquid) Modeli

Tablo 2.4'te verilen Renon ve Prausnitz [19, 20] tarafından geliştirilen rasgele olmayan, iki-sıvı (NRTL) denklemi, Wilson'un kavramının çok bileşenli sıvı-sıvı ve buhar-sıvı-sıvı sistemlerine bir uzantısını temsil etmektedir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu için yaygın olarak kullanılır. Çok bileşenli buhar-sıvı sistemleri için, ikili çift deneysel verilerden yalnızca ikili çift sabitler gereklidir. Çok bileşenli bir sistem için NRTL ifadesi;

$$\ln \gamma_i = \frac{\sum_{j=1}^C \tau_{ji} G_{ji} x_j}{\sum_{k=1}^C G_{ki} x_k} + \sum_{j=1}^C \left[\frac{x_j G_{ij}}{\sum_{k=1}^C G_{ki} x_k} \left(\tau_{ji} - \frac{\sum_{k=1}^C x_k \tau_{kj} G_{kj}}{\sum_{k=1}^C G_{kj} x_k} \right) \right] \quad (2.34)$$

$$G_{ji} = \exp(-\alpha_{ji} \tau_{ji}) \quad (2.35)$$

Katsayıları τ tarafından verilir,

$$\tau_{ji} = \frac{g_{ij} - g_{jj}}{RT} \quad (2.36)$$

$$\tau_{ji} = \frac{g_{ji} - g_{ii}}{RT} \quad (2.37)$$

Çift- alt simgeli g değerleri, molekül çiftleri için etkileşim enerjileridir.

Denklemlerde, $G_{ji} \neq G_{ij}$, $\tau_{ij} \neq \tau_{ji}$, $G_{ii} = G_{jj} = 1$, $\tau_{ii} = \tau_{jj} = 0$. Sıklıkla $g_{ij} - g_{jj}$ ve diğer sabitler sıcaklıkta lineerdir. İdeal çözeltiler için, $\tau_{ji} = 0$ 'dır.

α_{ji} parametresi j ve i bileşenlerinin rasgele olmayan dağılıma eğilimini karakterize eder. $\alpha_{ji} = 0$ olduğunda, yerel mol fraksiyonları genel çözelti mol fraksiyonlarına eşittir. Genel olarak α_{ji} , sıcaklıktan bağımsızdır ve Tablo 2.2 ve 2.3'teki sınıflandırmalara benzer molekül özelliklerine bağlıdır. α_{ji} değerleri genellikle 0.2 ve 0.47 arasındadır. $\alpha_{ji} > 0.426$ olduğunda, faz uyuşmazlığı tahmin edilir.

Her ne kadar α_{ji} deneysel ikili-çift verilerden belirlenen ayarlanabilir bir parametre olarak kabul edilebilse de genellikle α_{ji} bazen belirsiz olan aşağıdaki kurallara göre ayarlanır:

1. Hidrokarbonlar ve polar, birbiriyle ilişkili olmayan türler için $\alpha_{ji} = 0.20$ (örneğin, n-heptan / aseton).
2. Apolar bileşikler (ör., benzen / n-heptan), florokarbonlar ve parafinler hariç; polar olmayan ve polar, birbiriyle ilişkili olmayan türler (ör., benzen / aseton); Raoult yasasından (örn., aseton / kloroform) ve orta derecede pozitif sapmalardan (ör., etanol / su) negatif sapmalar sergileyen polar türler; su ve polar birbiriyle ilişkili olmayan türlerin (örneğin, su / aseton) karışımları için $\alpha_{ji} = 0.30$,
3. Doymuş hidrokarbonlar ve homolog perfluorokarbonlar için $\alpha_{ji} = 0.40$ (örneğin, n-heksan/perfluoro-n-heksan).
4. Apolar veya polar olmayan türlerle (örneğin, etanol / benzen) güçlü kendiliğinden bağlantılı diğer türler; asetonitril veya nitrometan ile birlikte karbon tetraklorür; butil glikol veya piridin ile su için $\alpha_{ji} = 0.47$ olarak belirlenmiştir [9].

2.6.2 UNIQUAC (Universal Quasi-Chemical) Modeli- separation process principles

Aktivite katsayılarını daha teorik bir temelde yerleştirmek amacıyla, Abrams ve Prausnitz [21], aşırı serbest enerji için bir ifade elde etmek için istatistiksel mekanizmaları kullanmışlardır. Modelleri, UNIQUAC (evrensel quasichemical), Guggenheim tarafından yapılan bir analizi genelleştirir ve onu boyut ve şekil bakımından farklılık gösteren moleküllere genişletir. Wilson ve NRTL denklemlerinde olduğu gibi, yerel konsantrasyonlar kullanılır. Bununla birlikte, yerel hacim fraksiyonları veya yerel mol fraksiyonları yerine, UNIQUAC birincil konsantrasyon segmentle temsil ederek belirlenir [25]. Her bir molekül, bir standart segmente göre belirlenen iki yapısal parametre ile karakterize edilir, bir doğrusal uzunluk, bir uzunluğa sahip polimetilen molekülün bir biriminin eşdeğer bir alanı olarak alınır. İki yapısal parametre, molekül başına bağlı parça sayısı, r (hacim parametresi) ve bağlı yüzey alanı, q (yüzey parametresi) 'dir. Bağ açılarından ve bağ mesafelerinden hesaplanan bu parametreler, birçok tür için Abrams ve Prausnitz [20-22] ve Gmehling ve Onken [48] tarafından verilir. Değerler, Fredenslund ve ark. grubunun katkı yöntemi ile de tahmin edilebilir [24].

Çok bileşenli bir sıvı karışımı için UNIQUAC modeli, aşırı serbest enerjiyi denklem (2.38) ile ifade edilir [6].

$$\frac{g^E}{RT} = \sum_{i=1}^C x_i \ln \left(\frac{\psi_i}{x_i} \right) + \frac{\bar{Z}}{2} \sum_{i=1}^C q_i x_i \ln \left(\frac{\theta_i}{\psi_i} \right) - \sum_{i=1}^C q_i x_i \ln \left(\sum_{j=1}^C \theta_j T_{ji} \right) \quad (2.38)$$

Sağ taraftaki ilk iki terim, boyut ve şekil farklılıkları nedeniyle kombinasyonel etkiler oluşturmaktadır. Moleküller arası kuvvetlerdeki farklılıklar nedeniyle kalıcı bir katkı sağlar.

$$\Psi_i = \frac{x_i r_i}{\sum_{x=i}^C x_i r_i} = \text{hacim fraksiyonu} \quad (2.39)$$

$$\theta = \frac{x_i q_i}{\sum_{x=i}^C x_i q_i} = \text{alan fraksiyonu} \quad (2.40)$$

R_k ve Q_k değerleri her fonksiyonel grup için belirlenmiş ve literatürde mevcut değerlerdir.

$\bar{Z}$ =kafes koordinasyon numarası 10'a eşit olarak ayarlanır.

$$\tau_{ji} = \exp \left(\frac{u_{ji} - u_{ii}}{RT} \right) \quad (2.41)$$

Denklem (2.40), her ikili çift için $(u_{ji}-u_{ii})$ ve $(u_{ij} - u_{jj})$ olmak üzere iki ayarlanabilir parametre içerir. Abrams ve Prausnitz, $uji = uij$ ve $Tii = Tjj = 1$ olduğunu göstermektedir. Genel olarak, $(uji = uii)$ ve $(uij = ujj)$ mutlak sıcaklığın doğrusal işlevleridir.

Çok bileşenli bir karışımdaki bir tür için etkinlik katsayısı şu şekilde olur:

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^C + \ln \gamma_i^R = \underbrace{\ln(\Psi_i/x_i + (\bar{Z}/2)q_i \ln(\theta_i/\Psi_i)) + l_i - (\Psi_i/x_i) \sum_{j=1}^C x_j l_j}_{C, \text{ Kombınasyonal}} + \underbrace{q_i \left[1 - \ln(\sum_{j=1}^C \theta_j \tau_{ji}) - \sum_{j=1}^C \left(\frac{\theta_j \tau_{ij}}{\sum_{k=1}^C \theta_k \tau_{kj}} \right) \right]}_{R, \text{ geri kalan (artık, bakiye)}} \quad (2.42)$$

$$l_j = \left(\frac{\bar{Z}}{2} \right) (r_j - a_j) - (r_j - 1) \quad (2.43)$$

Bir karışım için, (2.42), $\bar{Z} = 10$ için Tablo 2.9'da (6) 'ya düşer.

Hacim parametresi (r_i), grup-hacim parametrelerinin toplanmasıyla hesaplanır. Ve yüzey alan parametresi de (q_i), grup-alan parametrelerinin toplamı ile hesaplanır. Denklem (2.44) ve denklem (2.45) verilmiştir [25].

$$r_i = \sum_k v_k^{(i)} R_k \quad (2.44)$$

$$q_i = \sum_k v_k^{(i)} Q_k \quad (2.45)$$

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 KULLANILAN KİMYASALLAR

3.1.1 Formik Asit

Latince adıyla “*acidum formicum*” olarak bilinen formik asit akıcı, aşındırıcı, renksiz ve yakıcı bir sıvıdır. Formica, Latince adıyla *formicum* karıncadan gelmektedir [26]. 1671 yılında John Ray tarafından kırmızı karıncalardan izole edilerek elde edildiği için karınca asidi olarak adlandırılmıştır. Isırgan otu, kelebekler ve karıncalar savunma amaçlı kullanabildiği gibi avlanma maksadıyla da kullanılabilir.

Formik asit; su, glikol ve etanol ile çözülebilen en temel karboksilik asittir. Ayrıca aseton, benzen ve toluen içerisinde çözünürlüğü oldukça yüksektir.

Balık, sebze ve meyve ürünlerinin uzun süreli saklanabilmesi için formik asit E236 numarası ile gıda katkısı olarak kullanılır. E237 ve E238 numaralı gıda katkıları ise sodyum ve kalsiyum formiattır. Antiromatizmal olarak ve genetik alanda tıpta kullanılır.

Su geçirmezlik, aşındırma ve yakma özellikleriyle tekstil ve deri endüstrisinde kullanılır [28]

Formik asitten elde edilen tuzlar yani diformiyatlar, anti bakteriyel oldukları için antibiyotiklere karşılık olarak yem sanayinde oldukça geniş kullanım alanına sahiptirler. Bakterileri yok ettiğinden dezenfektan maddesi olarak da kullanılmaktadır.

Kimya endüstrisinde formik asit, genel olarak organik maddelerin sentezlerinde ve lastik üretiminin nötralizasyonunda kullanılır. İndirgeme maddesi olarak elektronik üretim aşamalarında lehimleme sürecinde değerlendirilir. Pistlerde buzlanmayı önlemek için, ayrıca değerli taşların ve mücevherlerin temizlenmesinde kullanılmaktadır. Esterlerinin genellikle güzel kokuları vardır. Bu özelliğinden dolayı parfüm endüstri-için de önemlidir.

Formik asitin konsantre buharı ve deriye teması gözleri ve solunum yollarını tahriş etmekte, kızarıklıklara, kabarcıklara neden olmaktadır. Formik asit üretiminin sürekli yapıldığı endüstriyel alanlarda; koruma gözlüğü ve asite dayanıklı eldiven kullanılmalıdır. Havada

formik asit buhar konsantrasyonu %12-38 arasında bir hacim kapladığında patlayıcı karışım oluşturur. Havadan ağır olan formik asit buharı yanıcıdır.

Formik asitin molekül formülleri Şekil 3.1’de gösterilmiştir [42-43].



Şekil 3.1: Formik asitin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

Formik asitin bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.1’de verilmiştir [26-27].

Tablo 3.1: Formik asitin bazı fiziksel özellikleri.

IUPAC adı	Formik Asit
Diğer İsimler	Metanoik Asit
Kimyasal Formül	CH ₂ O ₂
Kimyasal Açık Formül	HCOOH
Molekül Ağırlığı (g /mol)	46.03
Kaynama Noktası (°C)	101
Erime Noktası (°C)	8
Yoğunluk (20 °C) (g /ml)	1.22
Kırılma İndisi (20 °C)	1.3714
Çözünürlük (H₂O)	Çözünür

3.1.2 Asetik Asit

IUPAC tarafından tercih edilen ismi asetik asittir. Latince de sirke anlamına gelen “asetum”dan türemiştir. Tadı ekşi ve kokusu keskindir. Saf yani %100’lük asetik asite “*buz sirkesi*” denir. Çünkü +16 °C’de kristaller halinde donar. Sudaki %4-6’lık çözeltisi sirke olarak bilindiği için “*sirke asiti*” de denir. Tuzlarına ise “asetat” denir [7]. Sirke asiti en tanınmış kimyasallardan biridir.

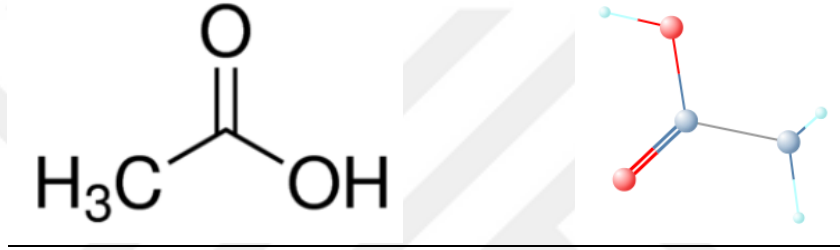
En basit karboksilik asitlerden biri olan asetik asit, kimyasal belirteç ve endüstriyel bir kimyasaldır. Gıda endüstrisinde asitlik düzenleyici katı maddesi olarak (E260), sirke üretiminde, yumuşak içecek şişelerinde kullanılan polietilen tereftalat üretiminde, fotoğraf filmi için selüloz asetat üretiminde, ahşap tutkalı polivinil asetat üretiminde ve pek çok sentetik elyaf

ve kumaşın üretiminde kullanılır. Ev eşyalarında seyreltik asetik asit birikinti giderme ajanı olarak kullanılır [7]. Tabiatta serbest olarak bazı bitki özlerinde ve hayvanların salgılarında bulunur [7].

Sulu çözeltilerde dissosiyeye olabilen zayıf bir asit olmasına rağmen, koroziftir ve buharları göze ve solunum bölgelerine zarar verebilir [7].

Su, dietil eter, aseton, benzen, kloroform ve etanol içerisinde çözünmektedir [27].

Asetik asitin molekül formülleri Şekil 3.2’de gösterilmiştir [31-43].



Şekil 3.2: Asetik asitin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

Asetik asitin bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.2’de verilmiştir [26-27].

Tablo 3.2: Asetik asitin bazı fiziksel özellikleri.

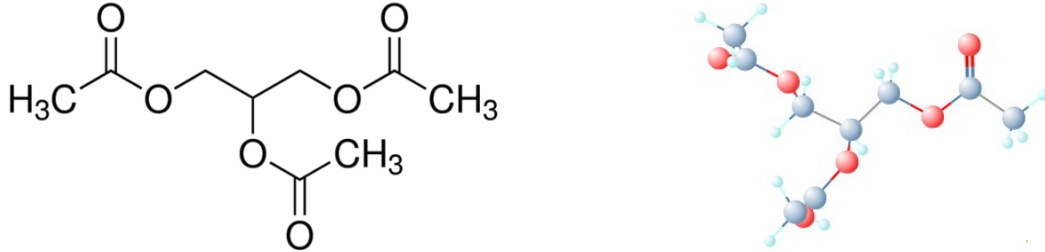
IUPAC adı	Asetik Asit
Diğer İsimler	Etanoik Asit
Kimyasal Formül	$C_2H_4O_2$
Kimyasal Açık Formül	CH_3COOH
Molekül Ağırlığı (g/mol)	60.05
Kaynama Noktası (°C)	116-118
Erime Noktası (°C)	17
Yoğunluk (20 °C) (g/ml)	1.05
Kırılma İndisi	1.3720
Çözünürlük (H₂O)	Çözünür

3.1.3 Triasetin

Triasetin trisetil gliserin olarak da bilinmektedir. Triasetin, triasetilat türevidir ve kozmetikten yakıt katkısına kadar oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir. Yakıt katkı maddesi olarak kullanılan triasetin yakıtın oktan sayısını arttırmaktadır.

Triasetin suda az çözünürken, etanol dietil eter ve benzen içerisinde çözünmektedir. Ayrıca aseton içerisindeki çözünürlüğü daha iyidir [26].

Triasetinin molekül formülleri Şekil 3.3'te gösterilmiştir [33-43].



Şekil 3.3: Triasetinin 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

Triasetinin bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir [26-27].

Tablo 3.3: Triasetinin bazı fiziksel özellikleri.

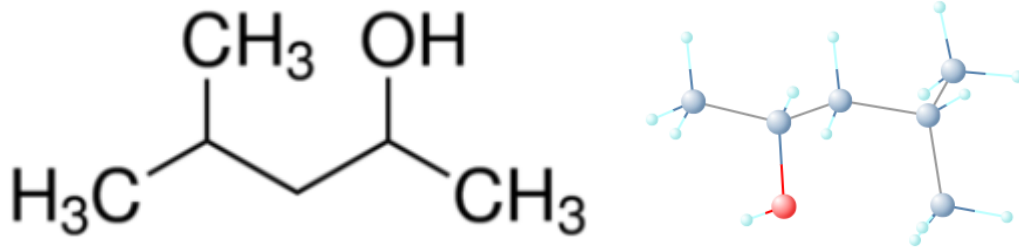
IUPAC adı	Triasetin
Diğer İsimler	Gliseril triasetat
Kimyasal Formül	$C_3H_5(OCOCH_3)_3$
Kimyasal Açık Formül	$C_9H_{14}O_6$
Molekül Ağırlığı (g/mol)	218.20
Kaynama Noktası (°C)	258
Erime Noktası (°C)	-78
Yoğunluk (20 °C) (g/ml)	1.16
Kırılma İndisi	1.4301
Çözünürlük (H₂O)	Az çözünür

3.1.4 4-Metil-2-Pentanol

Metil izobütül karbinol olarak da bilinir. Köpürtücü olarak sistemlerde kullanılmaktadır. (Kömür flatasyonu)

4-metil-2-pentanol suda az çözünürken, etanol ve dietil eter içerisinde çözünmektedir [27].

4-metil-2-pentanol molekül formülleri Şekil 3.4'te gösterilmiştir [34-43].



Şekil 3.4: 4-Metil-2-Pentanol 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

4-metil-2-pentanolün bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir [26-27].

Tablo 3.4: 4-Metil-2-Pentanolün bazı fiziksel özellikleri.

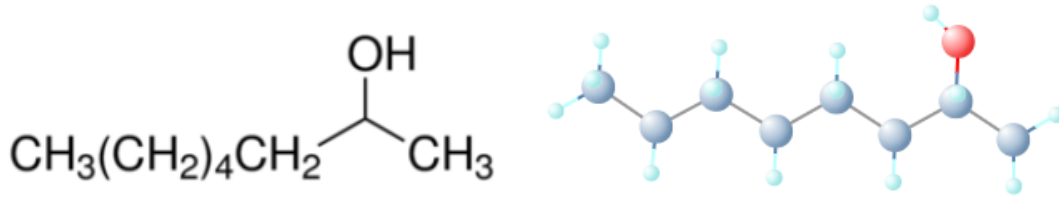
IUPAC adı	4-Metil-2-Pentanol
Diğer İsimler	Metil izobütil karbinol, izobütil metil karbinol
Kimyasal Formül	$C_6H_{14}O$
Kimyasal Açık Formül	$(CH_3)_2CHCH_2CH(OH)CH_3$
Molekül Ağırlığı (g /mol)	102.18
Kaynama Noktası (°C)	130-133
Erime Noktası (°C)	-60
Yoğunluk (20 °C) (g /ml)	0.81
Kırılma İndisi	1.4100
Çözünürlük (H₂O)	Az çözünür

3.1.5 2-Oktanol

2-oktanol kapril alkol olarak da bilinen 8 karbonlu bir alkoldür. Yağımsı yapıda keskin kokulu bir sıvıdır. Kapril alkol, çeşitli dibazik esterlerin dikapril esterleri formunda plastiklerde kullanılmaktadır [35-30].

2-oktanol etanol, aseton ve dietil eter içerisinde çözünürken, suda az çözünmektedir [27].

2-oktanol molekül formülleri Şekil 3.5'te gösterilmiştir [36-43].



Şekil 3.5: 2-Oktanolün 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

2-oktanolün bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.5’te verilmiştir [26-27].

Tablo 3.5: 2-Oktanolün bazı fiziksel özellikleri.

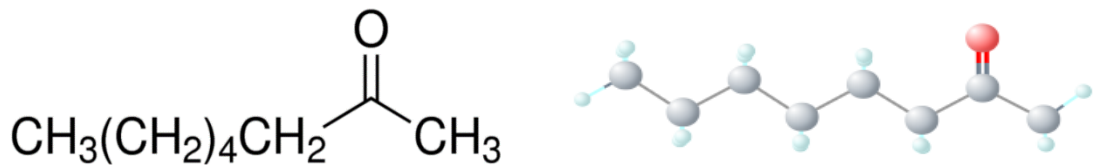
IUPAC adı	2- Oktanol
Diğer İsimler	2- kaprilik alkol, heksil metil karbinol
Kimyasal Formül	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3$
Kimyasal Açık Formül	$\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$
Molekül Ağırlığı (g /mol)	130.23
Kaynama Noktası (°C)	177-182
Erime Noktası (°C)	-38
Yoğunluk (20 °C) (g /ml)	0.82
Kırılma İndisi	1.4234/1.4203
Çözünürlük (H₂O)	Az çözünür

3.1.6 2-Oktanon

Sekiz karbonlu 2-oktanon, heksil metil keton olarak da bilinmektedir. 2-oktanon, elma kokusuna sahip kafur tadında bir sıvıdır [25]. Parfüm yapımında kullanılmaktadır [37].

2-oktanon etanol ve dietil eter içerisinde çözünürken, suda az çözünmektedir. [27].

2-oktanonun molekül formülleri Şekil 3.6’da gösterilmiştir [41-43].



Şekil 3.6: 2-Oktanonun 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

2-Oktanonun bazı fiziksel özellikleri Tablo 3.6’da verilmiştir [26-27].

