

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**





KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Kimya Anabilim Dalında

İkbal SARIKAYA Tarafından Hazırlanan

**AMİT FONKSİYONEL GRUP İÇEREN YENİ KATYONİK GEMİNİ YÜZEY AKTİF
MADDELERİN SENTEZİ VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 17 /03/2020 gün ve 1847 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
DOKTORA TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

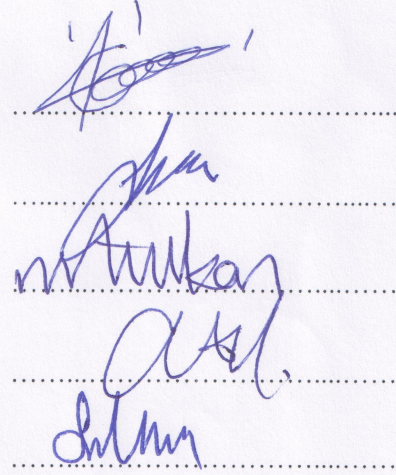
Başkan : Prof. Dr. Temel ÖZTÜRK

Üye : Prof. Dr. Selçuk BİLGİN

Üye : Prof. Dr. Salih ALKAN

Üye : Prof. Dr. Ahmet YAŞAR

Üye : Doç. Dr. Sedat KELEŞ



Prof. Dr. Asim KADIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

117Z605 numaralı, TÜBİTAK 3001-Başlangıç Ar-Ge Projeleri Destekleme Programı tarafından desteklenen bu tez çalışması Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Fizikokimya araştırma laboratuvarı ve Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Fizikokimya araştırma laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Desteklerinden ötürü TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım boyunca her karamsarlığa düştüğümde bana umut ışığı olan, bilgi, birikim ve tecrübelerini büyük bir sabırla benimle paylaşan, öğrencileri olduğum için gurur duyduğum çok değerli danışman hocalarım Prof. Dr. Selçuk BİLGİN ve Prof. Dr. Halide AKBAŞ'a sonsuz şükranlarımı sunarım. Tez izleme komitemde yer alan ve desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Ahmet YAŞAR ve Doç. Dr. Sedat KELEŞ'e teşekkür ederim. Deneysel çalışmalarımın sentez basamağında tecrübelerinden faydalandığım ve spektral verilerin yorumlanmasına büyük destek ve katkıda bulunan Prof. Dr. Yasemin ÜNVER hocama ve antibakteriyel aktivite deneylerini gerçekleştiren Doç. Dr. Kadriye İNAN BEKTAŞ hocama teşekkürlerimi sunarım. Tecrübelerinden istifade ettiğim değerli hocam Prof. Dr. Çiğdem BATIGÖÇ'e şükranlarımı sevgilerimle sunarım. Cihaz ve sarf malzemelerini hiç tereddüt etmeden, büyük bir içtenlik ile paylaşan ve deneysel çalışmalarımın tamamlanmasında büyük desteklerini gördüğüm Prof. Dr. Ümmühan OCAK, Prof. Dr. Miraç OCAK, Prof. Dr. Kamil KAYGUSUZ, Prof. Dr. Sevgi KOLAYLI, Prof. Dr. Olcay BEKİRCAN, Doç. Dr. Nuran KAHRİMAN ve Doç. Dr. Zehra CAN hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Çalışma arkadaşlarım; Dilek ÜNLÜER BİRİNCİ, Elif AYAZOĞLU DEMİR, Yakup KARA ve İrem ŞENTÜRK'e teşekkür ederim.

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca yanımda olan her yerde ve her zaman desteklerini hep arkamda hissettiğim, özellikle canım annem Besime SARIKAYA olmak üzere tüm aileme, ilk gülüşlerine, ilk kelimelerine, ilk adımlarına ve daha nice ilklerine şahit olduğum pozitif enerjileri ile hayatıma renk katan yeğenlerim Asel ve Ali VURAL'a ve hoşgörüsü ile daima yanımda olan değerli yol arkadaşım Murat YILDIZ'a teşekkürlerimi sevgilerimle sunarım.

İkbal SARIKAYA

Trabzon, 2020

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Amit Fonksiyonel Grup İçeren Yeni Katyonik Gemini Yüzey Aktif Maddelerin Sentezi ve Fizikokimyasal zelliklerinin İncelenmesi’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Selçuk BİLGEN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22/04/2020

İkbal SARIKAYA

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XIII
KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Yüzey Aktif Maddelerin Moleküler Yapısı.....	2
1.3. Yüzey Aktif Madde Çeşitleri.....	3
1.3.1. İyonik Olmayan Yüzey Aktif Maddeler.....	3
1.3.2. Katyonik Yüzey Aktif Maddeler.....	4
1.3.3. Anyonik Yüzey Aktif Maddeler.....	5
1.3.4. Amfoterik Yüzey Aktif Maddeler.....	6
1.4. Gemini Yüzey Aktif Maddeler.....	6
1.4.1. Katyonik Gemini Yüzey Aktif Maddeler.....	8
1.5. Yüzey Aktif Maddelerin Kullanım Alanları.....	10
1.6. Yüzey Aktif Maddelerin Karakteristik Özellikleri.....	11
1.6.1. Agregasyon.....	11
1.6.2. Miseller ve Kritik Misel Konsantrasyon.....	13
1.6.2.1. Misel Oluşum Teorileri.....	17
1.6.2.1.1.Kütle Etki Modeli.....	18
1.6.2.1.2.Pseudo-faz Ayrım Modeli.....	18
1.6.2.2. Misel Boyutları ve Yapıları.....	22
1.6.3. Yüzey Aktivitesi ve Adsorpsiyon.....	24
1.6.3.1. Yüzey Gerilimi.....	24
1.6.3.2. Sıvı-hava Ara Yüzeyinde Adsorpsiyon.....	25

1.6.3.2.1. Gibbs Adsorpsiyon Denklemi.....	26
1.6.4. Krafft Sıcaklığı.....	28
1.6.5. Çözündürme	28
1.6.6. Emülsiyon Oluşturma.....	30
1.6.7. Köpük Oluşturma.....	31
1.6.8. Islatma.....	32
2. MATERYAL VE METOT.....	33
2.1. İm10, im12 ve im14 Kodlu Bileşiklerin Sentezi.....	33
2.2. Bağlayıcı Grup (sp1 ve sp2) Bileşiklerinin Sentezi	34
2.3. im10-4-10, im12-4-12, im14-4-14, im10-6-10, im12-6-12 ve im14-6-14 Kodlu Bileşiklerinin Sentezi.....	34
2.4. im10-sp1-10, im12-sp1-12, im14-sp1-14, im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 Kodlu Bileşiklerinin Sentezi.....	35
2.5. Sentezlenen Katyonik Gemini Yüzey Aktif Maddelerin Spektral Verileri....	37
2.6. Krafft Sıcaklığının Belirlenmesi.....	40
2.7. Kritik Misel Konsantrasyon Değerinin Belirlenmesi.....	41
2.7.1. Yüzey Gerilimi Ölçümü.....	41
2.7.1.1. Sıvı-hava Arayüzey Özelliklerinin Belirlenmesi.....	41
2.7.2. Spesifik İletkenlik Ölçümü.....	42
2.7.2.1. İyonlaşma Derecesi ve Termodinamik Parametrelerin Belirlenmesi.....	42
2.8. Agregasyon Sayısının Belirlenmesi.....	43
2.9. Boya Çözündürme Gücünün Belirlenmesi.....	44
2.10. Emülsifiye Etme Gücünün Belirlenmesi.....	45
2.11. Antibakteriyel Aktivite Özelliklerinin Belirlenmesi.....	45
3. BULGULAR.....	46
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	116
5. ÖNERİLER.....	133
6. KAYNAKALAR.....	134
7. EKLER.....	145

ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

AMİT FONKSİYONEL GRUP İÇEREN YENİ KATYONİK GEMİNİ YÜZEY AKTİF
MADDELERİN SENTEZİ VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ

İkbal SARIKAYA

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk BİLGİN
2020, 144 Sayfa, 24 Ek Sayfa

Bu çalışma kapsamında, değişik hidrokarbon zincir uzunluklarına ve farklı bağlayıcı gruplara sahip imidazol baş gruplu yeni katyonik gemini yüzey aktif madde (KGYAM) ler sentezlenmiş, saflaştırılmış ve yapıları uygun spektroskopik yöntemler ile aydınlatılmıştır. Bu maddelere ait Kritik Misel Konsantrasyon (KMK), agregasyon sayısı (N_{agg}), Krafft sıcaklığı (T_K), iyonlaşma derecesi (α), karşıt iyon bağlanma derecesi (ρ), sıvı/hava ara yüzey özellikleri, boya çözüldürme gücü (SP), emülsiyon dayanıklılığı gibi fizikokimyasal özellikler; yüzey gerilimi, iletkenlik, UV ve floresans spektrofotometre cihazları ile belirlenmiştir. Farklı zincir uzunluklarının ve farklı bağlayıcı grupların fizikokimyasal özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Yukarıda bahsi geçen deneysel çalışmaların bazıları, ticari olarak kullanılan monomerik yapılu yüzey aktif maddeler ile bu çalışmada sentezlenen KGYAM'lerden oluşturulan farklı mol kesirli karışım sistemlerine de uygulanmıştır. Karışım sistemlerinin ideal/ideal olmayan çözelti davranışları, deneysel verilerin teorik hesaplamalar ile harmanlanması sonucunda belirlenmiştir. Ayrıca bu maddelerin 3 adet gram-pozitif ve 3 gram-negatif bakteriye karşı sergiledikleri antibakteriyel aktivite özellikleri test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Katyonik gemini yüzey aktif madde, Kritik misel konsantrasyon, Krafft sıcaklığı, Karışım çözeltileri, Etkileşim parametresi

PhD Thesis

SUMMARY

THE SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF THE PHYSICOCHEMICAL
PROPERTIES OF NOVEL CATIONIC GEMINI SURFACTANTS WITH AMIDE
FUNCTIONAL GROUP

İkbal SARIKAYA

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Chemistry Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Selçuk BİLGİN
2020, 144 Pages, 24 Appendix Pages

In this study, new cationic gemini surfactants (CGS) with imidazole head groups having different hydrocarbon chain lengths and different spacer groups have been synthesized, purified and their structures have been elucidated by appropriate spectroscopic methods. Physicochemical properties of these substances such as Critical Micelle Concentration (CMC), aggregation number (N_{agg}), degree of ionization (α), Krafft temperature (T_K), counter-ion binding degree (ρ), liquid / air interface properties, paint solubilization power (SP), emulsion stability have been determined with devices of surface tension, conductivity, UV and fluorescence spectrophotometer. The effects of different chain lengths and different spacer groups on physicochemical properties have been investigated. The some of the aforementioned experimental studies have also been applied to different molar fractional mixing systems formed from commercially used monomeric surfactants and cationic gemini surfactants synthesized in this study. The ideal / non-ideal solution behaviors of the mixing systems have been determined by blending the experimental data with the theoretical calculations. Additionally, the antimicrobial activity properties of these substances against 3 gram-positive and 3 gram-negative bacteria have been tested.