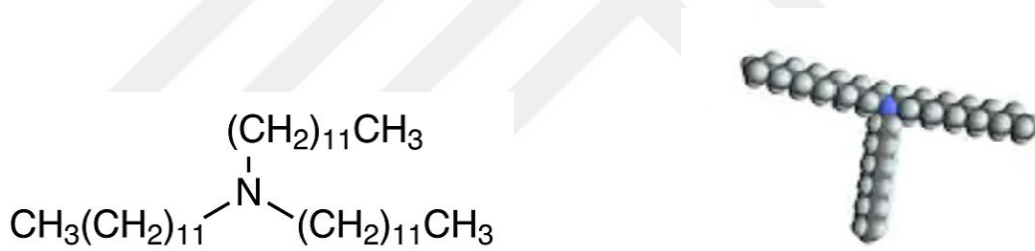
Tablo 3.6: 2-Oktanoneun bazı fiziksel özellikler.

IUPAC adı	2- Oktanone
Diğer İsimler	Heksil Metil Keton, Metil Heksil Keton
Kimyasal Formül	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_5\text{COCH}_3$
Kimyasal Açık Formül	$\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}$
Molekül Ağırlığı (g /mol)	128.21
Kaynama Noktası (°C)	172-173
Erime Noktası (°C)	-16
Yoğunluk (20 °C) (g /ml)	0.82
Kırılma İndisi	1.4161/1.4151
Çözünürlük (H₂O)	Az çözünür

3.1.7 Tridodesilamin

Tridodesilamin diğer adı trilaurilamin olan tersiyer bir amindir. Aynı zamanda Alamine-304 ticari adıyla da bilinmektedir.

Tridodesilaminin molekül formülü Şekil 3.7’de gösterilmiştir [40-43].



Şekil 3.7: TDA’nın 2 ve 3 boyutlu molekül formülü.

Normal koşullarda kararlı halde bulunan tridodesilamin, suda çözünmemesi ve tersiyer bir amin olması sebebiyle ekstraksiyonlarda tercih edilmektedir. Asitlerle reaksiyona girerek kompleks oluşturan tridodesilamin, bu kompleks sayesinde reaktif ekstraksiyon yöntemiyle asitleri sulu ortamdan çeker [38].

Birbiri yerine geçen üçlü uzun düz zincirli bir amin olan TDA çözücü olarak kullanıldığı gibi, ilaç, yüzey aktif maddeler, tarım ilaçları, korozyon inhibitörleri ve özellikle fermantasyon sırasında asit ekstraksiyonu için de kullanılmaktadır [39].

Tridodesilamin’in Fiziksel Özellikleri Tablo 3.7’de verilmiştir [26-27].

Tablo 3.7: Tridodesilaminin bazı fiziksel özellikleri.

IUPAC adı	Tridodesilamin
Diğer İsimler	N, N Didodesil-1-dodekanamin, trilaurilamin
Kimyasal Formül	(C ₁₂ H ₂₅) ₃ N
Kimyasal Açık Formül	C ₃₆ H ₇₅ N
Molekül Ağırlığı (g /mol)	522.01
Kaynama Noktası (°C)	450/220 ^{0,03}
Erime Noktası (°C)	16/16.4
Yoğunluk (20 °C) (g /ml)	0.82

3.2 YÖNTEM

Tez kapsamında su-asit-çözücü üçlü sistemleri için klasik sıvı-sıvı ekstraksiyonu ve reaktif ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Asetik asit ve formik asit olmak üzere 2 farklı asit kullanılmıştır. Çözücü olarak 2-oktanol, 2-oktanon, 4-metil-2-pentanol ve triasetin kullanılmıştır. Reaktif ekstraksiyonda ise tridodesilamin bu üçlü sistemlere eklenmiştir. Sıvı sıvı ekstraksiyonda üçlü sistemlere ait üçgen diyagram, çözünürlük eğrisi, bağlantı doğruları, ayırma faktörü ve seçimlilik hesaplanarak incelenmiştir. Reaktif ekstraksiyonda sistemlere ait dağılma katsayısı (D), yükleme faktörü (Z) ve ekstraksiyon etkinliği (%E) değerleri hesaplanmıştır.

3.2.1 Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu

3.2.1.1 Üçgen Diyagramda Çözünürlük Eğrisi Çizimi

Su-asit-çözücü sistemleri için çözünürlük eğrisinin belirlenmesinde bulanma noktası yöntemi uygulanmıştır [16]. Deneyler 25°C ve atmosfer basıncında yapılmıştır. Öncelikle karşılıklı su-çözücü çözünürlükleri tespit edilmiştir. Böylelikle üçgen diyagramda çözünürlük eğrisinin iki uç noktaları belirlenmiştir. Devamında ise ikili her oranda karışabilen su-asit karışımına düşük orandan yüksek orana doğru çözücü eklenmiştir. İkili karışım heterojen olana kadar çözücü damla damla eklenmiştir. Ardından aynı işlem çözücü-asit karışımına su eklenerek yapılmıştır. Ağırlıkça yüzde bileşenleri hesaplanmıştır. Böylece bulanma noktaları ile her üçlü sitem için çözünürlük eğrisi oluşturulmuştur [54].

3.2.1.2 Üçgen Diyagramda Bağlantı Doğrularının Çizimi

Üçgen faz diyagramında çözünürlük eğrisinin altında kalan bölge çözünmezlik alanı olarak adlandırılır. Çözünmezlik alanından keyfi olarak istenen bağlantı doğrusu kadar noktalar

seçilmiştir. Bu noktaların belirttiği üç bileşenli karışımlar hazırlanmıştır. Karışımlar 25°C sabit sıcaklıkta 100 rpm'de 2 saat süre ile Jeiotech marka SI-300 model çalkalamalı inkübatörde karıştırılmıştır. Süre sonunda karıştırıcıdan alınan karışımlar santrifüj tüplerine alınarak, 3500 rpm'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Karıştırma ve santrifüj hızları ve süreleri ön denemeler ile tespit edilmiştir. Santrifüj sonunda alınan tüplerde iki fazın ayrıldığı görülmüştür. Fazlar dikkatlice ayrı enjektörler kullanılarak, numune şişelerine aktarılmış ve etiketlenmiştir. Rafinat ve ekstrakt fazda bulunan asit miktarını belirlemek için 0.1 N NaOH çözeltisi kullanılmıştır. Her bir numuneden belirli bir miktar alınarak, fenolftaleyn indikatörlüğünde NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Fazlardaki asit miktarı denklem (3.1) ile hesaplanıp, yüzde asit miktarına denklem (3.2) ile geçiş yapılmıştır. Rafinat fazda bulunan yüzde asit miktarı, çözünürlük eğrisinin rafinat kolunda işaretlenmiştir. Ve ona karşılık gelen ekstrat fazdaki yüzde asit miktarı da çözücü koluna işaretlenmiştir. Bu iki nokta ve başlangıçta hazırlanan üçlü karışımı gösteren nokta birleştirilerek bağlantı doğrusu elde edilmiştir. Aynı işlem diğer bağlantı doğrularının belirlenmesi için, farklı başlangıç karışımları için tekrarlanmıştır.

$$\text{Asit Miktarı (g)} = N \times F \times S_{NaOH} \times M \times 10^{-3} \quad (3.1)$$

$$\%Asit = \frac{\text{Asit miktarı (g)}}{\text{Numune Miktarı (g)}} \times 100 \quad (3.2)$$

N: NaOH çözeltisinin normalitesi (0.1 N)

F: NaOH çözeltisinin faktörü ($F_{NaOH} = 1$)

S_{NaOH} : Titrasyonda sarfedilen NaOH miktarı (ml)

M: Asitin molekül ağırlığı (g/mol)

3.2.1.3 Deneyisel Verilerden Dağılma Katsayısı, Ayırma Faktörü Hesabı ve Seçimlilik Diyagramı

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu ile asitlerin geri kazanılmasında, çözücülerin etkinliğinin belirlenmesi dağılma katsayısı ve ayırma faktörü hesaplarının karşılaştırılması ile yapılabilir. Çözücünün etkinliği için seçimlilik diyagramı da kullanılmaktadır. Seçimlilik diyagramı, $x_{21}/(x_{21} + x_{11})$ ile $x_{23}/(x_{23} + x_{13})$ değerleri arasında çizilen grafiklerdir. Ayırma faktörü (S) ve dağılma katsayısı (D_i) hesaplanması için sırasıyla denklem (3.3-5) kullanılmıştır.

$$D_1 = \frac{x_{13}}{x_{11}} \quad (3.3)$$

$$D_2 = \frac{x_{23}}{x_{21}} \quad (3.4)$$

$$S = \frac{D_2}{D_1} \quad (3.5)$$

Bu denklemlerde,

S: Ayırma faktörü

D₂: Asitin dağılma katsayısı

D₁: Suyun dağılma katsayısı

x₂₃: Asitin çözücü fazdaki mol kesri

x₂₁: Asitin su fazındaki mol kesri

x₁₃: Suyun çözücü fazdaki mol kesri

x₁₁: Suyun su fazındaki mol kesrini ifade eder.

3.2.1.4 Deneysel Bağlantı Doğruları için Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonu

Deneysel olarak elde edilen bağlantı doğrularının güvenilirliği için Othmer-Tobias (denklem (3.6)) ve Hand (denklem (3.7)) korelasyonları kullanılmıştır [44-45].

$$\ln \left(\frac{1-x_{33}}{x_{33}} \right) = A + B \ln \left(\frac{1-x_{11}}{x_{11}} \right) \quad (3.6)$$

$$\ln \left(\frac{x_{23}}{x_{33}} \right) = A' + B' \ln \left(\frac{x_{21}}{x_{11}} \right) \quad (3.7)$$

Bu denklemlerde,

x₁₁: Suyun su fazındaki mol fraksiyonu

x₂₁: Asitin su fazındaki mol fraksiyonu

x₂₃: Asitin çözücü fazdaki mol fraksiyonu

x_{33} : Çözücünün çözücü fazdaki mol fraksiyonu

A ve B: Othmer-Tobias korelasyonu parametreleri

A' ve B': Hand korelasyonu parametrelerini ifade etmektedir.

Yapılan hesaplamalar sonrasında Othmer-Tobias ve Hand denklemlerinden rafinat ve ekstrakt faz mol fraksiyonları kullanılarak hesaplanan değerlerden geçen en uygun lineer doğru belirlenir. Doğrunun eğimi Othmer-Tobias ve Hand korelasyonunun B ve B' parametrelerini, sabitleri ise A ve A' parametrelerini verir. Hesaplamalar sonrasında bulunan noktaların doğrusallığı verilerin tutarlılığını gösterir. Doğru ne kadar lineere yakınsa deneysel hesaplamalar o kadar tutarlıdır. Bu doğru denklemine göre korelasyon katsayısı (R^2) bulunmuştur. Korelasyon katsayısı 1'e yakın olması beklenir.

3.2.1.5 Model Uygulamaları

Bu çalışmada deneysel hesaplamalarda bulunan verilerin karşılaştırılması için NRTL ve UNIQUAC termodinamik modelleri kullanılmıştır. Bu modellerin kullanılması için MATLAB programında kodlar yazılmıştır [25].

En az iki sıvı fazın birbirleriyle termodinamik olarak dengede olması durumu, sıvı-sıvı dengesi (LLE) olarak tanımlanmaktadır. Sıvı-sıvı dengesi için kriterler sıcaklık (T), basınç (P) ve her fazdaki bileşenlerin aktiviteleridir (a_i). Sabit sıcaklık ve basınçta verilen bir sistemde denge mevcutsa, bu sistemi oluşturan bileşenler için aşağıdaki denklemler yazılabilir:

$$a_i^{(I)} = a_i^{(II)} = a_i^{(III)} = \dots \quad (3.8)$$

$$\gamma_i = \frac{a_i}{x_i} = \frac{\hat{f}_i^{sivi}}{x_i f_i^\circ} \quad (3.9)$$

Bu denklemlerden, 3 bileşenli ve 2 fazlı (I ve II dengedeki fazlar olmak üzere) bir sıvı-sıvı denge sistemi için aşağıdaki eşitlikler elde edilir:

$$(\gamma_1 x_1)^I = (\gamma_1 x_1)^{II} \quad (3.10)$$

$$(\gamma_2 x_2)^I = (\gamma_2 x_2)^{II} \quad (3.11)$$

$$(\gamma_3 x_3)^I = (\gamma_3 x_3)^{II} \quad (3.12)$$

$$(x_1 + x_2 + x_3)^I = 1 \quad (3.13)$$

$$(x_1 + x_2 + x_3)^{II} = 1 \quad (3.14)$$

Burada x_1 , x_2 , ve x_3 her bir bileşenin sıvı fazdaki mol kesirlerini, γ_1 , γ_2 ve γ_3 ise bileşenlerin aktivite katsayılarını ifade etmektedir. Böylece (3.10-14) denklemleri sayısal yöntemlerle çözülerek denge durumundaki sıvı faz bileşimleri bulunabilir [46].

NRTL modeli için α parametresi 0.2 olarak kabul edilmiştir. UNIQUAC modeli için gerekli olan grup-hacim (R_k) ve grup-yüzey alan (Q_k) parametreleri literatürde mevcut olup Tablo 3.8’de verilmiştir [45]. Hacim (r_i) ve yüzey alan (q_i) parametreleri (2.44) ve (2.45) denklemlerinden hesaplanarak Tablo 3.8’de sunulmuştur.

Tablo 3.8: UNIQUAC grup-hacim (R_k) ve grup-yüzey alanı (Q_k) parametreleri.

Grup Numarası		İsim	Hacim (R_k)	Yüzey Alanı (Q_k)
Ana	Alt			
	1	CH ₃	0.9011	0.848
1	2	CH ₂	0.6744	0.540
	3	CH	0.4469	0.228
5	14	OH	1.0000	1.200
7	16	H ₂ O	0.9200	1.400
11	21	CH ₃ COO	1.9031	1.728
	42	COOH	1.3013	1.224
20	43	HCOOH	1.5280	1.532

Tablo 3.9: UNIQUAC hacim (r_i) ve yüzey alanı (q_i) parametreleri.

Bileşen	r	q
Su	0.9200	1.400
Asetik asit	2.2024	2.072
Formik asit	1.5280	1.532
2-Oktanol	6.6211	5.824
2-Oktanone	5.9455	5.036
4-Metil-2-Pentanol	5.2715	4.740
Triasetin	7.5050	6.492

İlk olarak bu termodinamik modeller için aşağıdaki amaç fonksiyonu minimize edilerek modellere ait optimum ikili etkileşim parametreleri elde edilmiştir [25].

$$F_a = \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^3 \frac{(x_{ij}^I \gamma_{ij}^I - x_{ij}^{II} \gamma_{ij}^{II})^2}{(x_{ij}^I \gamma_{ij}^I + x_{ij}^{II} \gamma_{ij}^{II})^2} \quad (3.15)$$

Burada x_{ij}^I ve x_{ij}^{II} i bileşenine ait I. faz (su fazı) ve II. faz (çözücü faz) deneysel mol kesirlerini, j bağlantı doğrusunu, γ_{ij}^I ve γ_{ij}^{II} aktivite katsayılarını ve N ise bağlantı doğrusu sayısını gösterir. Daha sonra yukarıdaki denklemden bulunan optimum parametreler kullanılarak aşağıdaki amaç fonksiyonu minimize edilmiş ve bağlantı doğrusu verileri mol kesirleri cinsinden hesaplanmıştır [25].

$$F_b = \sum_k \sum_j \sum_i (x_{ijk}^{deneyssel} - x_{ijk}^{hesaplanan})^2 \quad (3.16)$$

$x_{ijk}^{deneyssel}$ ve $x_{ijk}^{hesaplanan}$ k bağlantı doğrusu boyunca j fazındaki i bileşenine ait deneysel ve hesaplanan mol kesirleridir [47].

Modellerin güvenilirliğini belirlemek için üçlü sistemlerin her biri için RMSD (root mean square deviation) değerleri hesaplanmıştır.

RMSD (Ortalama karekök sapma) deneysel veriler ile hesaplanan değerler arasındaki tutarlılığı göstermektedir. RMSD kullanılarak, hesaplanan bağlantı doğrusu verilerinin doğruluğu hesaplanmıştır. RMSD değeri, deneysel ve hesaplanan mol kesirleri arasındaki farktan aşağıdaki denklemden hesaplanır:

$$RMSD = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^3 (x_{ijk}^{deneyssel} - x_{ijk}^{hesaplanan})^2}{6N}} \quad (3.17)$$

Burada N bağlantı doğrusu sayısı, $x_{ijk}^{deneyssel}$ ve $x_{ijk}^{hesaplanan}$ k bağlantı doğrusu boyunca j fazındaki i bileşenine ait deneysel ve hesaplanan mol kesirleridir [47, 25].

3.2.2 Reaktif Ekstraksiyon

3.2.2.1 Reaktif Ekstraksiyon için Süre Tayini

Deneyler Jeitech marka SI-300 model çalkalamalı inkübatörde, atmosferik basınçta 25°C sıcaklıkta yapılmıştır. Asit-çözücü-amin karışımı sırasıyla erlende 5ml asit, 2ml çözücü, 3ml amin olacak şekilde tartılmıştır. Her bir erlen önceden belirlenen sürelerde karıştırıcıda tutulup süresi biten erlen bir sonraki aşama için alınmıştır. Yapılan ön denemeler ile 60 dakikanın yeterli olduğu bulunmuştur.

Hazırlanan 6 erlen 10 dakika ara ile karıştırıcıdan alınmıştır. Süre bitiminde alınan erlendeki karışım santrifüj tüplerine alınarak 10 dakika 3500 rpm'de (ön denemelerde tespit edilmiştir) santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrası ayrılan organik ve sulu fazlar farklı enjektörler kullanılarak numune şişelerine alınmıştır. Bu işlemde sonra sulu fazdan 3 farklı örnek alınarak hassas terazide tartılmış ve 0.1 N NaOH ile titre edilmiştir. Harcanan baz miktarı, ml olarak kaydedilmiştir. Deney sonuçlarında hesaplanan ortalama değerler kullanılmıştır.

3.2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon Deneyleri

Amin ve çözücü 5ml olacak şekilde farklı 6 ekstraktant tartımları alınarak hazırlanmıştır. Asit 5ml de sabit tutulmuştur. 50 ml lik erlenlerde, 6 farklı derişimde karışım hazırlanmıştır. Tablo 3.10'da hazırlanan bu karışımların içerikleri verilmiştir.

Tablo 3.10: Farklı konsantrasyon içerikleri.

Deney No.	Amin (ml)	Çözücü (ml)	Asit (ml)
1	0	5	5
2	1	4	5
3	2	3	5
4	3	2	5
5	4	1	5
6	5	0	5

Hazırlanan bu karışımlar daha önce belirlenen sürelerde karıştırılmıştır. Erlenlerde ki karışımlar süre sonunda santrifüj tüplerine alınmış, 10 dakika 3500 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası oluşan organik ve sulu faz farklı enjektörler kullanılarak numune şişelerine alınmıştır. Bu işlemde sonra sulu fazdan 3 farklı örnek alınarak hassas terazide tartılmış ve 0.1N NaOH ile titre edilmiş ve harcanan baz ml olarak belirlenmiştir. Deney sonuçlarında hesaplanan

ortalama değer kullanılmıştır. Triasetin alışmaları aynı şekilde yapılmıştır. Ancak formik asit-triasetin-tridodesilamin sistemi ve asetik asit-triasetin-tridodesilamin sistemi için santrifj sonrası 3 faz oluşumu gözlenmiştir. Konsantrasyon-zaman eğrisinin sabitlenmediği görüldüğünden sonraki aşama yapılmamıştır.



4. BULGULAR

Yapılan çalışmada iki farklı asit, dört farklı çözücü kullanılarak su-asit-çözücü üçlü sistemleri oluşturulmuştur. Deneyler 25 °C’de yapılmıştır. Elde edilen deneysel veriler; sıvı sıvı denge verileri, seçimlilik verileri, ayırma faktörleri, dağılma katsayıları, Othmer-Tobias ve Hand korelasyon verileri grafik ve tablolar halinde sunulmuştur. Ayrıca yapılan NRTL ve UNIQUAC modellerinin verileri karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Hesaplamalar mol kesri cinsindendir.



4.1 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGE SİSTEMİ

4.1.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.1: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9997	0.0000	0.0003
2	0.9846	0.0153	0.0001
3	0.9541	0.0456	0.0003
4	0.9168	0.0828	0.0004
5	0.8450	0.1538	0.0012
6	0.7779	0.2126	0.0095
7	0.6905	0.2786	0.0309
8	0.0552	0.1684	0.7764
9	0.3232	0.3255	0.3513
10	0.5031	0.3323	0.1646
11	0.6077	0.3090	0.0833
12	0.1866	0.2827	0.5307
13	0.0262	0.0000	0.9738

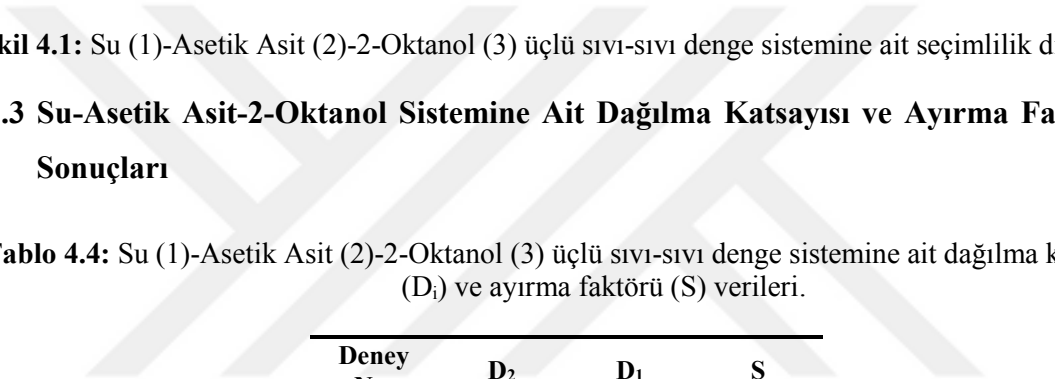
Tablo 4.2: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.8356	0.0509	0.1135	0.957	0.0428	0.0002	0.0557	0.1624	0.7819
2	0.8101	0.1025	0.0874	0.914	0.0855	0.0005	0.1365	0.2541	0.6094
3	0.7867	0.1499	0.0634	0.8606	0.1375	0.0019	0.2289	0.2915	0.4796
4	0.7761	0.1758	0.0481	0.8278	0.1681	0.0041	0.2982	0.3166	0.3852
5	0.7640	0.2028	0.0332	0.7885	0.2028	0.0087	0.3801	0.3195	0.3004

4.1.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.3: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.04	0.74
2	0.09	0.65
3	0.14	0.56
4	0.17	0.51
5	0.20	0.46



Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

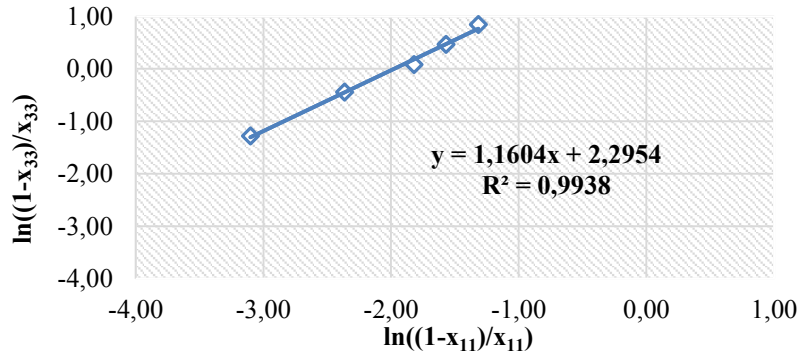
Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

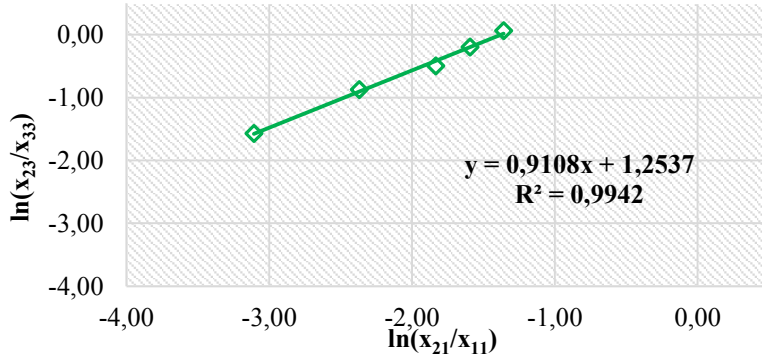
Tablo 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayıları (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.