Key Words: Cationic gemini surfactant, Critical micelle concentration, Krafft temperature, Mixed solutions, Interaction parameter

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Yüzey aktif maddelerin şematik gösterimi.....	2
Şekil 2. Bazı iyonik olmayan yüzey aktif madde yapıları.....	3
Şekil 3. Bazı katyonik yüzey aktif madde yapıları.....	4
Şekil 4. Bazı anyonik yüzey aktif madde yapıları.....	5
Şekil 5. Bazı amfoterik yüzey aktif madde yapıları.....	6
Şekil 6. Gemini yüzey aktif maddelerin şematik gösterimi.....	7
Şekil 7. Bazı gemini yüzey aktif madde yapıları.....	7
Şekil 8. İmidazol temelli KGYAM'lerin bazı kullanım alanları.....	8
Şekil 9. Bazı imidazol içerikli katyonik gemini yüzey aktif madde yapıları.....	9
Şekil 10. Yüzey aktif maddelerin bazı uygulama alanları.....	10
Şekil 11. Misel oluşumu.....	11
Şekil 12. Dinamik misel yapısı.....	13
Şekil 13. Konsantrasyona bağlı misel oluşumu.....	14
Şekil 14. Karşıt iyon bağlanma ve çift tabaka içeriklerinin şematik gösterimi.....	16
Şekil 15. Hidrofobik etkinin şematik gösterimi.....	22
Şekil 16. Çözelti içerisinde bulunabilen farklı misel yapıları.....	23
Şekil 17. Sıvı yüzeyinde ve sıvı içerisindeki moleküller üzerine uygulanan kuvvetler...	24
Şekil 18. Krafft sıcaklığına ait faz diyagramı.....	28
Şekil 19. Miseller ile çözünürlüğün şematik gösterimi.....	29
Şekil 20. Emülsiyon oluşumunun şematik gösterimi.....	31
Şekil 21. Temas açısı ve ıslatmanın şematik gösterimi.....	32
Şekil 22. Sudan III boyası.....	44
Şekil 23. im12-4-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	49
Şekil 24. im12-6-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	49
Şekil 25. im14-4-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	51
Şekil 26. im14-6-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	51
Şekil 27. im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	53

Şekil 28. im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	53
Şekil 29. im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	55
Şekil 30. im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	55
Şekil 31. im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki.....	56
Şekil 32. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	59
Şekil 33. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	59
Şekil 34. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	61
Şekil 35. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	61
Şekil 36. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	63
Şekil 37. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	63
Şekil 38. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	65
Şekil 39. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	65
Şekil 40. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	67
Şekil 41. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	67
Şekil 42. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	69
Şekil 43. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	69
Şekil 44. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	73
Şekil 45. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	73
Şekil 46. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	75
Şekil 47. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	75
Şekil 48. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	77
Şekil 49. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	77
Şekil 50. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	79
Şekil 51. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	79

Şekil 52. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	81
Şekil 53. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	81
Şekil 54. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	83
Şekil 55. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki.....	83
Şekil 56. im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	87
Şekil 57. im10-6-10, im12-6-12 ve im14-6-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	87
Şekil 58. im10-sp1-10, im12-sp1-12 ve im14-sp1-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	89
Şekil 59. im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	89
Şekil 60. im10 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	92
Şekil 61. im12 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	92
Şekil 62. im14 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	93
Şekil 63. KGYAM'lerin emülsifiye etme güçleri.....	94
Şekil 64. KGYAM'lerin <i>B.s</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	94
Şekil 65. KGYAM'lerin <i>S.a</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	95
Şekil 66. KGYAM'lerin <i>E.f</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	95
Şekil 67. KGYAM'lerin <i>E.c</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	96
Şekil 68. KGYAM'lerin <i>Y.p</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	96
Şekil 69. KGYAM'lerin <i>P.a</i> için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları.....	97
Şekil 70. Farklı sıcaklıklarda CTAB'ye ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	98
Şekil 71. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.25/X_{im14-sp1-14}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	100
Şekil 72. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.50/X_{im14-sp1-14}=0.50$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	100
Şekil 73. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.75/X_{im14-sp1-14}=0.25$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	101
Şekil 74. Farklı sıcaklıklarda SDS'a ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	103
Şekil 75. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	103

Şekil 76. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100'e ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	105
Şekil 77. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.25/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	107
Şekil 78. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.50/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.50$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	107
Şekil 79. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.75/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.25$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki.....	108
Şekil 80. CTAB ve farklı mol kesirlerinde CTAB/im14-sp1-14 karışım sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	110
Şekil 81. SDS ve $X_{\text{SDS}}/X_{\text{im12-6-12}}=0.25/0.75$ karışımı sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	111
Şekil 82. Triton X-100 ve farklı mol kesirlerinde Triton X-100/im12-sp2-12 karışım sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	111
Şekil 83. Farklı mol kesirlerinde CTAB ve im14-sp1-14 karışımlarına ait S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	114
Şekil 84. Farklı mol kesirlerinde Triton X-100 im12-sp2-12 karışımlarına ait S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	114
Şekil 85. $X_{\text{SDS}}=0.25/X_{\text{im12-6-12}}=0.75$ karışımlarına ait S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki.....	115

TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. im12-4-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri....	48
Tablo 2. im12-6-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri....	48
Tablo 3. im14-4-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri....	50
Tablo 4. im14-6-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri....	50
Tablo 5. im10-sp2-10 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri.	52
Tablo 6. im12-sp1-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri.	52
Tablo 7. im12-sp2-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri.	54
Tablo 8. im14-sp1-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri.	54
Tablo 9. im14-sp2-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri.	56
Tablo 10. KGYAM'lerin Krafft Sıcaklığı değerleri.....	57
Tablo 11. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	58
Tablo 12. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	58
Tablo 13. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	60
Tablo 14. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	60
Tablo 15. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	62
Tablo 16. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	62
Tablo 17. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	64
Tablo 18. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	64
Tablo 19. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	66
Tablo 20. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	66
Tablo 21. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	68
Tablo 22. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	68
Tablo 23. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda yüzey gerilimi yöntemi ile elde edilen KMK değerleri.....	70
Tablo 24. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan Γ_{maks} değerleri.....	70
Tablo 25. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan A_{min} değerleri.....	71

Tablo 26. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan γ_{KMK} ve Π_{KMK} değerleri.....	71
Tablo 27. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	72
Tablo 28. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	72
Tablo 29. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	74
Tablo 30. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	74
Tablo 31. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	76
Tablo 32. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	76
Tablo 33. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	78
Tablo 34. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	78
Tablo 35. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	80
Tablo 36. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	80
Tablo 37. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	82
Tablo 38. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri.....	82
Tablo 39. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda spesifik iletkenlik yöntemi ile elde edilen KMK değerleri.....	84
Tablo 40. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin hesaplanan Termodinamik parametreleri.....	84
Tablo 41. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin hesaplanan Termodinamik parametreleri.....	85
Tablo 42. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri.....	86
Tablo 43. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri.....	88
Tablo 44. KGYAM'lerin agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri.....	90
Tablo 45. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri.....	90
Tablo 46. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri.....	91
Tablo 47. KGYAM'lerin çözündürme gücü (SP) değerleri.....	93
Tablo 48. Farklı sıcaklıklarda CTAB'nin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	97
Tablo 49. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.25/X_{im14-sp1-14}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	98
Tablo 50. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.5/X_{im14-sp1-14}=0.5$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	99
Tablo 51. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.75/X_{im14-sp1-14}=0.25$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	99

Tablo 52. Farklı sıcaklıklarda CTAB/im14-sp1-14 karışımlarının farklı mol kesirlerine ait KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri.....	101
Tablo 53. Farklı sıcaklıklarda SDS'a değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	102
Tablo 54. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	102
Tablo 55. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımının KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri.....	104
Tablo 56. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100'e ait değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	104
Tablo 57. Farklı sıcaklıklarda $X_{TritonX-100}=0.25/X_{im12-sp2-12}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	105
Tablo 58. Farklı sıcaklıklarda $X_{TritonX-100}=0.50/X_{im12-sp2-12}=0.50$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	106
Tablo 59. Farklı sıcaklıklarda $X_{TritonX-100}=0.75/X_{im12-sp2-12}=0.25$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri.....	106
Tablo 60. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100/im12-sp2-12 karışımlarının farklı mol kesirlerine ait KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri.....	108
Tablo 61. Karışım sistemlerine ait CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri.....	109
Tablo 62. Ticari yüzey aktif maddelere ait CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri..	110
Tablo 63. Ticari yüzey aktif maddelerin ve karışım sistemlerinin agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri.....	112
Tablo 64. Karışım sistemlerinin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri.....	113
Tablo 65. Karışımların çözündürme gücü (SP) değerleri.....	115

KISALTMALAR VE SEMBOLLER DİZİNİ

YAM	: Yüzey Aktif Madde
GYAM	: Gemini Yüzey Aktif Madde
KGYAM	: Katyonik Gemini Yüzey Aktif Madde
KMK	: Kritik Misel Konsantrasyon
T_K	: Krafft Sıcaklığı
N_{agg}	: Agregasyon Sayısı
CTAB	: Setiltrimetilamonyum bromür
DTAB	: Dodesiltrimetilamonyum bromür
γ	: Yüzey gerilimi
X	: Mol kesri
ΔG_{mis}°	: Standart Serbest Gibbs enerji değişimi
ΔG_{ads}°	: Standart Serbest adsorpsiyon enerji değişimi
ΔH_{mis}°	: Standart miselleşme entalpi değişimi
ΔS_{mis}°	: Standart miselleşme entropi değişimi
α	: İyonlaşma derecesi
ρ	: Bağlanma derecesi
β	: Etkileşim parametresi
NMR	: Nükleer Manyetik Rezonans
Hz	: Hertz
m/z	: Kütle/yük
FT IR	: Infrared Spektrometresi
M	: Molarite
SP	: Çözündürme gücü
TEM	: Geçirimli elektron mikroskobu

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

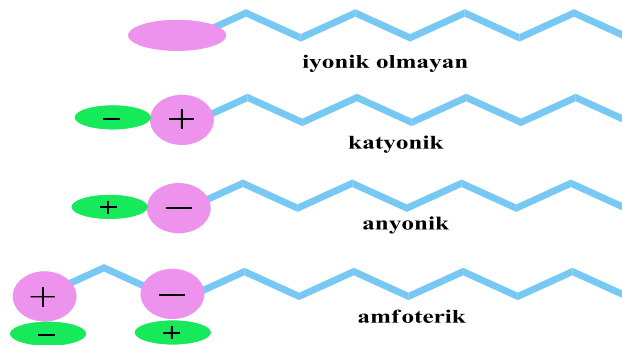
İngilizce surface active agent kelimelerinin kısaltılması ile oluşturulan surfactant terimi Türkçede *yüzey aktif madde* (YAM) olarak karşılık bulmuştur [1]. Suda veya sulu bir çözelti sisteminde çözündükleri zaman yüzey gerilimini önemli ölçüde etkileyen maddeler YAM olarak bilinmektedirler. Sulu çözeltilerde kendiliğinden bir araya gelerek misel oluşturabilen bu maddelerin en karakteristik özelliği, uzun apolar hidrokarbon zincirlerine ve polar baş gruplara sahip olmalarıdır. Miseller, polar baş gruplar arasındaki elektrostatik itme kuvvetleri ile apolar özellikteki zincir kısımları arasındaki hidrofobik etkileşimlerinin beraber gerçekleşmesi ile meydana gelirler [2]. Sulu çözeltilerde kolloidal boyutlardan daha küçük boyutlarda agregatlar meydana getirerek misel oluşturabilmeleri ve suyun yüzey gerilimini azaltmaları sebebi ile YAM'ler günlük yaşantımızda ve neredeyse tüm endüstriyel uygulamalarda yer almaktadırlar. Aynı zincir uzunluğuna sahip monomerik yapılara kıyasla gemini YAM'ler genellikle suyun yüzey gerilimini daha iyi düşürmekte ve misel oluşumlarını daha düşük konsantrasyonlarda gerçekleştirmektedirler [3]. Sahip oldukları bu avantajlardan dolayı, gemini YAM'lerin günümüzde bilimsel çalışmalarda araştırma konusu olarak popülerliği sürekli artış göstermektedir. Gemini YAM'lerin polar baş gruplarında pozitif yüklü iyon barındıran türleri, katyonik gemini yüzey aktif madde (KGYAM) olarak adlandırılmaktadır.

Bu çalışmada, imizadol baş gruplu değişik hidrokarbon zincir uzunluklarına ve farklı polariteli bağlayıcı gruplara sahip 12 adet KGYAM sentezlenmiş ve fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu iskeletteki maddelerin tercih edilme sebebi imidazol baş gruplarının kolay polarize olabilme özelliklerinden dolayı agregasyonu kendilerine özgü gerçekleştirebilmeleri, antibakteriyel özelliklere sahip olabilme potansiyelleri ve tuz formuna dönüştükleri için birçok biyokimyasal proseste etkin olarak kullanılabilme imkanı sunmalarıdır. Ayrıca, alkil zincir uzunluğunda amit fonksiyonel grupların ve hidrofilik bağlayıcı grupların tercih edilme sebebi ise su ile kolayca hidrojen bağı oluşturabilme güçlerinden kaynaklanmaktadır. İncelenen fizikokimyasal özellikler üzerine zincir uzunluklarının ve bağlayıcı grup yapılarının etkisi araştırılmıştır. Sentezlenen KGYAM'lerin üç adet gram-pozitif ve üç adet gram-negatif bakteri üzerinde antibakteriyel

aktivite sergileme potansiyelleri de araştırılmıştır. Seçilen üç farklı KGYAM ve ticari YAM'ler ile değişik mol kesirlerinde hazırlanan karışım sistemlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Karışım sistemleri için oldukça yaygın kullanım alanına sahip ticari YAM'ler tercih edilmiştir. Bu ticari YAM'ler; katyonik yapılı setiltrimetilamonyum bromür (CTAB), anyonik yapılı sodyumdodesil sülfat (SDS) ve iyonik olmayan yapılı polioksietilen oktil fenil eter (Triton X-100)'dir. Farklı mol kesirlerinde oluşturulan karışım sistemlerinde gözlenen etkileşimler deneysel verilerin teorik hesaplamalar ile harmanlanması sonucunda belirlenmiştir.

1.2. Yüzey Aktif Maddelerin Moleküler Yapısı

Yüzey aktif maddeler karakteristik bir moleküler yapıya sahiptirler. Suyu seven hidrofilik/lipofobik olarak adlandırılan polar bir grup ile suyu sevmeyen hidrofobik/lipofilik olarak adlandırılan apolar gruplardan meydana gelirler [4]. Hidrofilik grup YAM'yi su gibi polar çözücüler içerisinde çözünür hale getirirken, hidrofobik grup apolar çözücülerde çözünür hale getirmektedir. YAM'ler bu karakteristik yapıları sebebi ile amfifilik moleküller olarak da bilinmektedirler [5]. Sahip oldukları hidrofilik ve hidrofobik grupların boyutları ve şekilleri YAM'lerin özelliklerini belirlemektedir. YAM'ler hidrofilik baş gruplarının yüklerine göre (Şekil 1) anyonik, katyonik, iyonik olmayan ve amfoterik olmak üzere alt gruplara ayrılırlar [6].