Şekil 4.2: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.6: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

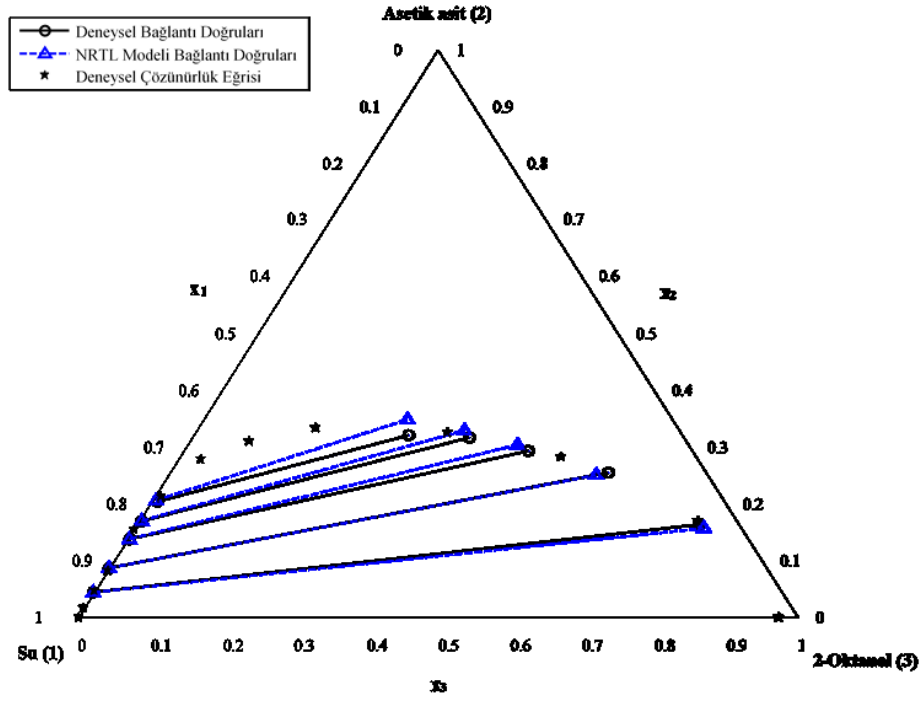
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.11	-1.57
2	-2.37	-0.87
3	-1.83	-0.50
4	-1.59	-0.20
5	-1.36	0.06



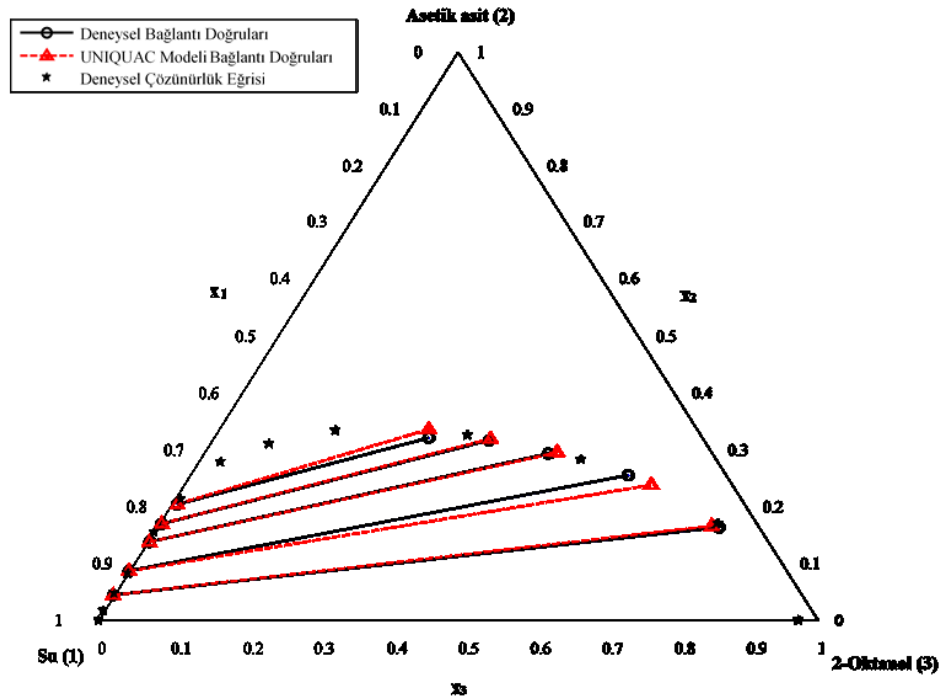
Şekil 4.3: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.1.5 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-asetik asit-2-oktanöl üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.4 ve 4.5'te verilmiştir.



Şekil 4.4: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.5: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.2 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANON ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.2.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.7: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9998	0.0000	0.0002
2	0.9847	0.0149	0.0004
3	0.9535	0.046	0.0005
4	0.9169	0.0824	0.0007
5	0.8441	0.1528	0.0031
6	0.7738	0.2154	0.0108
7	0.6806	0.2756	0.0438
8	0.0720	0.2372	0.6908
9	0.3094	0.3209	0.3697
10	0.5243	0.3181	0.1576
11	0.2018	0.2908	0.5074
12	0.4232	0.329	0.2478
13	0.5892	0.3072	0.1036
14	0.0134	0.0000	0.9866

Tablo 4.8: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

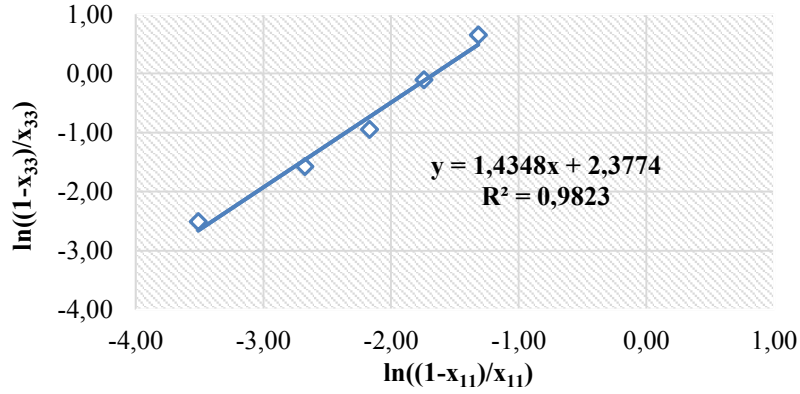
Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.8486	0.0285	0.1230	0.9710	0.0286	0.0004	0.0054	0.0698	0.9248
2	0.8259	0.0579	0.1161	0.9355	0.0639	0.0006	0.0161	0.1555	0.8284
3	0.7990	0.0875	0.1136	0.8975	0.1004	0.0021	0.0554	0.2239	0.7207
4	0.7753	0.1168	0.1079	0.8510	0.1455	0.0035	0.1903	0.2824	0.5273
5	0.7400	0.1537	0.1063	0.7888	0.2021	0.0091	0.3319	0.3250	0.3431

4.2.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.9: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.03	0.93
2	0.06	0.91
3	0.10	0.80
4	0.15	0.60
5	0.20	0.49

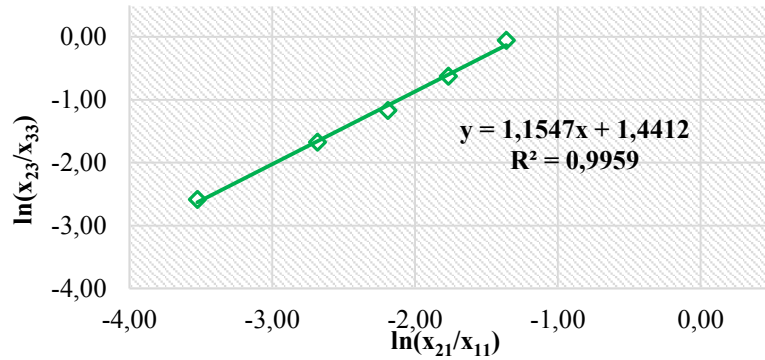
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-3.51	-2.51
2	-2.67	-1.57
3	-2.17	-0.95
4	-1.74	-0.11
5	-1.32	0.65



Şekil 4.7: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.12: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

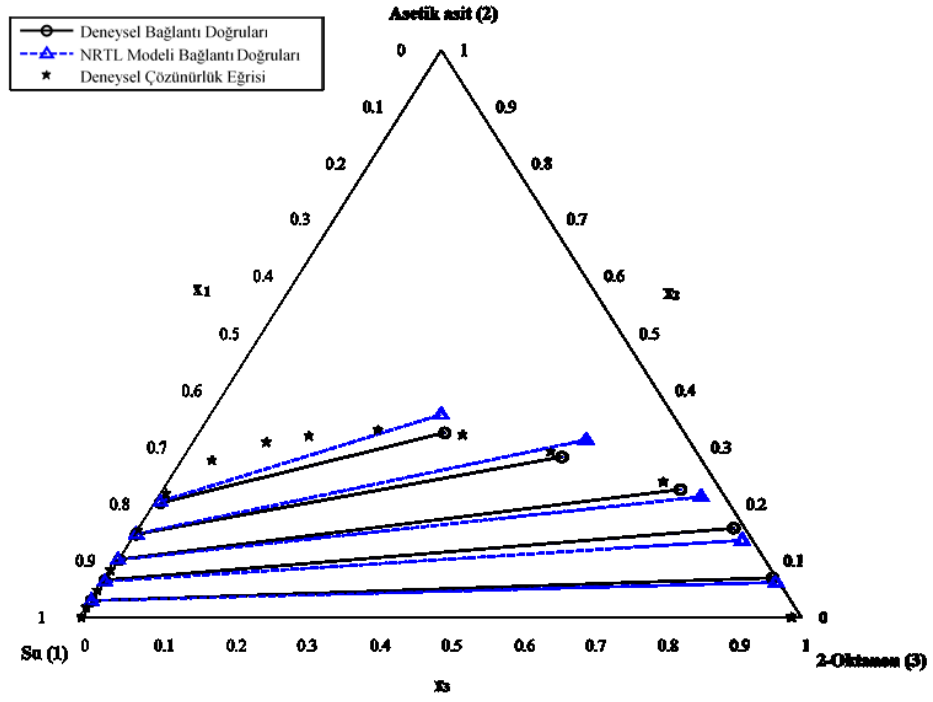
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.52	-2.58
2	-2.68	-1.67
3	-2.19	-1.17
4	-1.77	-0.62
5	-1.36	-0.05



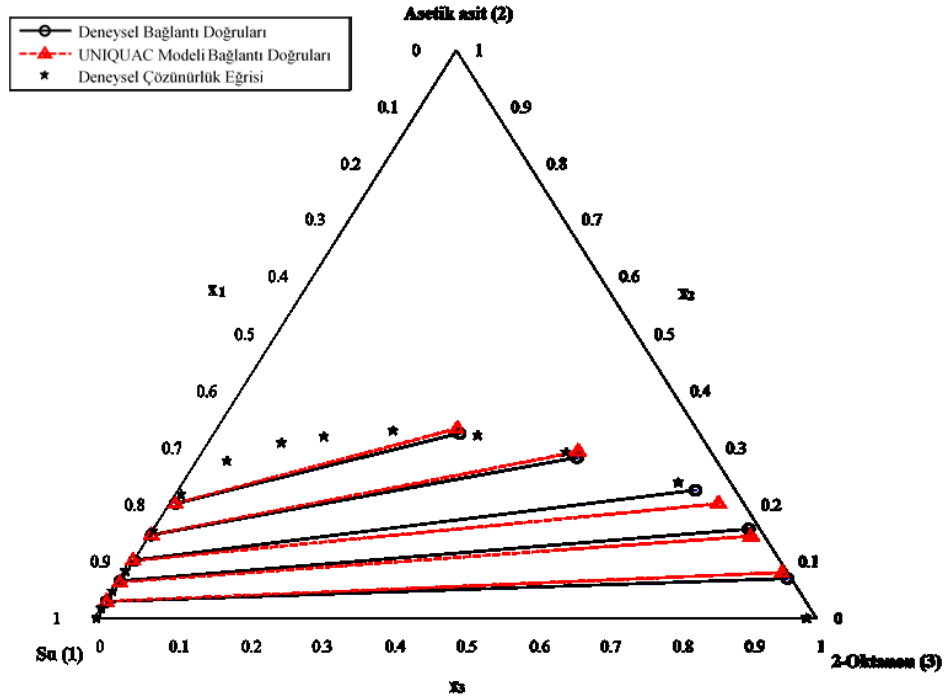
Şekil 4.8: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.2.5 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-asetik asit-2-oktanone üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.9 ve 4.10 da verilmiştir.



Şekil 4.9: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.10: Su (1)-Asetik Asit (2)-2-Oktanon (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.3 SU-ASETİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.3.1 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.13: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9990	0.0000	0.0010
2	0.9847	0.0134	0.0019
3	0.9521	0.0454	0.0025
4	0.9111	0.0841	0.0048
5	0.8271	0.1532	0.0197
6	0.7540	0.2063	0.0397
7	0.6288	0.2607	0.1105
8	0.1844	0.1260	0.6896
9	0.3589	0.2282	0.4129
10	0.4411	0.2540	0.3049
11	0.5456	0.2699	0.1845
12	0.1197	0.0000	0.8803

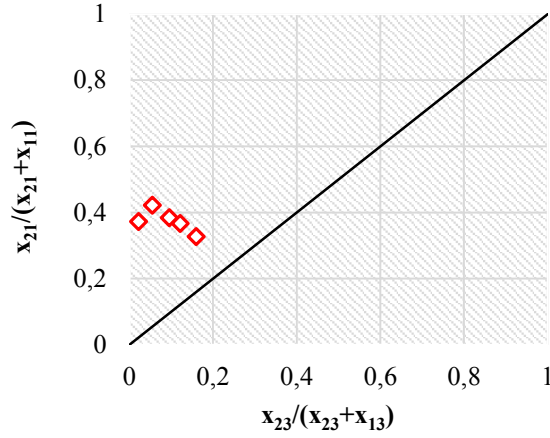
Tablo 4.14: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.8604	0.0267	0.1129	0.9763	0.0220	0.0017	0.1627	0.0966	0.7407
2	0.8398	0.0627	0.0974	0.9407	0.0552	0.0041	0.2524	0.1842	0.5634
3	0.8067	0.1104	0.0829	0.8967	0.0949	0.0084	0.3740	0.2334	0.3926
4	0.8093	0.1334	0.0573	0.8677	0.1200	0.0123	0.4380	0.2533	0.3087
5	0.8020	0.1585	0.0395	0.8244	0.1573	0.0183	0.5506	0.2672	0.1822

4.3.2 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.15: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.02	0.37
2	0.06	0.42
3	0.10	0.38
4	0.12	0.37
5	0.16	0.33



Şekil 4.11: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.3.3 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Dağılım Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

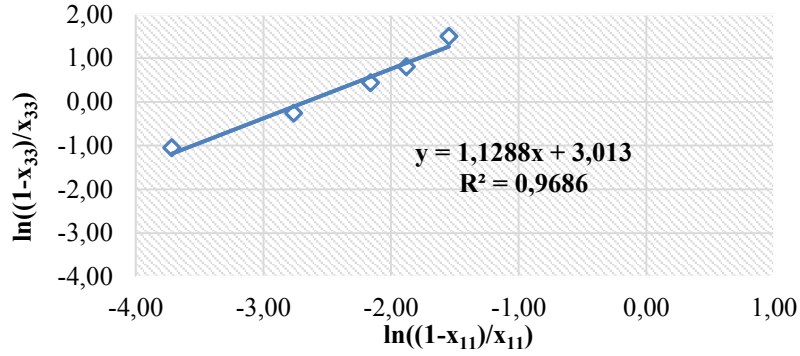
Tablo 4.16: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılım katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Deney No.	D_2	D_1	S
1	4.39	0.17	26
2	3.34	0.27	12
3	2.46	0.42	6
4	2.11	0.50	4
5	1.70	0.67	3

4.3.4 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.17: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

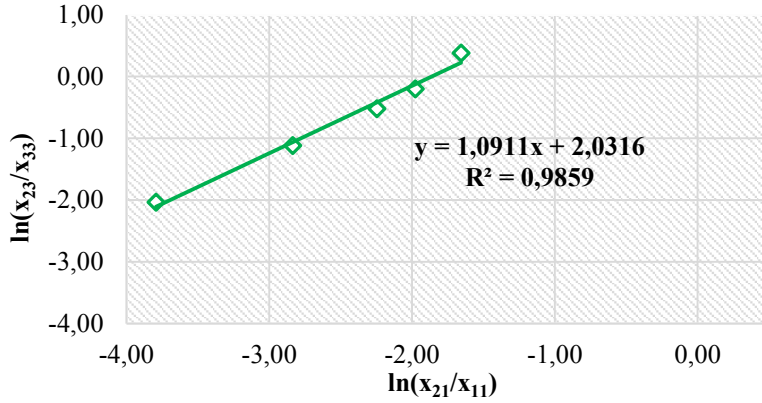
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-3.72	-1.05
2	-2.76	-0.25
3	-2.16	0.44
4	-1.88	0.81
5	-1.55	1.50



Şekil 4.12: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.18: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

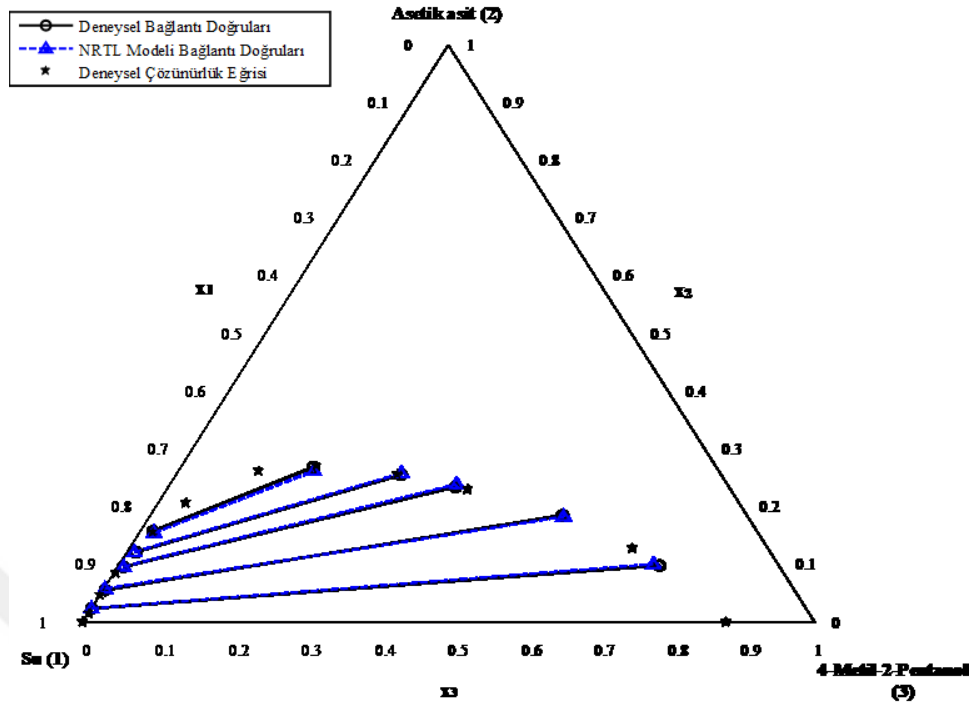
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.79	-2.04
2	-2.84	-1.12
3	-2.25	-0.52
4	-1.98	-0.20
5	-1.66	0.38



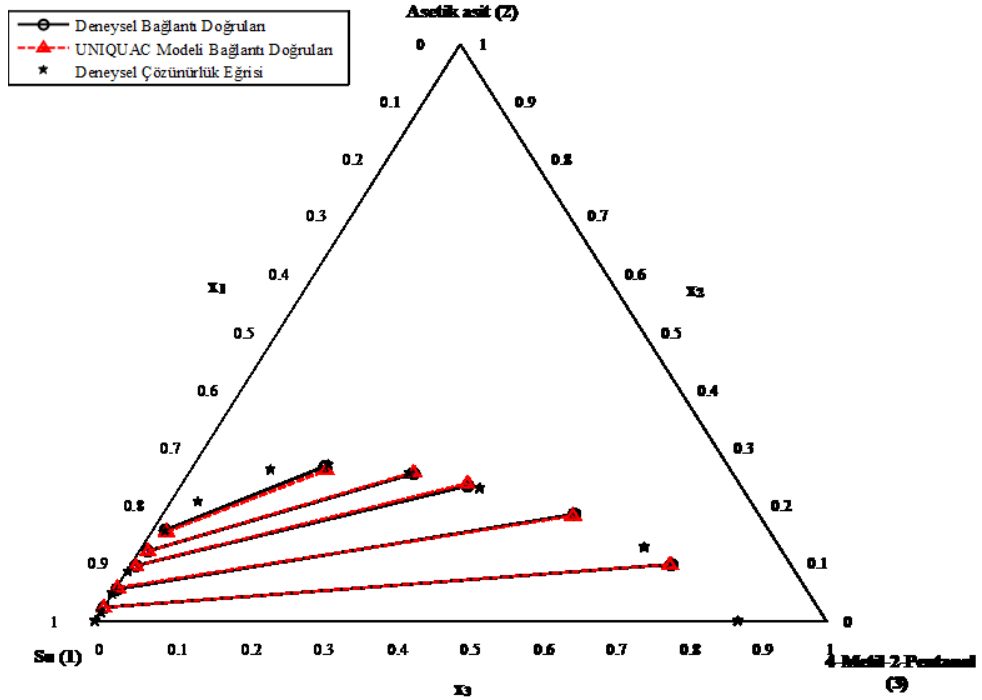
Şekil 4.13: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.3.5 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-asetik asit-4-Metil-2-Pentanol üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.14 ve 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.14: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.15: Su (1)-Asetik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.4 SU-ASETİK ASİT-TRİASETİN ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.4.1 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.19: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9992	0.0000	0.0008
2	0.9794	0.0157	0.0049
3	0.9468	0.0398	0.0134
4	0.8940	0.0709	0.0351
5	0.7355	0.1206	0.1439
6	0.8212	0.0990	0.0798
7	0.5575	0.1213	0.3212
8	0.1983	0.0000	0.8017

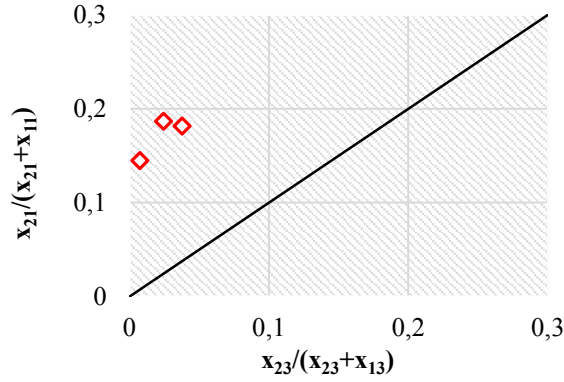
Tablo 4.20: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.9143	0.0101	0.0756	0.9896	0.0077	0.0027	0.2161	0.0366	0.7473
2	0.9065	0.0308	0.0628	0.9693	0.0244	0.0063	0.4105	0.0942	0.4953
3	0.8748	0.0536	0.0716	0.9516	0.0375	0.0109	0.5321	0.1182	0.3497

4.4.2 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.21: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.01	0.14
2	0.02	0.19
3	0.04	0.18



Şekil 4.16: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.4.3 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

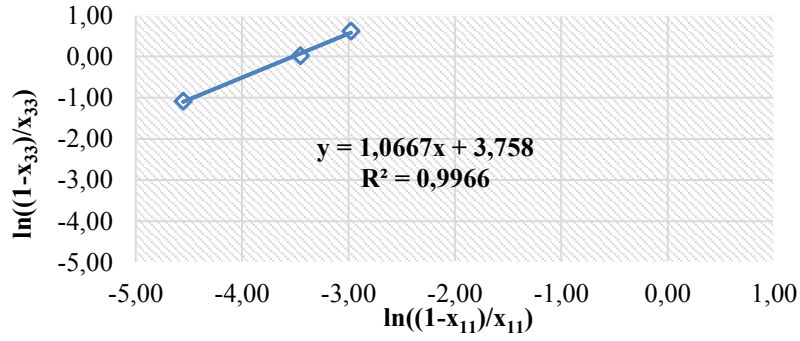
Tablo 4.22: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri

Deney No.	D_2	D_1	S
1	4.75	0.22	22
2	3.86	0.42	9
3	3.15	0.56	6

4.4.4 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.23: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

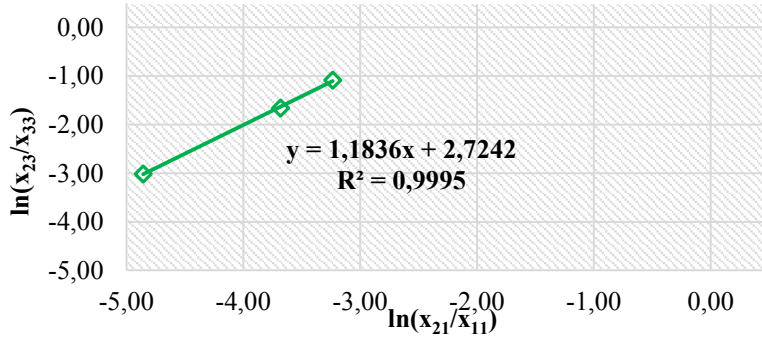
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-4.56	-1.08
2	-3.45	0.02
3	-2.98	0.62



Şekil 4.17: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.24: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

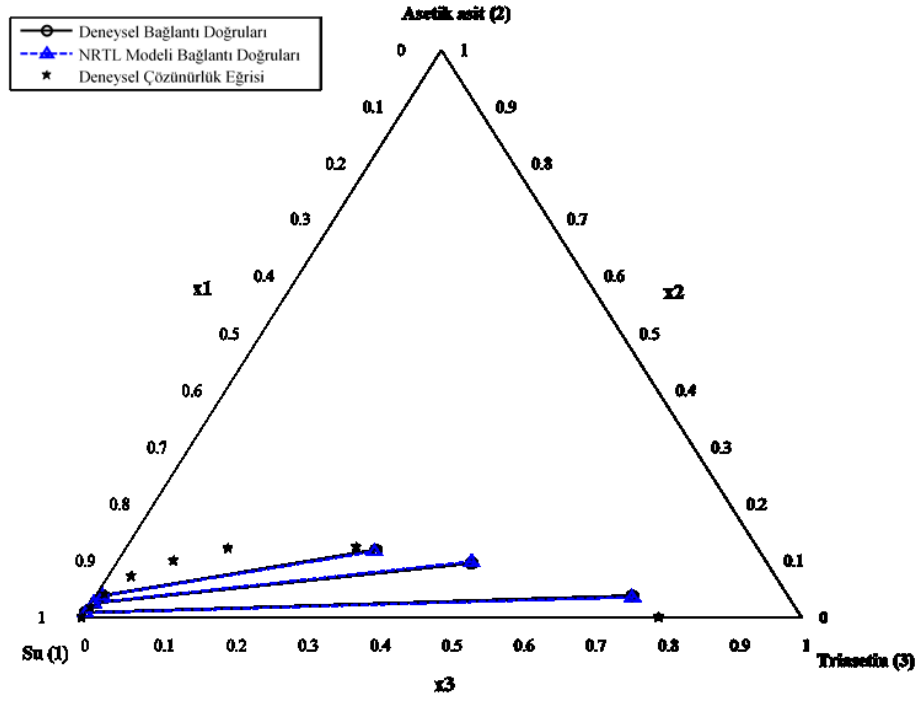
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-4.86	-3.02
2	-3.68	-1.66
3	-3.23	-1.08



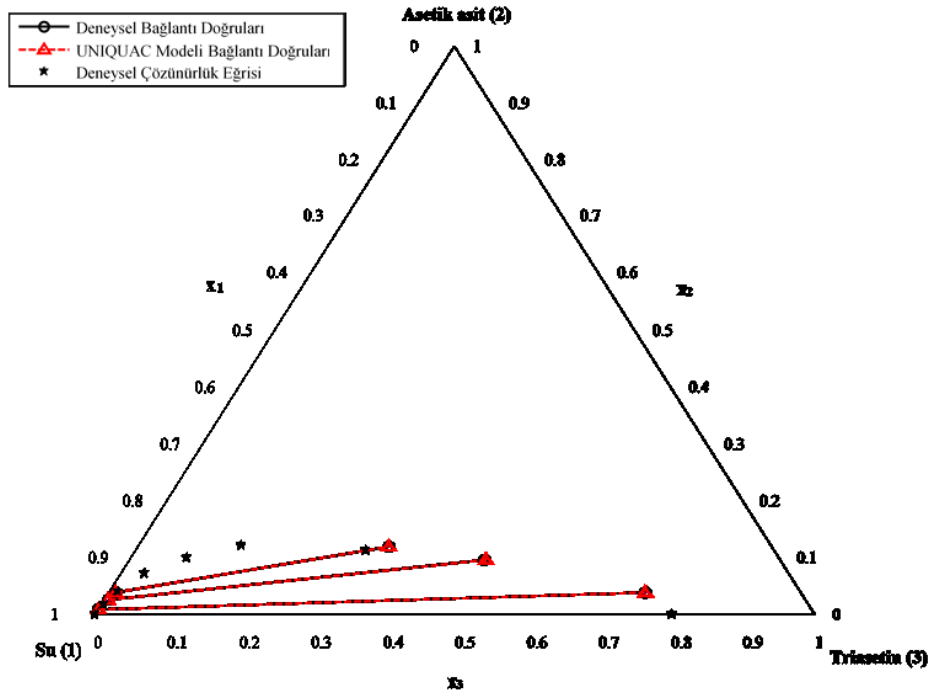
Şekil 4.18: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu

4.4.5 Su-Asetik Asit-Triasetin Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-asetik asit-triasetin üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.19 ve 4.20 da verilmiştir.



Şekil 4.19: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.20: Su (1)-Asetik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.5 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.5.1 Su-Formik asit-2-Oktanöl Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.25: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	X ₁	X ₂	X ₃
1	0.9999	0.0000	0.0001
2	0.9809	0.0190	0.0001
3	0.9324	0.0673	0.0003
4	0.8861	0.1133	0.0006
5	0.7872	0.2117	0.0011
6	0.7165	0.2818	0.0017
7	0.6202	0.3766	0.0032
8	0.5169	0.4765	0.0066
9	0.1513	0.2146	0.6341
10	0.2362	0.3760	0.3878
11	0.3050	0.5254	0.1696
12	0.4111	0.5570	0.0319
13	0.2916	0.5065	0.2019
14	0.3390	0.5589	0.1021
15	0.2714	0.4568	0.2718
16	0.2076	0.3114	0.4810
17	0.0262	0.0000	0.9738

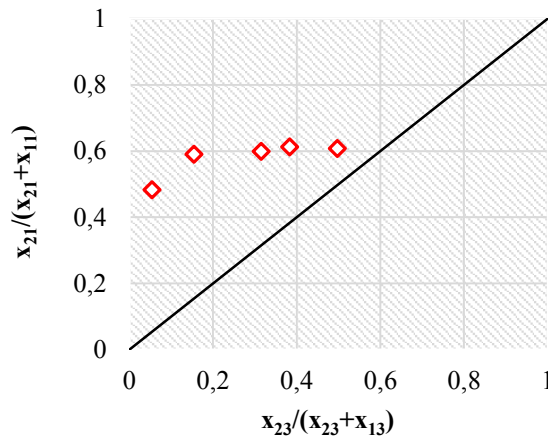
Tablo 4.26: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₁	X ₂₁	X ₃₁	X ₁₃	X ₂₃	X ₃₃
1	0.8255	0.0563	0.1182	0.9453	0.0543	0.0004	0.1199	0.1117	0.7684
2	0.7536	0.1469	0.0995	0.8445	0.1547	0.0008	0.1559	0.2245	0.6196
3	0.6506	0.2672	0.0822	0.6834	0.3142	0.0024	0.2399	0.3576	0.4025
4	0.5532	0.3879	0.0588	0.6148	0.3819	0.0033	0.2420	0.3829	0.3751
5	0.4461	0.5150	0.0389	0.4974	0.4927	0.0099	0.2634	0.4082	0.3284

4.5.2 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.27: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.05	0.48
2	0.15	0.59
3	0.31	0.60
4	0.38	0.61
5	0.50	0.61



Şekil 4.21: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.5.3 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

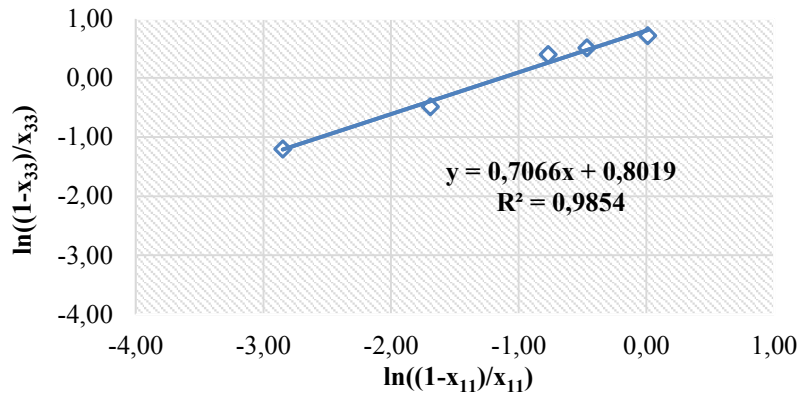
Tablo 4.28: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Deney No.	D_2	D_1	S
1	2.06	0.13	16
2	1.45	0.18	8
3	1.14	0.35	3
4	1.00	0.39	3
5	0.83	0.53	2

4.5.4 Su-Formik asit-2-Oktanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.29: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

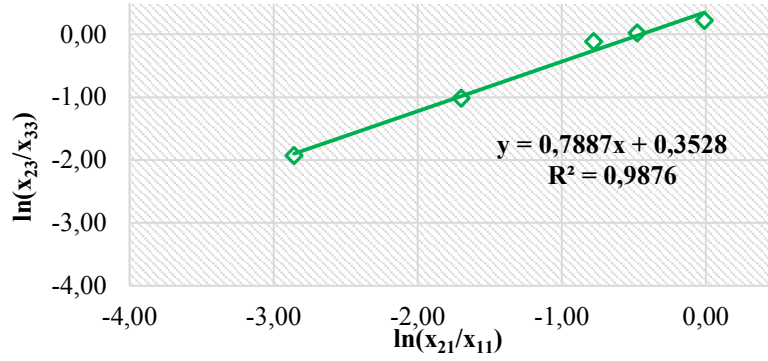
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-2.85	-1.20
2	-1.69	-0.49
3	-0.77	0.40
4	-0.47	0.51
5	0.01	0.72



Şekil 4.22: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.30: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

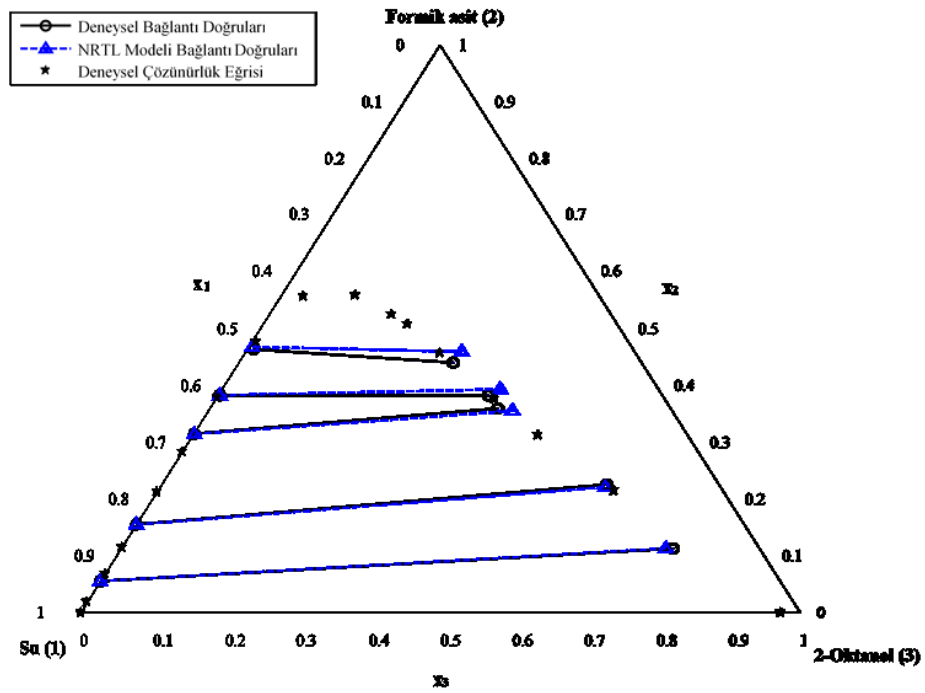
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-2.86	-1.93
2	-1.70	-1.02
3	-0.78	-0.12
4	-0.48	0.02
5	-0.01	0.22



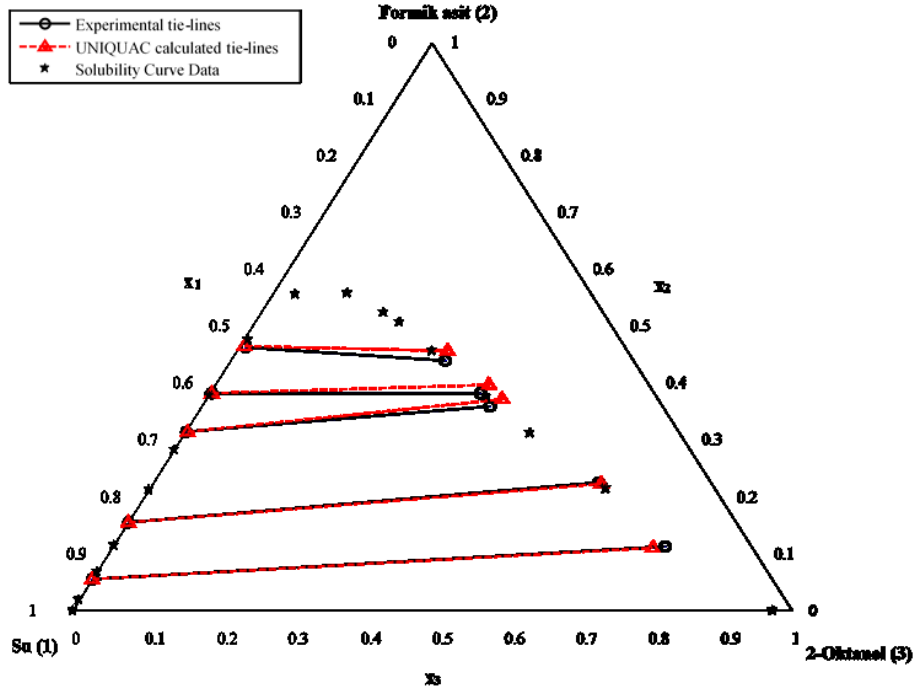
Şekil 4.23: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanöl (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.5.5 Su-Formik Asit-2-Oktanöl Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-Formik Asit-2-Oktanöl üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.24 ve 4.25 te verilmiştir.