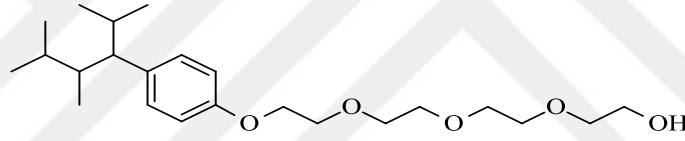


Şekil 1. Yüzey aktif maddelerin şematik gösterimi

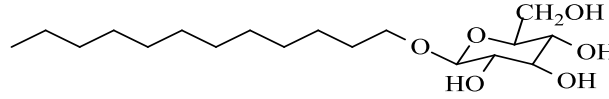
1.3. Yüzey Aktif Madde Çeşitleri

1.3.1. İyonik Olmayan Yüzey Aktif Maddeler

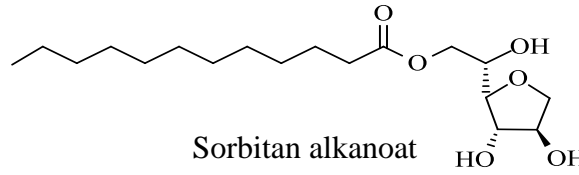
İyonik olmayan YAM terimi, genellikle aktif bir hidrojen atomu içeren bir alkol ile etilen oksit ve/veya propilen oksit türevlerini ifade etmektedir (Şekil 2). Ancak, alkil fenoller, şeker esterleri, amin oksitler, yağ asitleri, yağ aminleri ve polioller gibi diğer türleri de dünya çapında çok çeşitli sektörlerde yaygın olarak üretilmekte ve kullanılmaktadır [7]. Herhangi bir elektrolit içermezler. Çoğu iyonik olmayan YAM'nin (özellikle polioksietilen türevlerine ait) sahip olduğu en ilginç özellik, sıcaklık ile çözünürlükleri arasında gözlemlenen ters ilişkidir. Bu maddelerin çözünürlüğü sıcaklığın artması ile azalmaktadır. Bu durumun sebebi, sıcaklığın atması ile birlikte su ve polioksietilen birimleri arasındaki mevcut hidrojen bağlarının kırılması olarak açıklanmaktadır [6].