Şekil 4.24: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.25: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.6 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANON ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.6.1 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.31: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9998	0.0000	0.0002
2	0.9761	0.0235	0.0004
3	0.9340	0.0655	0.0005
4	0.8834	0.1157	0.0009
5	0.7897	0.2088	0.0015
6	0.7107	0.2859	0.0034
7	0.6173	0.3737	0.0090
8	0.5241	0.4332	0.0427
9	0.1852	0.2165	0.5983
10	0.2988	0.3453	0.3559
11	0.4052	0.4426	0.1522
12	0.3483	0.4118	0.2399
13	0.4699	0.4456	0.0845
14	0.0134	0.0000	0.9866

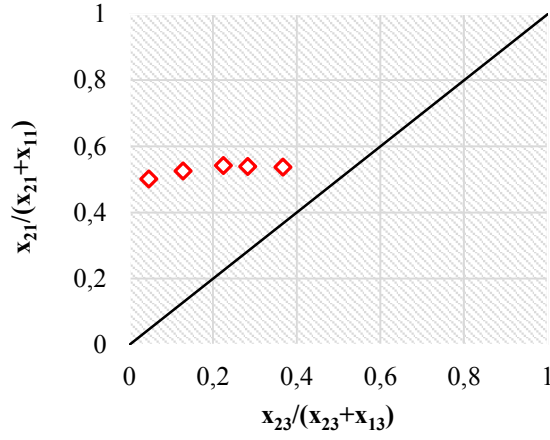
Tablo 4.32: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.8227	0.0479	0.1294	0.9528	0.0467	0.0005	0.0851	0.0857	0.8292
2	0.7679	0.1308	0.1013	0.8707	0.1283	0.0010	0.1762	0.1948	0.6290
3	0.7092	0.2191	0.0716	0.7733	0.2250	0.0017	0.2272	0.2687	0.5041
4	0.6652	0.2814	0.0534	0.7142	0.2827	0.0031	0.2686	0.3143	0.4171
5	0.6212	0.3462	0.0326	0.6274	0.3641	0.0085	0.3252	0.3773	0.2975

4.6.2 Su-Formik asit-2-Oktanone Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.33: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanone (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.05	0.50
2	0.13	0.53
3	0.23	0.54
4	0.28	0.54
5	0.37	0.54



Şekil 4.26: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.6.3 Su-Formik asit-2-Oktanon Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

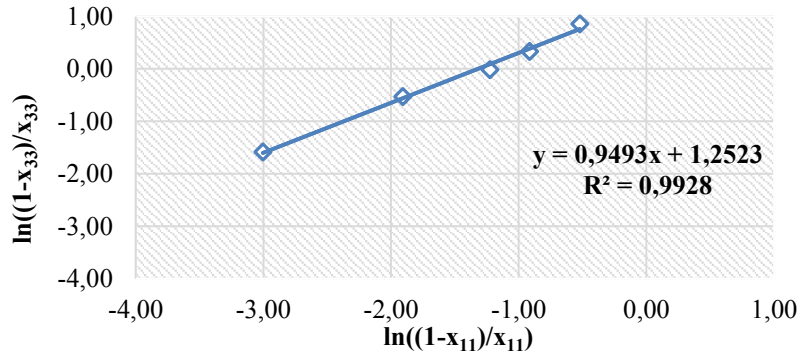
Tablo 4.34: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Deney No.	D_2	D_1	S
1	1.84	0.09	21
2	1.52	0.20	8
3	1.19	0.29	4
4	1.11	0.38	3
5	1.04	0.52	2

4.6.4 Su-Formik asit-2-Oktanon Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.35: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

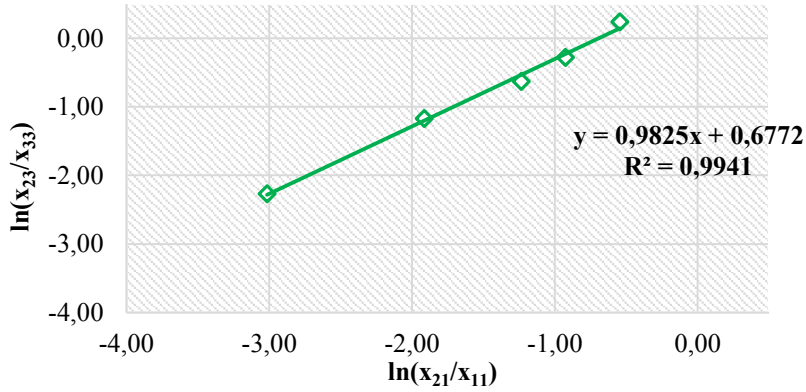
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-3.01	-1.58
2	-1.91	-0.53
3	-1.23	-0.02
4	-0.92	0.33
5	-0.52	0.86



Şekil 4.27: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.36: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

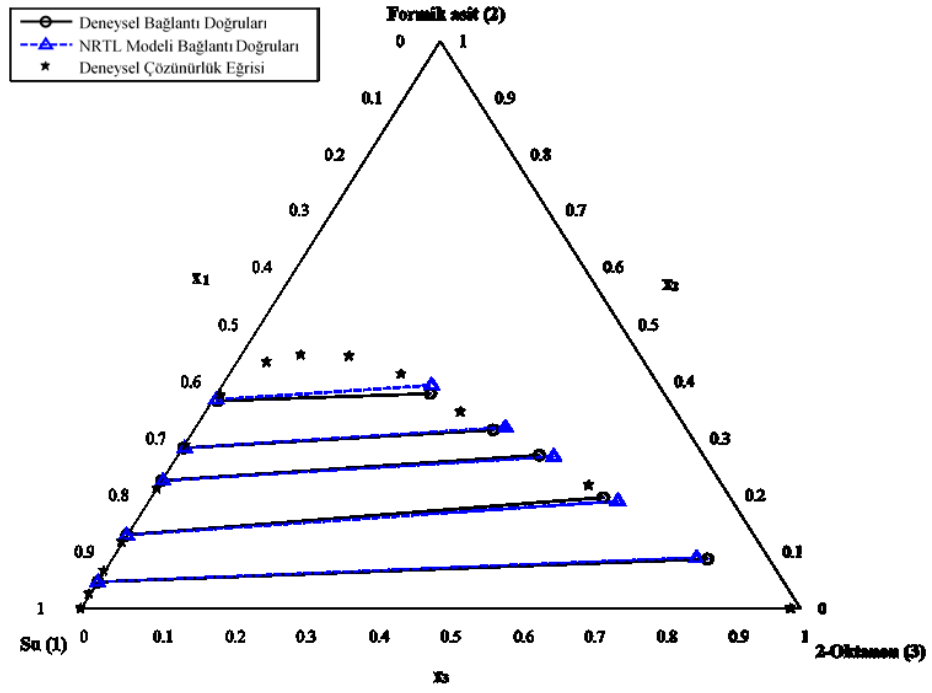
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.02	-2.27
2	-1.91	-1.17
3	-1.23	-0.63
4	-0.93	-0.28
5	-0.54	0.24



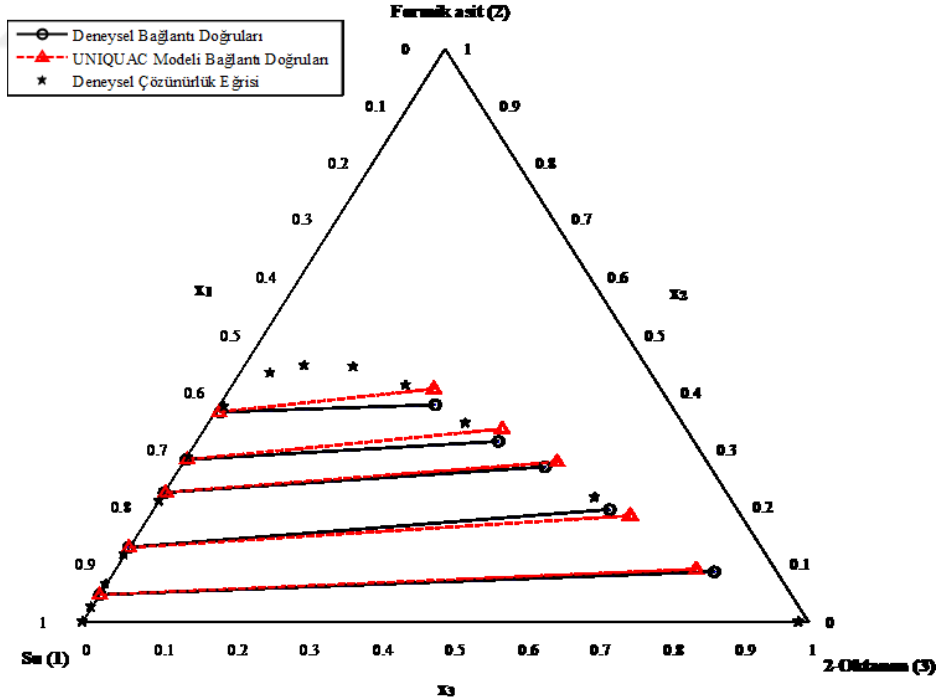
Şekil 4.28: Su (1)-Formik asit (2)-2-Oktanon (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.6.5 Su-Formik Asit-2-Oktanon Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-Formik Asit-2-Oktanon üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.29 ve 4.30 da verilmiştir.



Şekil 4.29: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanon (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.30: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanon (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.7 SU-FORMİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGESİ

4.7.1 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.37: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9984	0.0000	0.0016
2	0.9817	0.0156	0.0027
3	0.9458	0.0512	0.0030
4	0.9041	0.0912	0.0047
5	0.8219	0.1693	0.0088
6	0.7518	0.2367	0.0115
7	0.6390	0.3233	0.0377
8	0.1240	0.0758	0.8002
9	0.1561	0.1982	0.6457
10	0.2499	0.3200	0.4301
11	0.3399	0.3544	0.3057
12	0.4294	0.3705	0.2001
13	0.4840	0.3743	0.1417
14	0.1132	0.0000	0.8868

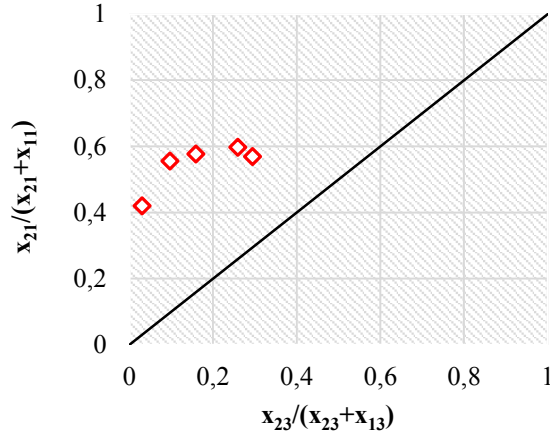
Tablo 4.38: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.8222	0.0407	0.1371	0.9672	0.0309	0.0019	0.1254	0.0910	0.7836
2	0.7668	0.1113	0.1219	0.8990	0.0967	0.0043	0.1494	0.1868	0.6638
3	0.7293	0.1683	0.1024	0.8357	0.1586	0.0057	0.1611	0.2195	0.6194
4	0.6543	0.2494	0.0963	0.7310	0.2558	0.0132	0.1714	0.2543	0.5743
5	0.6164	0.3056	0.0780	0.6932	0.2895	0.0173	0.2296	0.3032	0.4672

4.7.2 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.39: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.03	0.42
2	0.10	0.56
3	0.16	0.58
4	0.26	0.60
5	0.29	0.57



Şekil 4.31: Su (1)-Formik asit (2)-4 Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.7.3 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

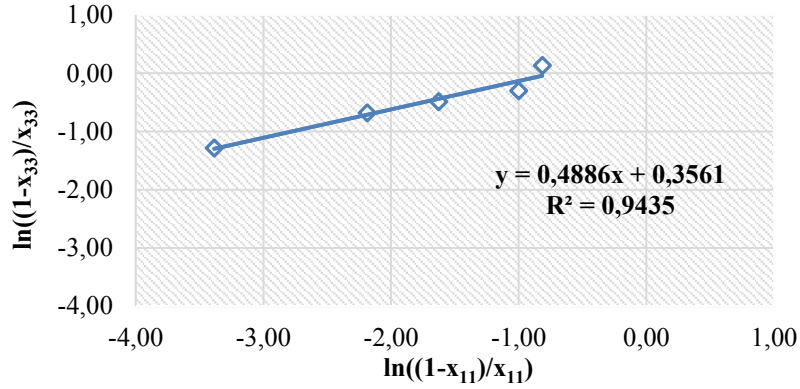
Tablo 4.40: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Deney No.	D_2	D_1	S
1	2.94	0.13	23
2	1.93	0.17	12
3	1.38	0.19	7
4	0.99	0.23	4
5	1.05	0.33	3

4.7.4 Su-Formik asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.41: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

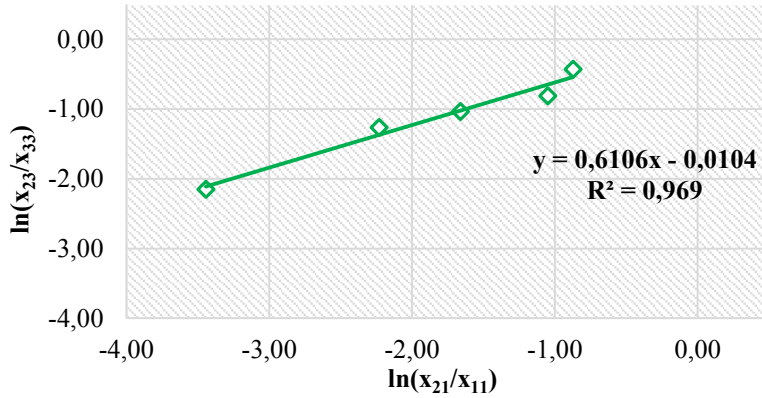
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-3.38	-1.29
2	-2.19	-0.68
3	-1.63	-0.49
4	-1.00	-0.30
5	-0.82	0.13



Şekil 4.32: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.42: Su (1)-Formik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

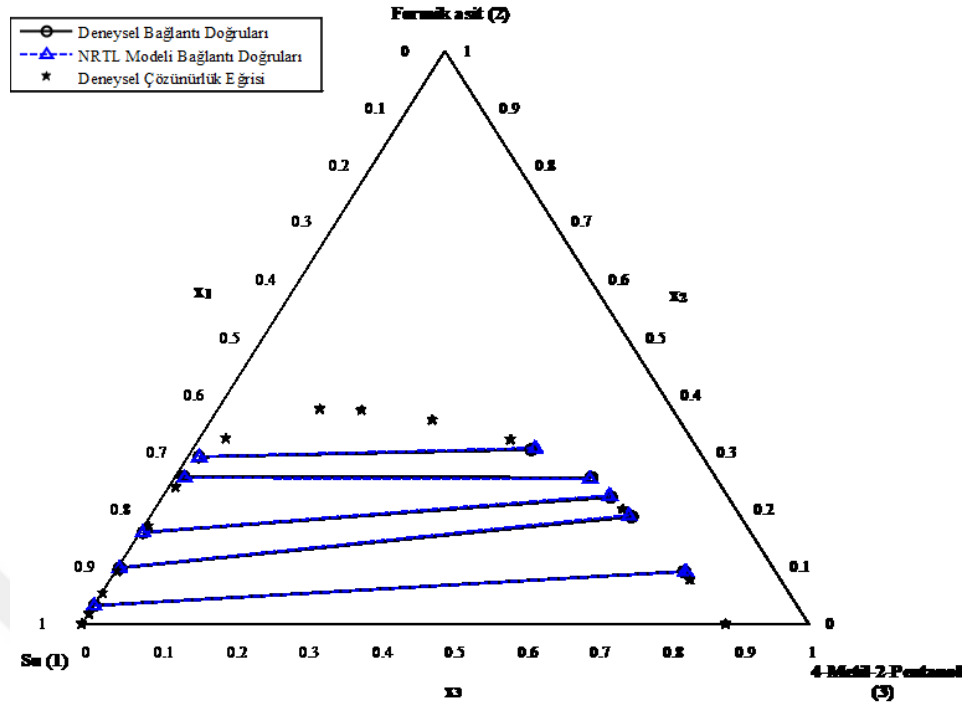
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.44	-2.15
2	-2.23	-1.27
3	-1.66	-1.04
4	-1.05	-0.81
5	-0.87	-0.43



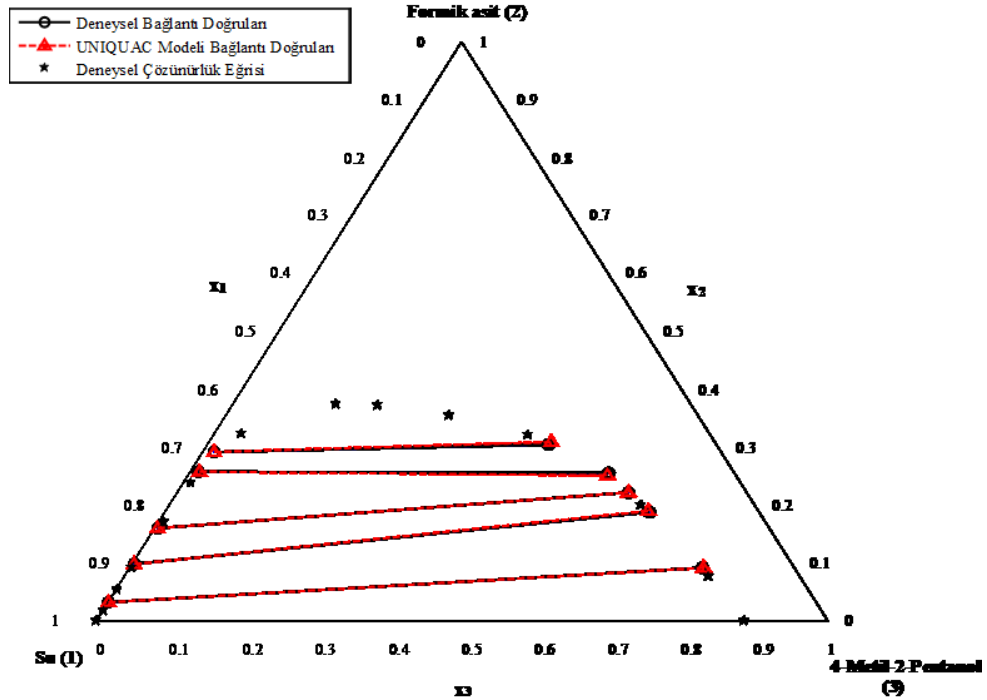
Şekil 4.33: Su (1)-Formik asit (2)-4 Metil-2-Pentanol (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.7.5 Su-Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-Formik Asit-4 Metil-2-Pentanol üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.34 ve 4.35 te verilmiştir



Şekil 4.34: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



Şekil 4.35: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.8 SU-FORMİK ASİT-TRİASETİN ÜÇLÜ SIVI-SIVI DENGİ SİSTEMİ

4.8.1 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Sıvı-Sıvı Denge Verileri

Tablo 4.43: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait çözünürlük eğrisi verileri.

Deney No.	x ₁	x ₂	x ₃
1	0.9960	0.0040	0.0000
2	0.9718	0.0214	0.0068
3	0.9138	0.0650	0.0212
4	0.8254	0.1064	0.0682
5	0.5251	0.0960	0.3789
6	0.7387	0.1232	0.1381
7	0.8738	0.0863	0.0399
8	0.7145	0.1255	0.1600
9	0.8471	0.0966	0.0563
10	0.1983	0.0000	0.8017

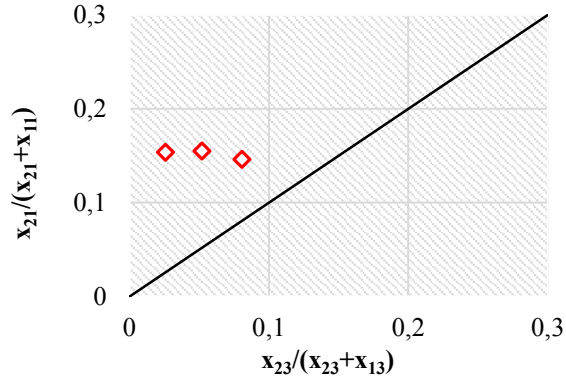
Tablo 4.44: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait bağlantı doğrusu verileri.

Deney No.	Karışım			Rafinat Faz			Solvent Faz		
	x ₁	x ₂	x ₃	x ₁₁	x ₂₁	x ₃₁	x ₁₃	x ₂₃	x ₃₃
1	0.9038	0.0305	0.0657	0.9667	0.0258	0.0075	0.4815	0.0874	0.4311
2	0.8877	0.0543	0.0580	0.9332	0.0513	0.0155	0.6020	0.1105	0.2875
3	0.8600	0.0842	0.0558	0.8900	0.0782	0.0318	0.7287	0.1248	0.1465

4.8.2 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Seçimlilik Diyagramı

Tablo 4.45: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik verileri.

Deney No.	$x_{21}/(x_{21}+x_{11})$	$x_{23}/(x_{23}+x_{13})$
1	0.03	0.15
2	0.05	0.16
3	0.08	0.15



Şekil 4.36: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait seçimlilik diyagramı.

4.8.3 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Dağılma Katsayısı ve Ayırma Faktörü Sonuçları

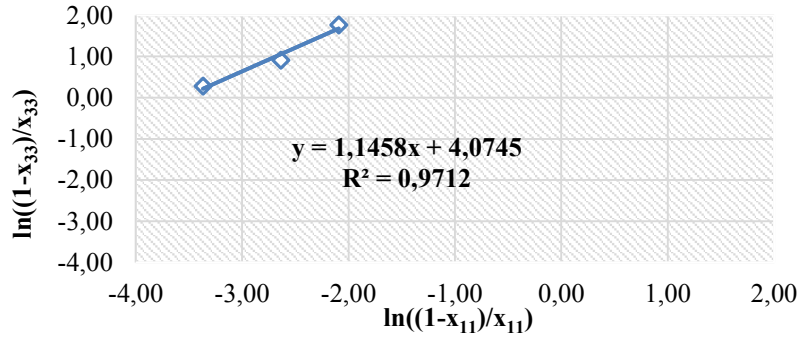
Tablo 4.46: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait dağılma katsayısı (D_i) ve ayırma faktörü (S) verileri.

Deney No.	D_2	D_1	S
1	3.39	0.50	7
2	2.15	0.65	3
3	1.60	0.82	2

4.8.4 Su-Formik asit-Triasetin Sistemine Ait Othmer-Tobias ve Hand Korelasyonları

Tablo 4.47: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu verileri.

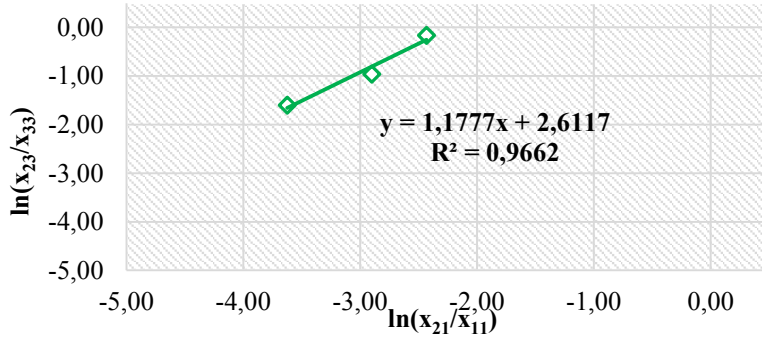
Deney No.	$\ln((1-x_{11})/x_{11})$	$\ln((1-x_{33})/x_{33})$
1	-3.37	0.28
2	-2.64	0.91
3	-2.09	1.76



Şekil 4.37: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Othmer-Tobias korelasyonu.

Tablo 4.48: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu verileri.

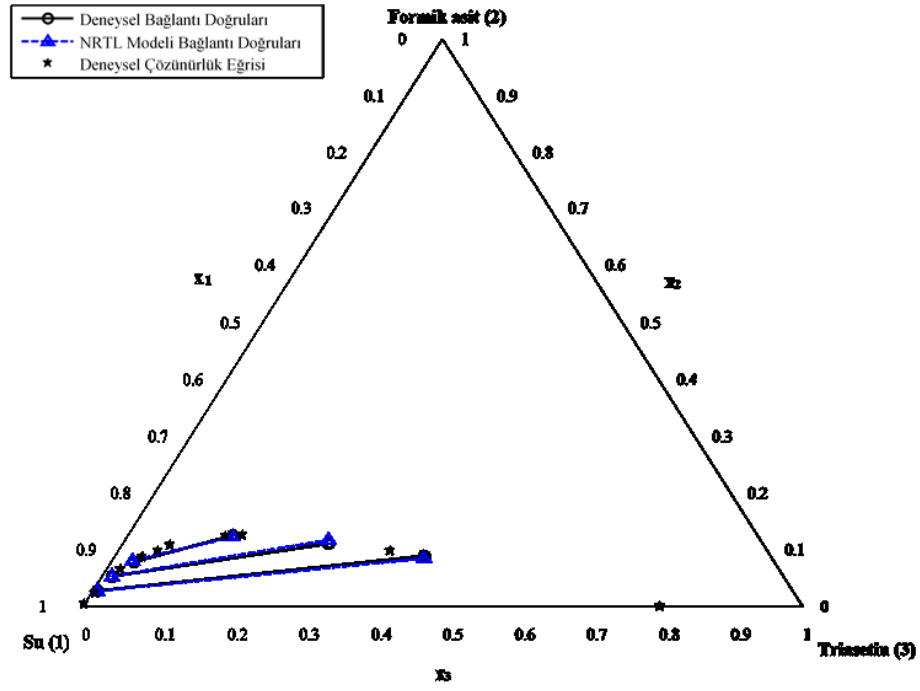
Deney No.	$\ln(x_{21}/x_{11})$	$\ln(x_{23}/x_{33})$
1	-3.62	-1.60
2	-2.90	-0.96
3	-2.43	-0.16



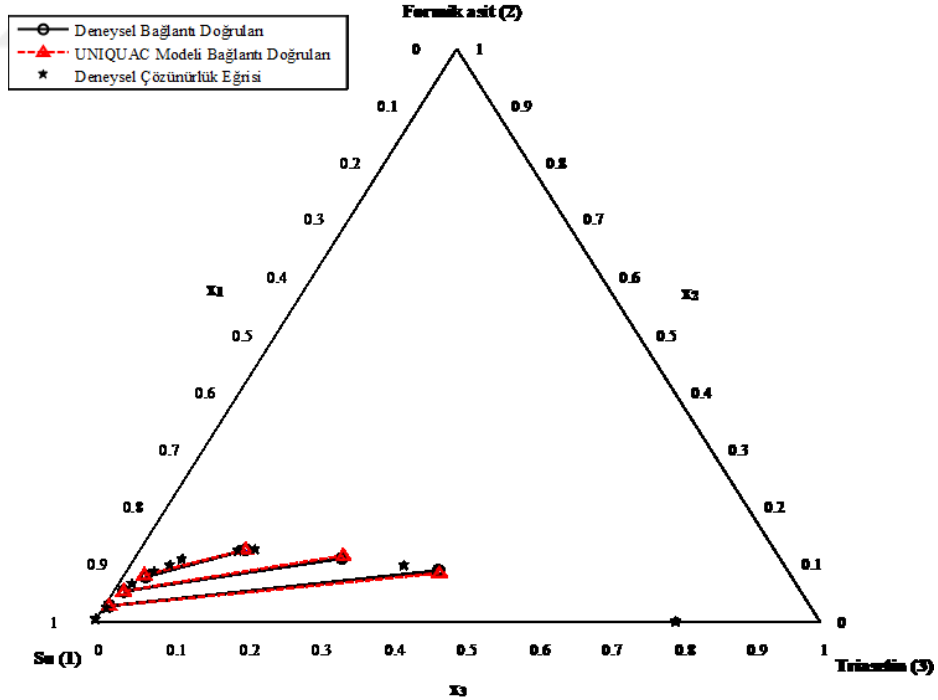
Şekil 4.38: Su (1)-Formik asit (2)-Triasetin (3) üçlü sıvı-sıvı denge sistemine ait Hand korelasyonu.

4.8.5 Su-Formik Asit-Triasetin Sistemine Ait Üçgen Faz Diyagramı

Su-Formik Asit-Triasetin üçlü sistemine ait deneysel veriler ile çizilen çözünürlük eğrisi, NRTL ve UNIQUAC modelleri ile hesaplanan bağlantı doğruları karşılaştırmalı olarak Şekil 4.39 ve 4.40 ta verilmiştir.



Şekil 4.39: Su (1)-Formik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve NRTL modeli bağlantı doğruları.



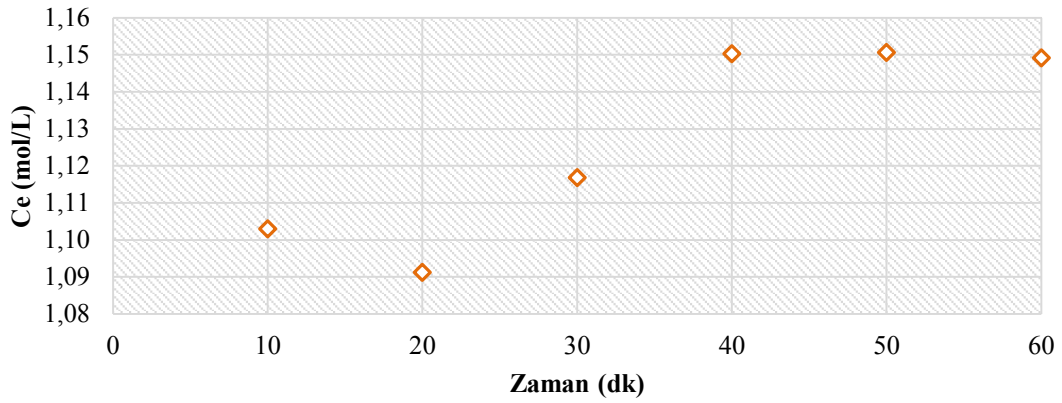
Şekil 4.40: Su (1)-Formik Asit (2)-Triasetin (3) sistemine ait çözünürlük eğrisi, deneysel ve UNIQUAC modeli bağlantı doğruları.

4.9 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

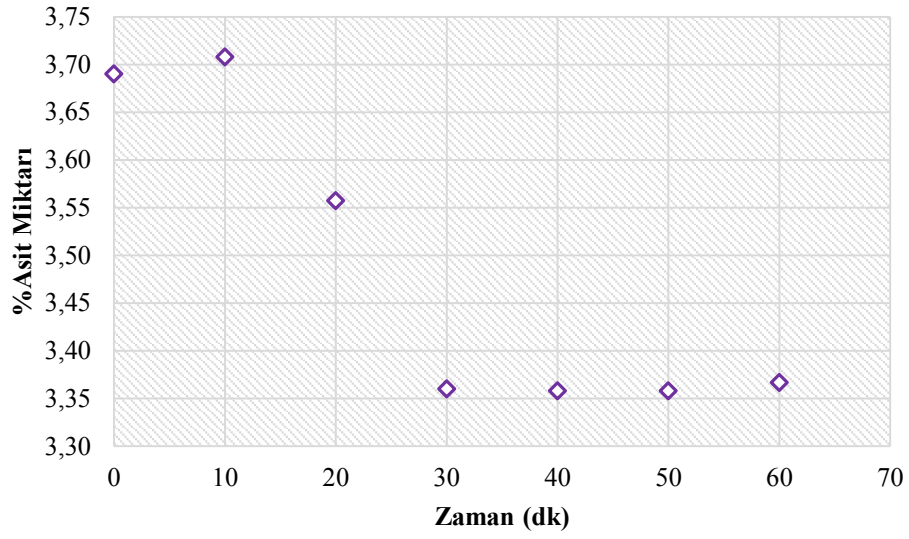
4.9.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.49: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	% Asit
1	0	1.7202	3.6900
2	10	1.1030	3.7079
3	20	1.0913	3.5573
4	30	1.1168	3.3600
5	40	1.1503	3.3581
6	50	1.1507	3.3581
7	60	1.1492	3.3669



Şekil 4.41: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



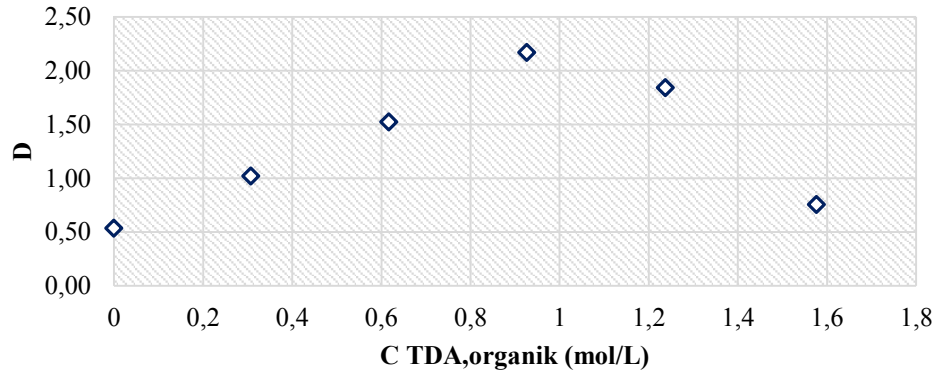
Şekil 4.42: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarı.

4.9.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler

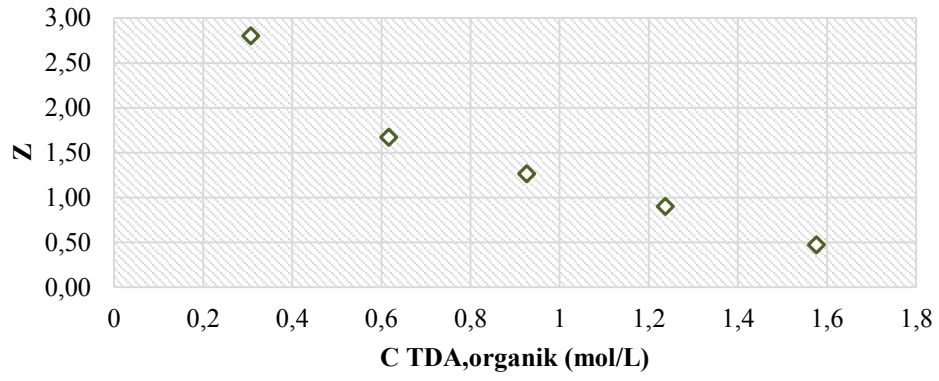
Tablo 4.50: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılıma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.

($C_{ao}=1.7207\text{mol/L}$)

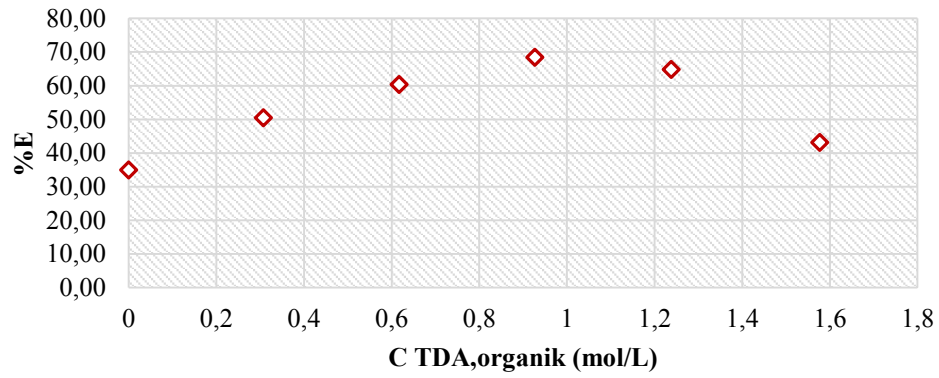
Deney No.	$C_{a,raf}$ (mol/L)	$C_{a,org}$ (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	%E
1	1.1212	0.5995	0.0000	0.5347	-	34.9557
2	0.8553	0.8654	0.3070	1.0195	2.8016	50.4815
3	0.6789	1.0418	0.6169	1.5238	1.6716	60.3780
4	0.5430	1.1777	0.9268	2.1689	1.2642	68.4385
5	0.6073	1.1134	1.2376	1.8418	0.8987	64.8112
6	0.9831	0.7376	1.5767	0.7566	0.4700	43.0696



Şekil 4.43: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılıma Katsayısı (D).



Şekil 4.44: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



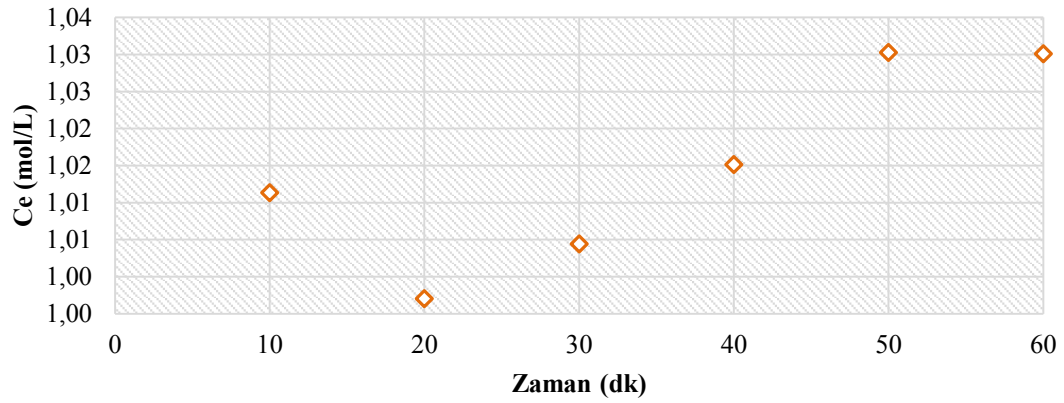
Şekil 4.45: Asetik asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.10 SU-ASETİK ASİT-2-OKTANON REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

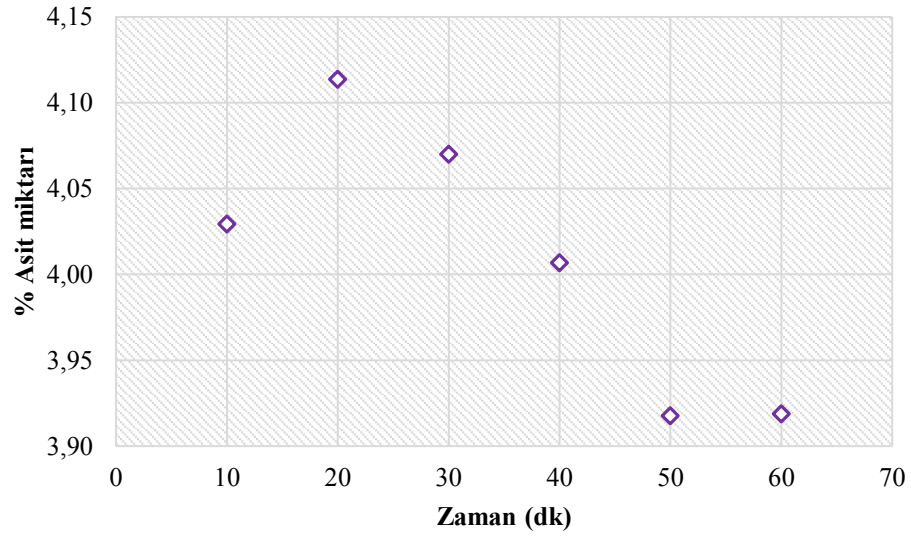
4.10.1 Su-Asetik Asit-2-Oktanon Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.51: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	%Asit miktarı
1	0	1.6953	10.1198
2	10	1.0113	4.0294
3	20	0.9970	4.1136
4	30	1.0044	4.0700
5	40	1.0151	4.0068
6	50	1.0303	3.9177
7	60	1.0301	3.9188



Şekil 4.46: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanon (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



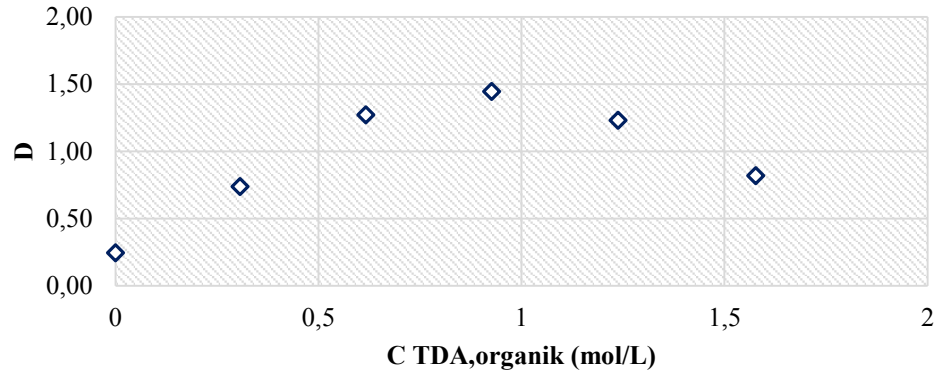
Şekil 4.47: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.

4.10.2 Su-Asetik Asit-2-Oktanone Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler

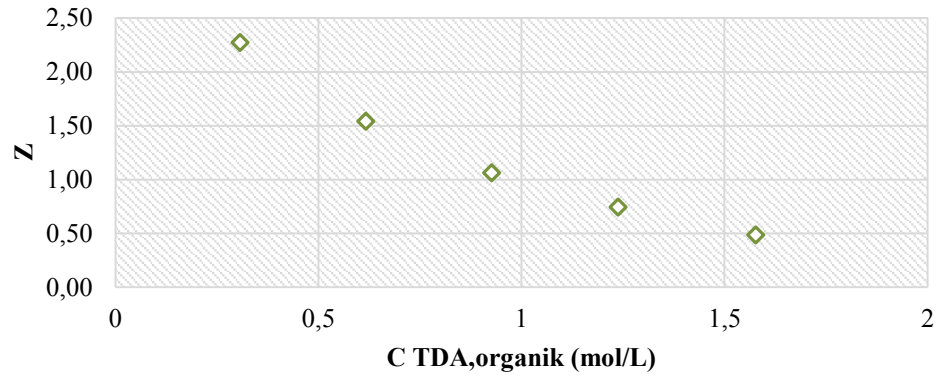
Tablo 4.52: Su (1)-Asetik asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılım katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.

($C_{ao}=1.6953$ mol/L)

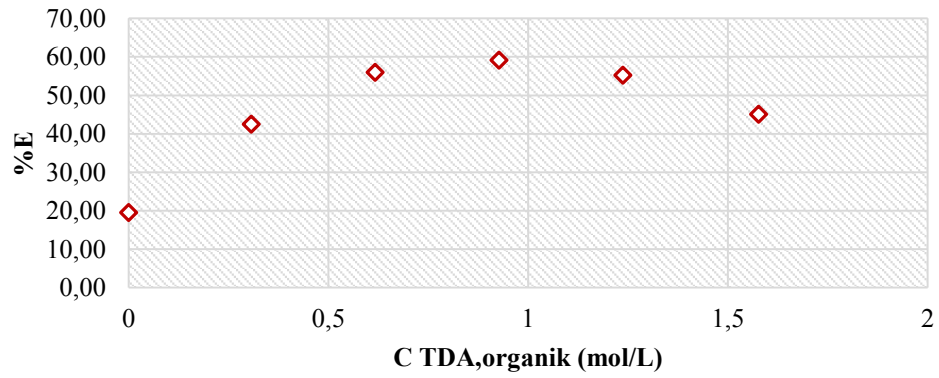
Deney No.	$C_{a,raf}$ (mol/L)	$C_{a,org}$ (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	%E
1	1.3618	0.3335	0.0000	0.2449	-	19.4489
2	0.9750	0.7203	0.3070	0.7380	2.2709	42.4564
3	0.7470	0.9483	0.6169	1.2704	1.5403	55.9503
4	0.6919	1.0034	0.9268	1.4442	1.0635	59.0860
5	0.7598	0.9355	1.2376	1.2315	0.7440	55.1860
6	0.9298	0.7655	1.5767	0.8186	0.4840	45.0108



Şekil 4.48: Asetik asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılıma Katsayısı (D).



Şekil 4.49: Asetik asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



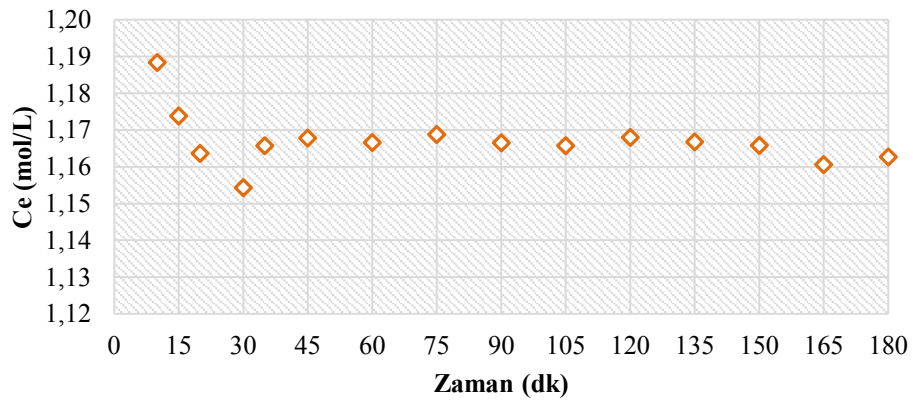
Şekil 4.50: Asetik asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.11 SU-ASETİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

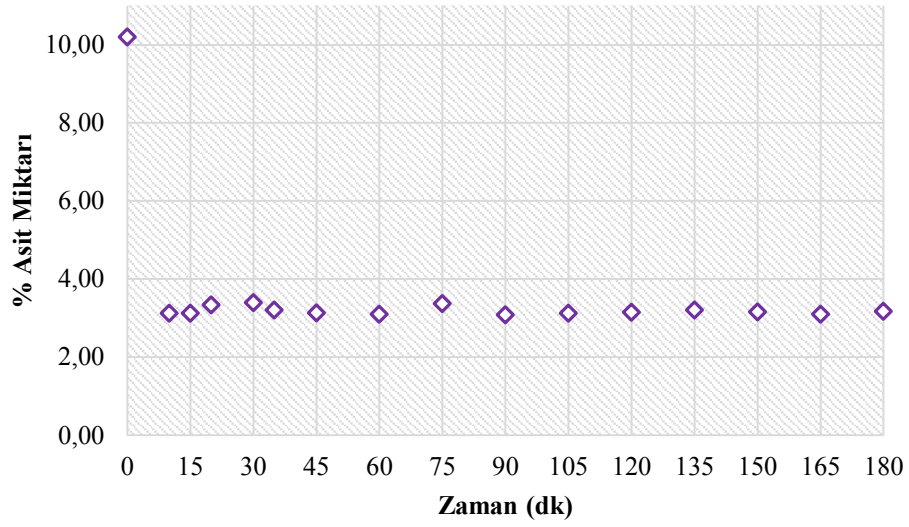
4.11.1 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.53: Su (1)-Asetik asit (2)-4 Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	%Asit miktarı
1	0	1.6950	10.2000
2	10	1.1884	3.1220
3	15	1.1738	3.1221
4	20	1.1636	3.3379
5	30	1.1543	3.3926
6	35	1.1657	3.2096
7	45	1.1678	3.1322
8	60	1.1666	3.0972
9	75	1.1688	3.3708
10	90	1.1665	3.0869
11	105	1.1657	3.1234
12	120	1.1680	3.1494
13	135	1.1668	3.2045
14	150	1.1658	3.1614
15	165	1.1606	3.1036
16	180	1.1627	3.1702



Şekil 4.51: Su (1)-Asetik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



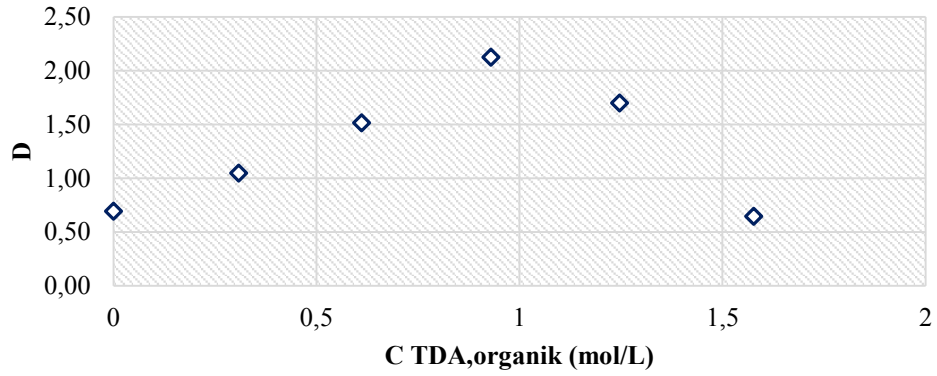
Şekil 4.52: Su (1)-Asetik asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.