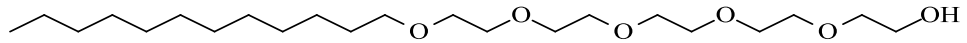
Alkilfenol etoksilat



Alkil glukozit



Sorbitan alkanolat

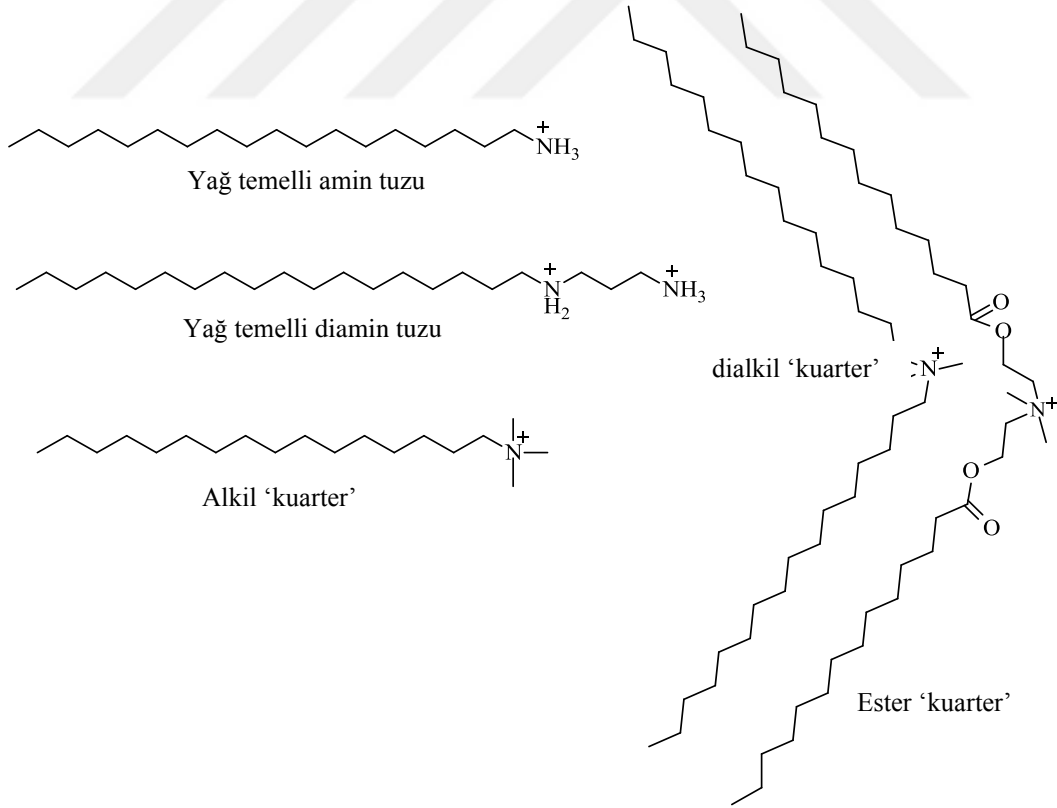


Yağ alkol etoksilat

Şekil 2. Bazı iyonik olmayan yüzey aktif madde yapıları

1.3.2. Katyonik Yüzey Aktif Maddeler

Katyonik YAM'ler, polar baş gruplarının pozitif yüklü olması sebebi ile çoğu katı yüzeye (genellikle negatif yüklü) kuvvetli şekilde adsoplanırlar. Herbisitler, böcek öldürücüler, emülsifiyer (cilalar ve balmumu emülsiyonları için), metal yüzeyler için korozyon inhibitörü, gübreler için topaklanmayı önleyici madde, çamaşır makineleri için yumuşatıcı, anyonik deterjanlar, şampuanlar ve sıvı bulaşık deterjanları için köpük stabilizatörü olarak kullanılmaktadırlar [8]. Katyonik YAM'ler, azot içeren grubun yapısındaki temel farklılıklar sebebi ile iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Birinci kategori, bir veya daha fazla amin hidrojen atomlarını ve en az bir adet uzun zincirli alkil gruplarını içeren basit amonyum tuzlarıdır (Şekil 3). Bu kategori içerisine amin hidrojenlerinin hepsi organik substitüentler ile yer değiştirmiş olan kuarterner amonyum formundaki bileşiklerde dahildir. Amin substitüentleri, uzun zincirli veya kısa zincirli alkil, alkilaril veya aril grupları olabilir [6].

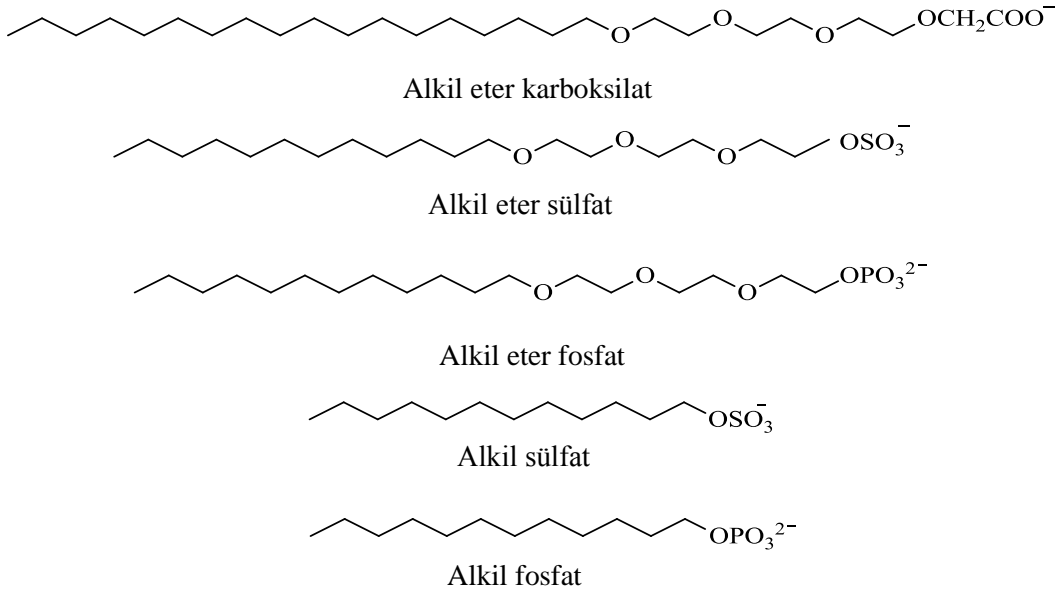


Şekil 3. Bazı katyonik yüzey aktif madde yapıları

İkinci kategori ise pridin, morfolin ve imidazol türevlerinden meydana gelen heterosiklik yapı barındıran bileşiklerden oluşmaktadır. Katyonik YAM'lerin ticari değeri bazı benzersiz özellikleri sebebi ile önemli ölçüde artmaktadır. Çoğu katyonik YAM biyolojik olarak aktif özellik sergilemektedir. Birçok zararlı mikroorganizmanın büyümesini engellemekte ve/veya ölümüne neden olmaktadır [6].

1.3.3. Anyonik Yüzey Aktif Maddeler

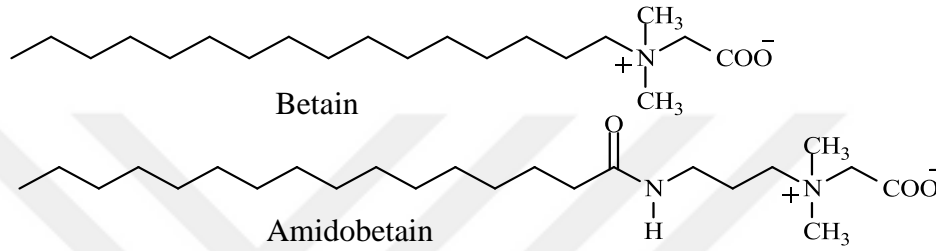
Polar baş grupları negatif yüklü olan anyonik YAM'ler temizlik uygulamalarında en yaygın kullanılan türdür. Bu maddeler, yıkama çözeltilerindeki yağlı kirleri emülsifiye edebilmektedirler. Kritik misel konsantrasyon üzerindeki çözeltilerinde, bu maddeler önemli derecede köpük oluşumu sağlarlar. Bu özellik temizlik uygulamalarında talep edilen başlıca özelliktir. Köpük oluşumunun tercih edilmediği proseslerde ise bu özellik, maddelerinin kullanımını kısıtlayan bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır [9]. Genellikle anyonik YAM'ler; karboksilat, sülfat, sülfonat ve fosfat polar baş gruplarını içermektedirler (Şekil 4).