4.11.2 Su-Asetik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler

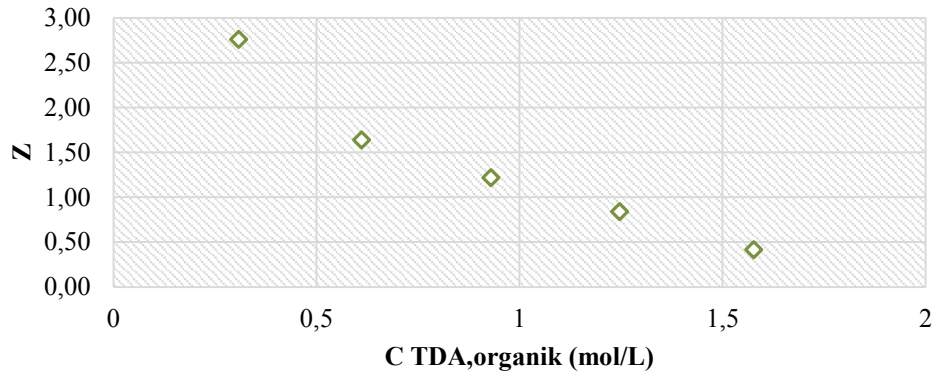
Tablo 4.54: Su (1)-Asetik asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılım katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.

($C_{ao}=1.6666$ mol/L)

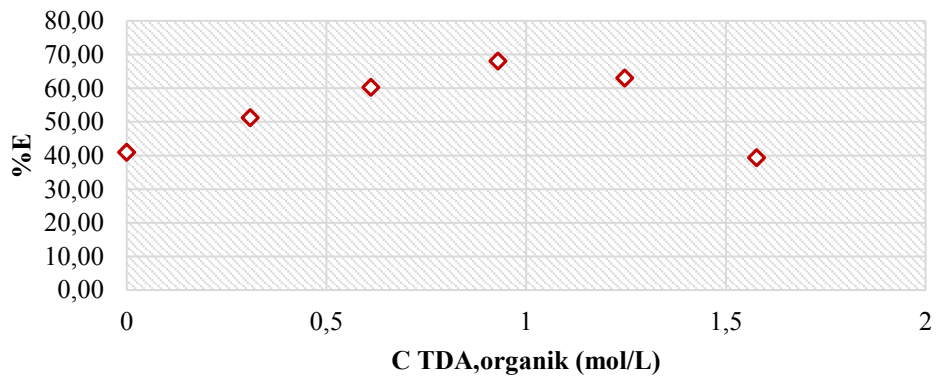
Deney No.	$C_{a,raf}$ (mol/L)	$C_{a,org}$ (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	%E
1	0.9940	0.6726	0.0000	0.6923	-	40.9069
2	0.8120	0.8546	0.3088	1.0489	2.7603	51.1501
3	0.6641	1.0025	0.6116	1.5137	1.6410	60.2156
4	0.5277	1.1389	0.9297	2.1250	1.2189	67.9976
5	0.6128	1.0538	1.2468	1.6996	0.8415	62.9534
6	1.0144	0.6522	1.5767	0.6469	0.4152	39.2776



Şekil 4.53: Asetik asit-4 Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılıma Katsayısı (D).



Şekil 4.54: Asetik asit-4 Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



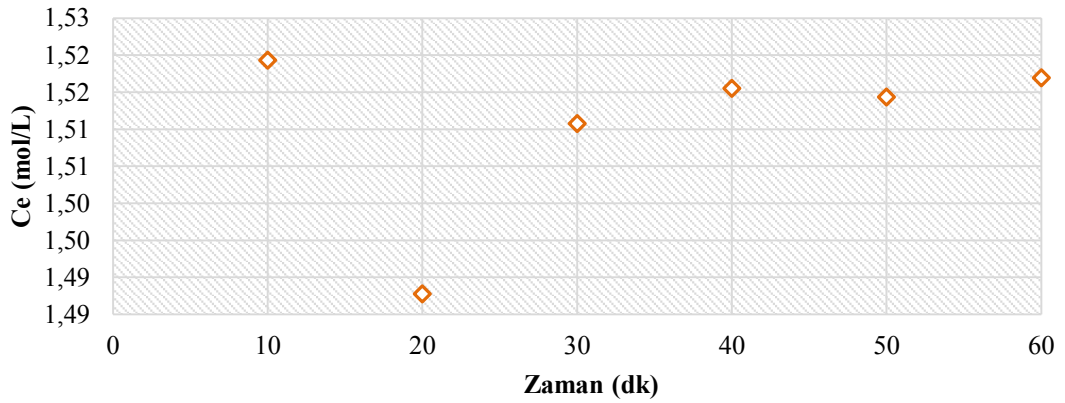
Şekil 4.55: Asetik asit-4 Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.12 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

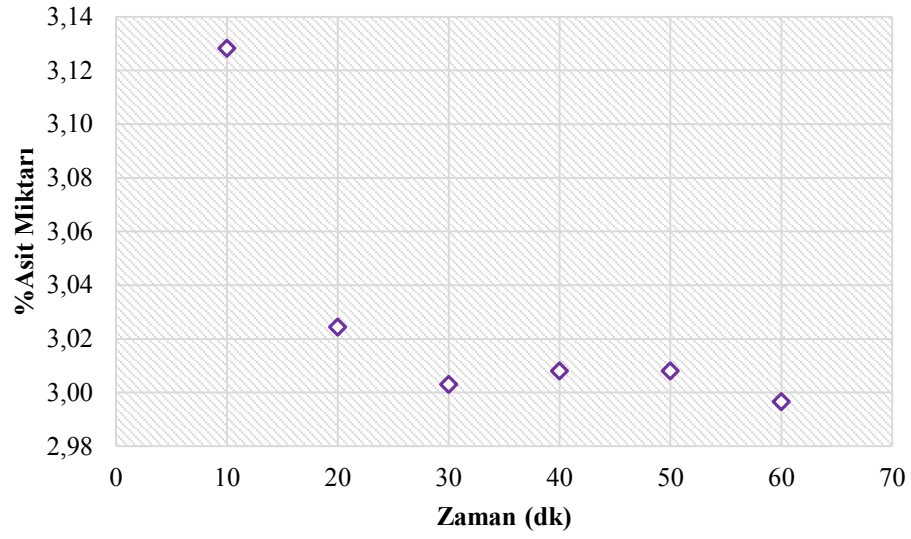
4.12.1 Su-Formik Asit-2-Oktanöl Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.55: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	%Asit miktarı
1	0	2.1806	3.6900
2	10	1.5193	3.1283
3	20	1.4878	3.0243
4	30	1.5108	3.0030
5	40	1.5155	3.0081
6	50	1.5144	3.0081
7	60	1.5169	2.9966



Şekil 4.56: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanöl (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



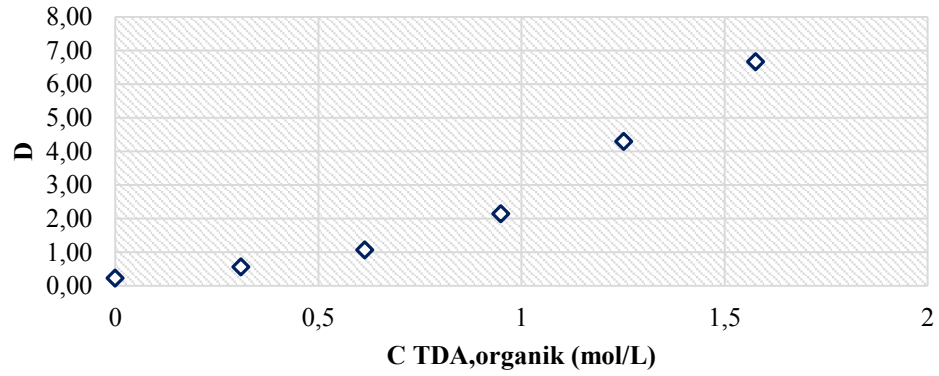
Şekil 4.57: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.

4.12.2 Su- Formik Asit -2-Oktanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler

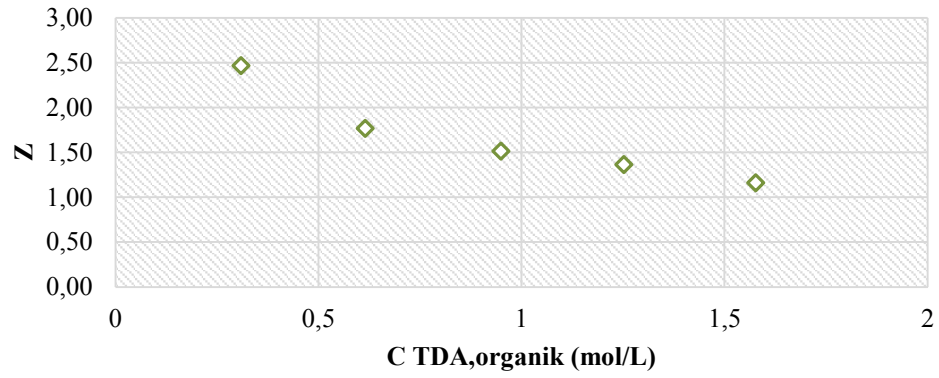
Tablo 4.56: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılıma katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.

($C_{ao}=2.1079$ mol/L)

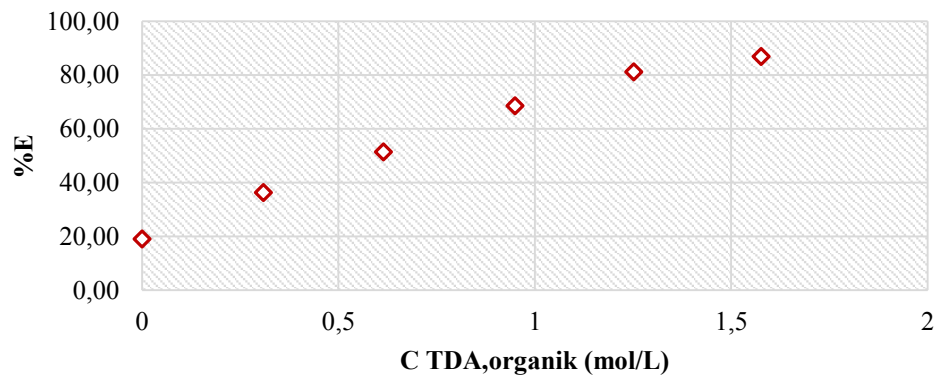
Deney No.	Ca,raf (mol/L)	Ca,org (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	E
1	1.7063	0.4016	0.0000	0.2354	-	19.0503
2	1.3452	0.7627	0.3070	0.5671	2.4670	36.3727
3	1.0215	1.0864	0.6169	1.0636	1.7672	51.3824
4	0.6702	1.4377	0.9268	2.1461	1.5141	68.5296
5	0.3981	1.7098	1.2376	4.2958	1.3661	81.1364
6	0.2749	1.8330	1.5767	6.6678	1.1626	86.8801



Şekil 4.58: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).



Şekil 4.59: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



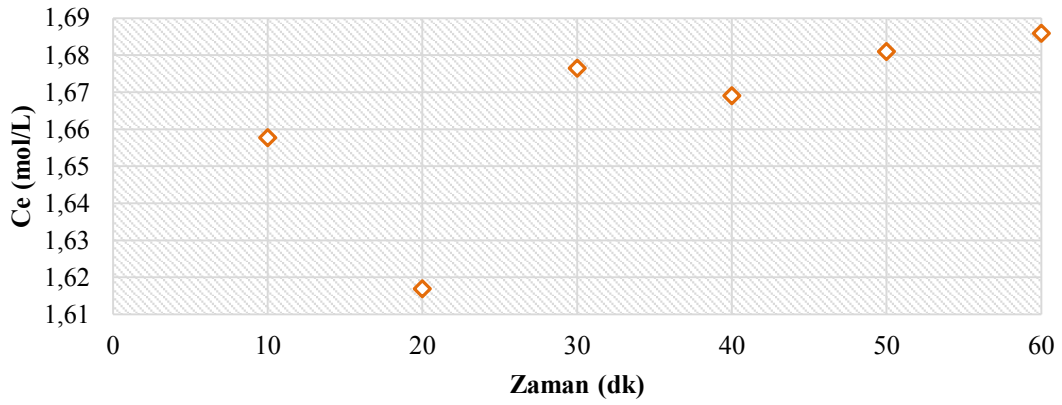
Şekil 4.60: Formik Asit-2-Oktanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.13 SU-FORMİK ASİT-2-OKTANON REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

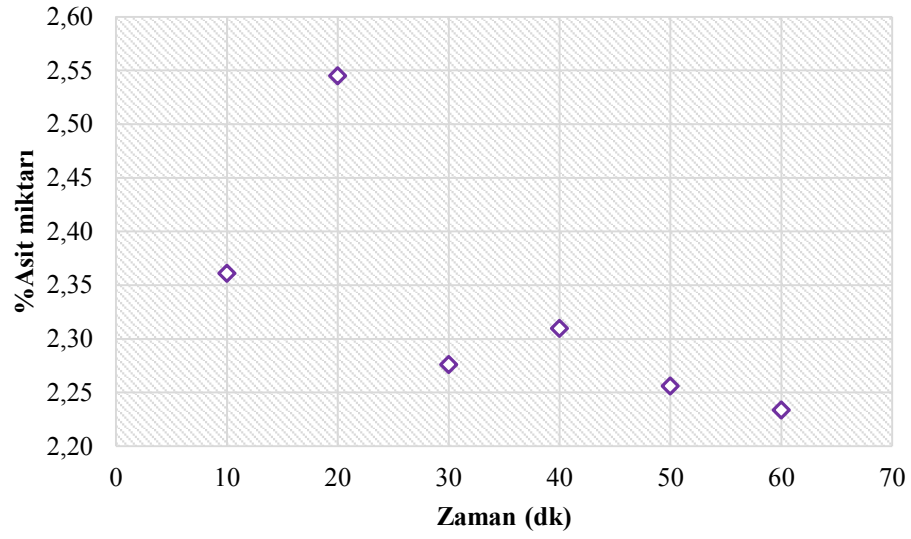
4.13.1 Su-Formik Asit-2-Oktanone Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.57: Su (1)-Formik Asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	%Asit miktarı
1	0	2.1806	10.2000
2	10	1.6577	2.3610
3	20	1.6170	2.5449
4	30	1.6765	2.2760
5	40	1.6690	2.3099
6	50	1.6809	2.2560
7	60	1.6859	2.2338



Şekil 4.61: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



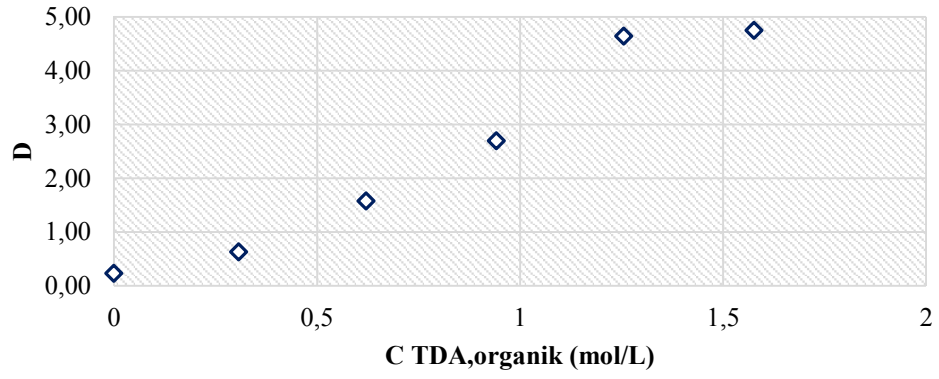
Şekil 4.62: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.

4.13.2 Su- Formik Asit -2-Oktanone Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Deneysel Veriler

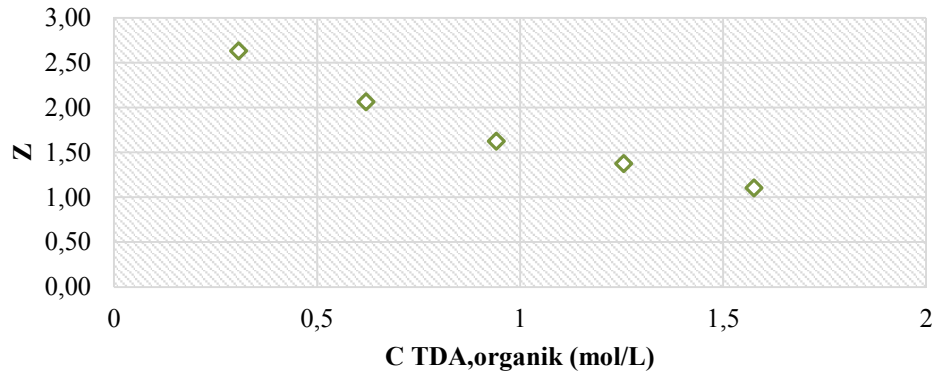
Tablo 4.58: Su (1)- Formik Asit (2)-2-Oktanone (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılım katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri.

($C_{ao}=2.1079$ mol/L)

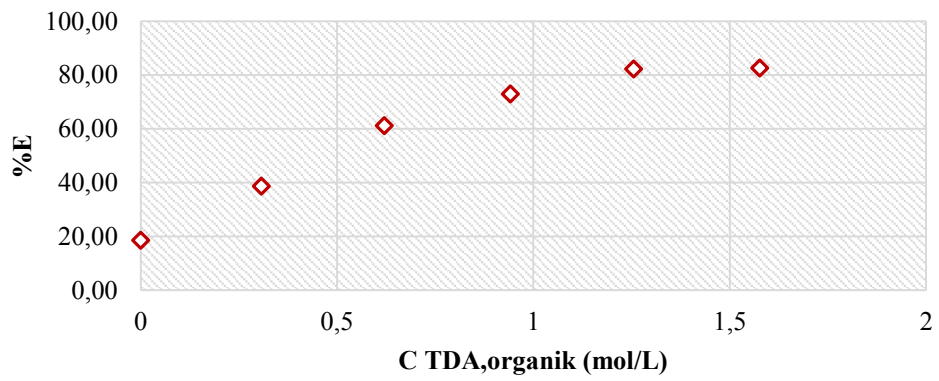
Deney No.	$C_{a,raf}$ (mol/L)	$C_{a,org}$ (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	E
1	1.7115	0.3964	0.0000	0.2316	-	18.6361
2	1.2918	0.8161	0.3070	0.6333	2.6331	38.7714
3	0.8186	1.2893	0.6169	1.5785	2.0630	61.2173
4	0.5699	1.5380	0.9268	2.6981	1.6254	72.9574
5	0.3749	1.7330	1.2376	4.6432	1.3775	82.2747
6	0.3679	1.7400	1.5767	4.7453	1.1042	82.5904



Şekil 4.63: Formik Asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılım Katsayısı (D).



Şekil 4.64: Formik Asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



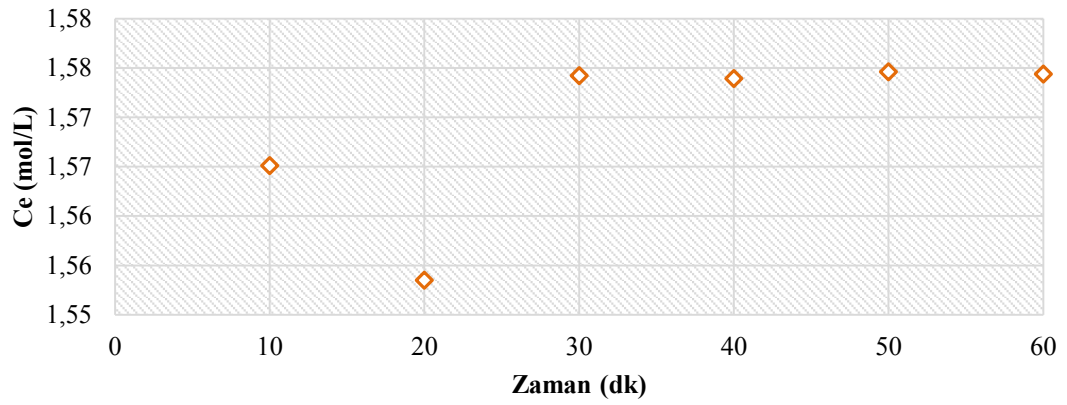
Şekil 4.65: Formik Asit-2-Oktanone için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.14 SU-FORMİK ASİT-4-METİL-2-PENTANOL REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

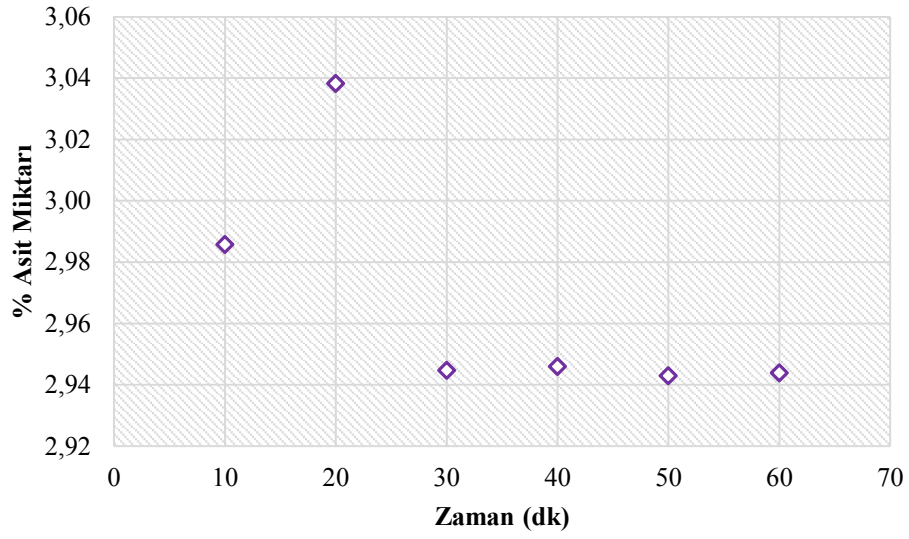
4.14.1 Su-Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine Ait Zaman Verileri

Tablo 4.59: Su (1)-Formik Asit (2)-4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman ve yüzde asit verileri.

Deney No.	t (dk)	Ce (mol/L)	%Asit miktarı
1	0	2.2264	10.0500
2	10	1.5651	2.9858
3	20	1.5535	3.0383
4	30	1.5742	2.9447
5	40	1.5739	2.9460
6	50	1.5746	2.9430
7	60	1.5744	2.9440



Şekil 4.66: Su (1)- Formik Asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait zaman denemesi.



Şekil 4.67: Su (1)- Formik Asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait yüzde asit miktarları.

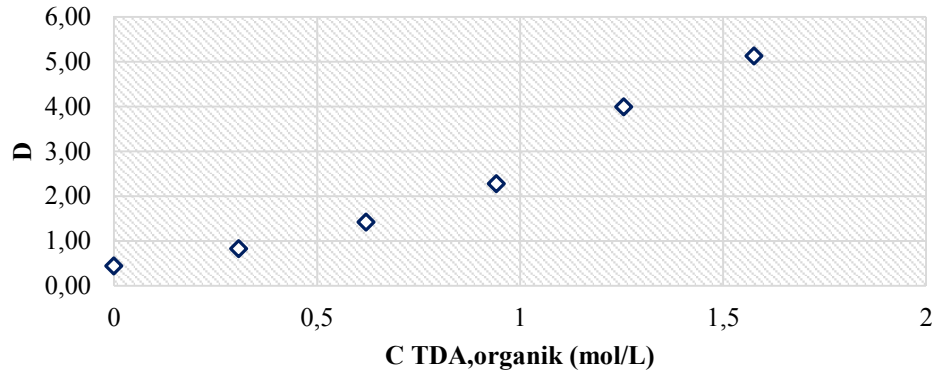
4.14.2 Su-Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol Reaktif Ekstraksiyon Sistemine ait Deneysel

Veriler

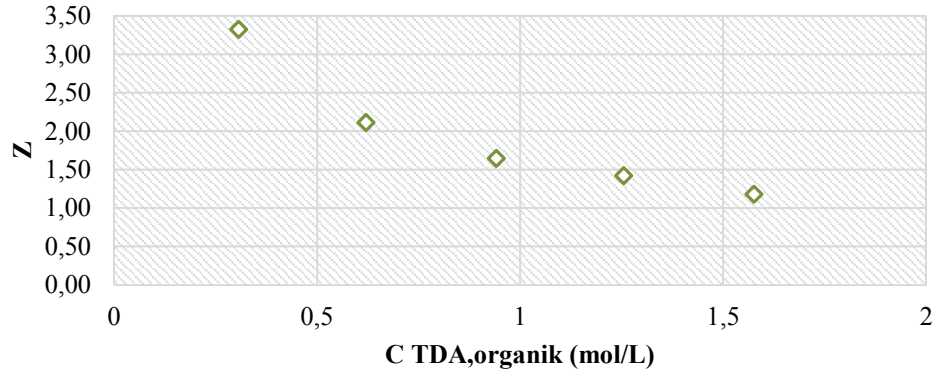
Tablo 4.60: Su (1)- Formik Asit (2)- 4-Metil-2-Pentanol (3) reaktif ekstraksiyon sistemine ait Dağılım katsayısı (D), Yükleme Faktörü (Z), Ekstraksiyon derecesi % (E) verileri

($C_{ao}=2.2264$ mol/L)

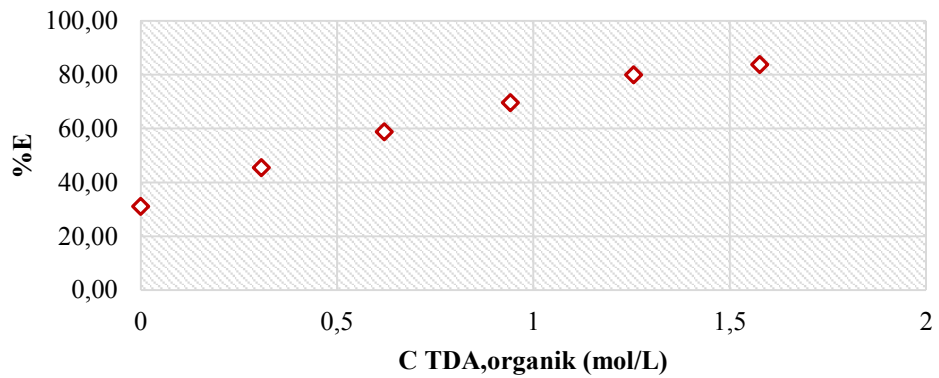
Deney No.	Ca,raf (mol/L)	Ca,org (mol/L)	C TDA,organik (mol/L)	D	Z	E
1	1.5378	0.6886	0.0000	0.4478	-	31.0258
2	1.2204	1.0060	0.3070	0.8320	3.3246	45.4141
3	0.9161	1.3103	0.6169	1.4243	2.1138	58.7502
4	0.6775	1.5489	0.9268	2.2820	1.6479	69.5260
5	0.4439	1.7825	1.2376	3.9942	1.4225	79.9758
6	0.3615	1.8649	1.5767	5.1267	1.1816	83.6769



Şekil 4.68: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Dağılma Katsayısı (D).



Şekil 4.69: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Yükleme Faktörü (Z).



Şekil 4.70: Formik Asit-4-Metil-2-Pentanol için Tridodesilamin konsantrasyonuna karşı Ekstraksiyon derecesi (%E).

4.15 SU-ASETİK ASİT-TRİASETİN REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

Triasetin için yapılan reaktif ekstraksiyon denemelerinde 3 faz gözlemlenmiştir. Bu sebeple analiz sorunu yaşandığı için deneyler tamamlanamamıştır.

4.16 SU-FORMİK ASİT-TRİASETİN REAKTİF EKSTRAKSİYON SİSTEMİ

Triasetin için yapılan, reaktif ekstraksiyon denemelerinde 3 faz gözlemlenmiştir. Bu sebeple analiz sorunu yaşandığı için deneyler tamamlanamamıştır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

“Farklı Ekstraksiyon Yöntemleri ile Organik Asitlerin Sulu Çözeltiden Ayrılması” başlıklı tez çalışması üç aşamadan oluşmuştur: Birinci aşama, asetik asit ve formik asit 4 farklı çözücü ile sıvı-sıvı denge verilerinin deneysel olarak belirlenmesidir. Bu çalışmada 2-oktanol, 2-oktanon, 4-metil-2-pentanol, triasetin çalışılan çözücülerdir. Deneyler 25 °C’de, atmosfer basıncında yapılmıştır. İkinci aşama, deneysel verilerin, farklı yöntemlerle modellenmesi ve sonuçların karşılaştırılmasıdır. Üçüncü aşama ise, asetik ve formik asitin sulu çözeltiden reaktif ekstraksiyon ile ayrılmasının incelenmesidir. Bunun için yukarıda bahsedilen 4 farklı çözücüyle birlikte tridodesilamin kullanılmıştır.

Çalışılan sistemler için dağılma katsayıları, ayırma faktörleri ve seçimlilikleri değerleri hesaplanmıştır. Kullanılan çözücüler için asitlerin dağılma katsayıları ve ayırma faktörleri göz önüne alınıp karşılaştırılmıştır. Asetik asit için; dağılma katsayısına göre triasetin, ayırma faktörüne göre 2-oktanon daha etkindir. Formik asit için; dağılma katsayısına göre triasetin, ayırma faktörüne göre 4-metil-2-pentanol daha etkindir. Asetik asit için dağılma katsayısına göre bir sıralama yapılacak olursa; triasetin > 4-metil-2-pentanol > 2-oktanol > 2-oktanon yazılabilir. Ayırma faktörü açısından bir sıralama yapılacak olursa; 2-oktanon > 2-oktanol > 4-metil-2-pentanol > triasetin yazılabilir. Formik asit için dağılma katsayısına göre bir sıralama yapılacak olursa; triasetin > 4-metil-2-pentanol > 2-oktanol > 2-oktanon. Ayırma faktörü açısından bir sıralama yapılacak olursa; 4-metil-2-pentanol > 2-oktanon > 2-oktanol > triasetin yazılabilir.

Deneysel bağlantı doğrularının güvenilirliği Othmer-Tobias ve Hand korelasyonları ile test edilmiştir. Asetik asit ile çalışılan üçlü sistemlerin korelasyon katsayıları (R^2) Othmer-Tobias için 0.9966-0.9686; Hand için 0.9995-0.9859 arasındadır. Formik asit ile çalışılan üçlü sistemlerin korelasyon katsayıları (R^2) Othmer-Tobias için 0.9928-0.9435; Hand için 0.9941-0.9662 arasındadır. Bu değerler 1’e yakın olduklarından deneysel bağlantı doğrularının güvenilir olduğunu söyleyebiliriz. Elde edilen Othmer-Tobias ve Hand korelasyonlarının parametreleri Tablo 5.1’de verilmiştir.

Tablo 5.1: Othmer-Tobias ve Hand korelasyon parametreleri.

	Othmer-Tobias Korelasyon Parametreleri		Hand Korelasyon Parametreleri	
	A	B	A'	B'
AA-2OL	2.2954	1.1604	1.2537	0.9108
AA-2ON	2.3774	1.4348	1.4412	1.1547
AA-4M2P	3.0130	1.1288	2.0316	1.0911
AA-TR	3.7580	1.0667	2.7242	1.1836
FA-2OL	0.8019	0.7066	0.3528	0.7887
FA-2ON	1.2523	0.9493	0.6772	0.9825
FA-4M2P	0.3561	0.4886	-0.0104	0.6106
FA-TR	4.0745	1.1458	2.6117	1.1777

Su-asit-çözücü üçlü sistemlerine ait deneysel bağlantı doğrusu verilerinin korelasyonu NRTL ve UNIQUAC modelleri ile yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Modellerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi için RMSD değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2: NRTL ve UNIQUAC modellerinden elde edilen RMSD değerleri.

Üçlü Sistem	RMSD Değerleri	
	NRTL Modeli	UNIQUAC Modeli
Su + Asetik asit + 2-Oktanol	0.0100	0.0107
Su + Asetik asit + 2-Oktanon	0.0161	0.0112
Su + Asetik asit + 4-Metil-2-Pentanol	0.0070	0.0033
Su + Asetik asit + Triasetin	0.0010	0.0004
Su + Formik asit + 2-Oktanol	0.0125	0.0092
Su + Formik asit + 2-Oktanon	0.0104	0.0139
Su + Formik asit + 4-Metil-2-Pentanol	0.0019	0.0019
Su + Formik asit + Triasetin	0.0019	0.0015

RMSD değerleri incelendiğinde, NRTL ve UNIQUAC modellerinin deneysel verilerle uyumlu sonuçlar verdiği gözlenir. En düşük RMSD değeri asetik ve formik asit için triasetin çözücüsüne aittir.

Reaktif ekstraksiyon sistemlerinde dağılma katsayısı ve ekstraksiyon derecelerine göre karşılaştırılmıştır. Dağılma katsayılarının büyük olması daha az çözücü kullanarak ayırma

yapmayı sağladığı için tercih edilmektedir. Ekstraksiyon derecesinin de büyük olması istenir. Asetik asit ile yapılan denemelerde, dağılma katsayısı ve ekstraksiyon derecesi, 3 ml TDA+ 2ml çözücü + 5ml asit kullanılan sistemler için daha yüksektir. İlk başta artan değerler bu bileşimden sonra azalmaya başlamıştır. En verimli olan çözücü ise 2-oktanol'dur. Formik asit kullanılan denemelerde ise, dağılma katsayısı ve ekstraksiyon derecesi 5ml TDA+ 0ml çözücü+5ml asit kullanılan üçlü sistemlerin daha yüksektir. TDA kullanmak daha iyi ayırma sağlasada, kullanmadan önce, çevresel ve ekonomik değerlendirmeler yapılmalıdır.



KAYNAKLAR

- [1]. Djas M., Henezka M., 2018, Reactive extraction of caboxylic acids using organic solvents and supercritical fluids: A review, *Seperation and Purification Technology*, 201, 106-119.
- [2]. Oliveira L. H., Morgado G. P., Boni R., Roque L. R., Pinto R. R., Rabelo S. C., 2019, Liquid-liquid equilibrium data and thermophysical properties for ternary systems composed of water, acetic acid and different solvents, *Fluid Phase Equilibria*, 482, 48-63.
- [3]. Lo T. C., Baird M. H. I., Hanson C., 1991, *Handbook of Solvent Extraction*, Krieger Publishing Company, USA, ISBN 0-89464-546-3.
- [4]. Senol A., Bilgin M., Basliooglu B., Nezhaad G. V., 2016, Modeling phase equilibria of ternary system (water+formic acid+ester or alcohol) through UNIFAC-orginal, SERLAS, NRTL, NRTL-modified, and three-suffix Margules: Parameter estimation using genetic algorithm, *Fluid Phase Equilibria*, 429, 254-265.
- [5]. Özmen D., 2018, “İyon Değiştirme ve Ekstraksiyon” dersi Ders Notu.
- [6]. Keing E. Y., Gorak A., Bart H. J., 2004, *Reactive Separations in Fluid Systems*, Marcel Dekker.
- [7]. Birman İ., 2008, *Organik Asidlerin Fosforlu Bileşiklerle ve Aminlerle Ekstraksiyon Dengesinin İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [8]. Sağlam D., 2011, *Fermentasyon Ortamından Laktik Asitin Ayrılması*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi.
- [9]. Seader J. D., Henley E. J., Roper D. K., 2011, *Separation Process Principles: Chemical and Biochemical Operations*, 3rd ed., John Wiley & Sons, Inc., USA, ISBN 978-0-470-48183-7.
- [10]. Muller E., Berger R., Blass E., Sluyts D., PFENNIG A., 2015, *Liquid–Liquid Extraction*, Wiley-VCH
- [11]. Hong Y. K., Hong W. H., Han D. H., 2001, Application of reactive extraction to recovery of carboxylic acids, *Biotechnol, Bioprocess Eng.*, 6, 386-394.

- [12]. <http://www.merckmillipore.com>, [Ziyaret tarihi: 13 Mart 2019].
- [13]. Yalçinkaya Ö., 2018, *Heterosiklik Monokarboksilik Asitlerin Sulu Çözeltilerden Amin/seyreltici Çözücü Sistemi ile Ekstraksiyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [14]. <http://web.mit.edu/10.213/oldpages/f99/diagrams/phase/gibbs/index.html>, [Ziyaret tarihi: 24 Mayıs 2019].
- [15]. İnan A., 2010, *Formik, Asetik ve Propiyonik Asidin Borat ve Fosfat İçeren İyonik Sıvılarla Ekstraksiyonun İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [16]. Treybal, R.E., 1963, *Liquid Extraction*, 2nd ed., McGraw-Hill Book Company, USA.
- [17]. Rydberg, J., Cox, M., Musikas, C. and Choppin, G.R., 2004, *Solvent Extraction Principles and Practice*, 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., USA.
- [18]. M. B. King, Phase Equilibrium in Mixtures, Pergamon, Oxford, 1969.
- [19]. Renon, H. And Prausnitz, J.M., 1969, Estimation of Parameters for the NRTL Equation for Excess Gibbs Energies of Strongly Nonideal Liquid Mixtures, *I&EC Process Design and Development*, 8 (3), 413-419.
- [20]. Renon, H. And Prausnitz, J.M., 1968, Local Compositions in Thermodynamic Excess Functions for Liquid Mixtures, *AIChE Journal*, 14 (1), 135-144.
- [21]. Revellame E.D., Holmes, W.E., Hernandez, R., French, W.T., Forks, A., Ashe, T. and Estévez L.A., 2016, Experimental measurement and prediction of (liquid + liquid + liquid) equilibrium for the system (n-hexadecane + water + triacetin), *Journal of Chemical Thermodynamics*, 95, 105-110.
- [22]. Prausnitz, J.M., Lichtenthaler, R.N. and de Azevedo, E.G., 1999, *Molecular Thermodynamics of Fluid-Phase Equilibria*, 3rd ed., Prentice Hall PTR, New Jersey, USA.
- [23]. Poling, B.E., Prausnitz, J.M. and O'Connell J.P., 2001, *The Properties of Gases and Liquids*, The McGraw-Hill Companies, Inc., USA.

- [24]. Chen, Y., Lv, R., Li, L. and Wang F., 2017, Measurement and thermodynamic modeling of ternary (liquid + liquid) equilibrium for extraction of *o*-cresol, *m*-cresol or *p*-cresol from aqueous solution with 2-pentanone, *Journal of Chemical Thermodynamics*, 104, 230-238.
- [25]. Bekri, S., 2017, *Üçlü Sıvı Verilerinin Farklı Yöntemlerle Modellenmesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi.
- [26]. Budavari, S., 1989, *The Merck Index*, 11th ed., Merck & Co., Inc. Rahway, New Jersey, USA.
- [27]. David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005. If a specific table is cited, use the format: "Physical Constants of Organic Compounds", in CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, David R. Lide, ed., <<http://www.hbcpnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.
- [28]. BASF, 2008, Saeures Multitalent, [online], Presse Informationen, <http://www2.basf.de/de/intermed/news/topstory/archiv/ameisensaeure.htm>, [Ziyaret Tarihi: 12 Nisan 2019].
- [29]. Harington, T., Hossain, Md.M., 2008, Extraction of lactic acid into sunfloweroil and its recovery into an aqueous solution, *Desalination*, 218 (1-3), 287-296
- [30]. Ogunniyi, D. S. (2006), "Castor oil: a vital industrial raw material", *Bioresource Technology*, 97, 1086–1091.
- [31]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigald/a6283?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [32]. Gemici A., 2014, *Bazı Organik Asitlerin Çözeltilerinden Tepkimeli Ekstraksiyonla Ayırılması*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi.
- [33]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/525073?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [34]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/109916?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].

- [35]. Demirel E., 2007, *Hint Yağından Değerli Kimyasalların Elde Edilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- [36]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/74860?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [37]. Danışman A., *Bitkisel Yağlardan Değerli Kimyasallar ve Biyodizel Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi.
- [38]. Tamada, J.A., King, C.J., (1990), "Extraction of carboxylic acids with amine extractants. 2. Chemical Interactions and Interpretation of data", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 1327-1333.
- [39]. Veselsky, J.C., 1976, The determination of plutonium in environmental samples by extraction with tridodecylamine, *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 27 (9), 499-506.
- [40]. <https://www.amazon.com/TCI-America-Tridodecylamine-T3519-850/dp/B078NFMMXQ> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [41]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/substance/2octanone1282111113711?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [42]. <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/aldrich/106526?lang=en®ion=TR> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [43]. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/triacetin#section=top> [Ziyaret tarihi: 11 Haziran 2019].
- [44]. Othmer, D.F. and Tobias, P.E., 1942, The Line Correlation, *Industrial and Engineering Chemistry*, 34 (6), 693-696.
- [45]. Hand, D.B., 1929, Dimeric Distribution, *Journal of Physical Chemistry*, 34, 1961-2000.
- [46]. Üstün, D., 2002, *Sulu Çözeltilerinden Propiyonik Asitin Seçimli Olarak Ekstraksiyonu İçin Uygun Solvent Seçiminde Etkin Parametrelerin İrdelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

- [47]. Özmen, D., 2006, (Liquid + liquid) equilibria of (water + propionic acid + methyl isoamyl ketone or diisobutyl ketone or ethyl isoamyl ketone) at $T = 298.2$ K, *Fluid Phase Equilibria*, 250, 70-75.
- [48]. Gmehling, J., and U. Onken, 1977-1984, Vapor-liquid Equilibrium Data Collection, DECHEMA Chem. Data Ser., 1-8.
- [49]. I. Prigogine and R. Defay, *Chemical Thermodynamics*, Longmans, London, 1954.
- [50]. Chi-Tsung, C., Cheng-Zai, L., Rong-Qian, Q., 1981, Solvent extraction of thorium in nitric acid solution by tri-dodecylamine and N-Benzyl-didodecylamine, *Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry*, 43 (11), 2965-2970.
- [51]. Fredenslund, A., J. Gmehling, M.L. Michelsen, P. Rasmussen, J.M. Prausnitz, 1977, Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev., 16, 450-462.
- [52]. Abrams, D.S., J.M. Prausnitz, 1975, AIChE J., 21, 116-128.
- [53]. Prausnitz, J.M., T.F. Anderson, E.A. Grens, C.A. Eckert, R. Hsieh, J.P. O'Connell, 1980, *Computer Calculations for Multicomponent Vapor Liquid and Liquid-liquid Equilibria*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- [54]. Othnier D.F, White R. E., Trueger E., 1941, Liquid-Liquid Extraction Data, *Industrial And Engineering Chemistry*, 33-10, 1242.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Ayşe Zeynep GÜRLEVÜK
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	07.07.1990
Uyruğu	☒ T.C. ☐ Diğer:
Telefon	05376339567
E-Posta Adresi	zeynephourieh@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Mühendislik Fakültesi
Bölümü	Kimya Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2014

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Programı	Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

Makale ve Bildiriler	
Ayşe Zeynep Hourieh, Sezin Bekri, Dilek Özmen, 2018, Removal of Acetic Acid From Aqueous Solution by 4-Methyl-2-Pentanol and Tridodecylamine: Solvent Extraction and Reactive Extraction, <i>1st International Symposium on Graduate Research in Science Focus on Entrepreneurship and Innovation (ISGRS 2018)</i> October 4-6, 2018 Istanbul	