Şekil 4. Bazı anyonik yüzey aktif madde yapıları

1.3.4. Amfoterik Yüzey Aktif Maddeler

Polar baş gruplarında pozitif ve negatif yüklü iki zıt grubu bir arada barındıran YAM'ler amfoterik olarak adlandırılmaktadır (Şekil 5). Bu maddeler sistemin pH'ına bağlıdır [10]. Mükemmel dermatolojik özelliklere sahip olmaları ile bilinmektedirler. Düşük göz tahrişine sebep olmaları sebebi ile şampuan ve diğer kozmetik ürünlerde sıklıkla kullanılmaktadırlar [6].



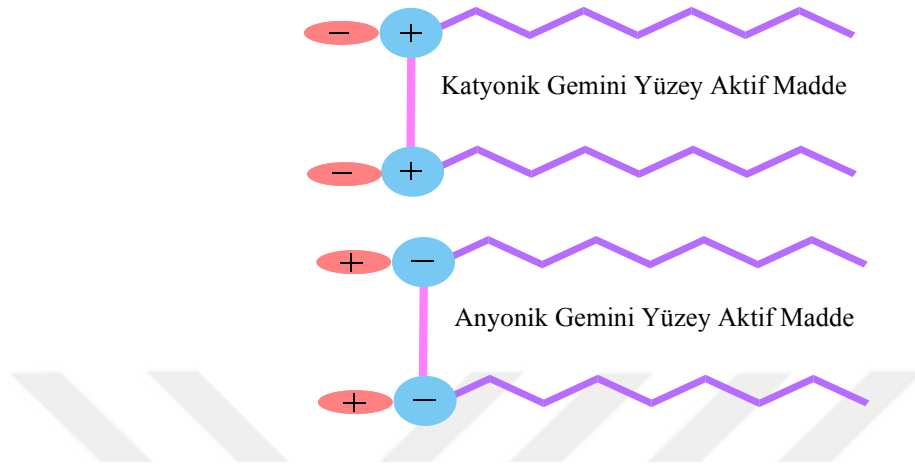
Şekil 5. Bazı amfoterik yüzey aktif madde yapıları

1.4. Gemini Yüzey Aktif Maddeler

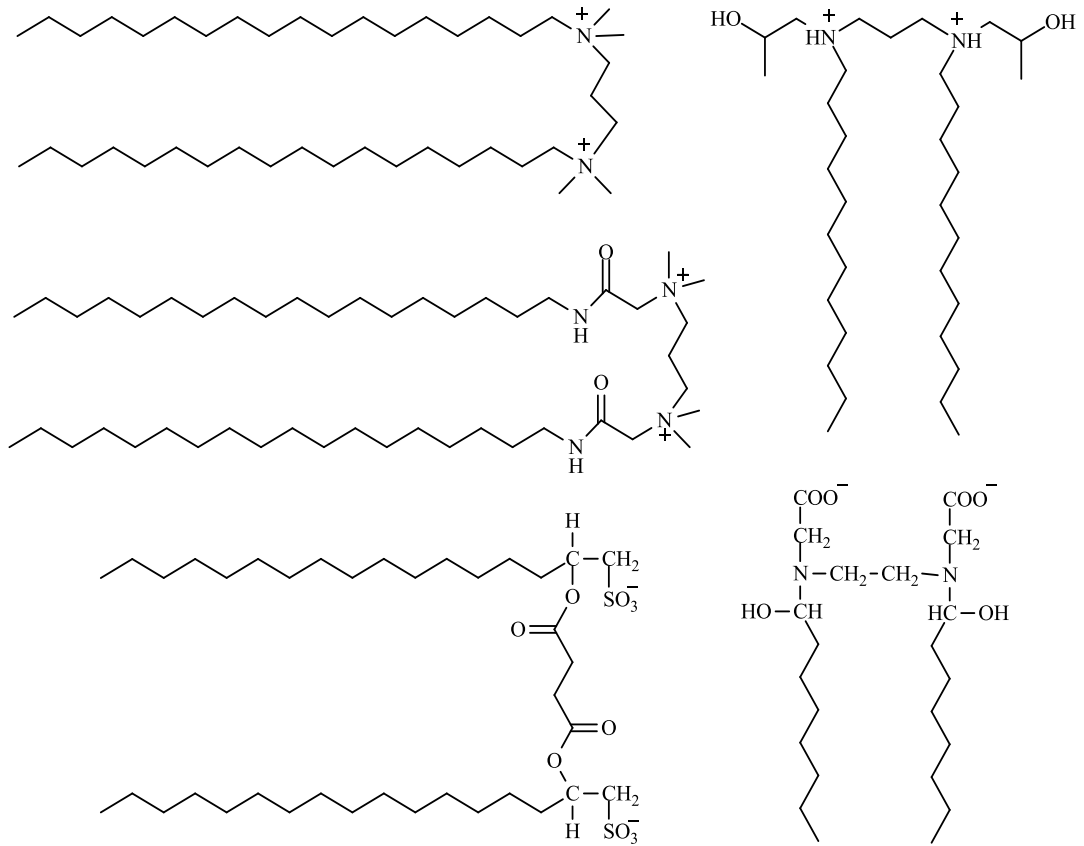
Gemini yüzey aktif madde (GYAM) ler 1980'li yılların sonlarına doğru keşfedilmiş ve YAM kimyası alanında heyecan verici gelişmelerden biri olarak değerlendirilmiştir [11]. Dimerik YAM olarak da adlandırılan GYAM'ler, iki hidrofobik zincir grubu ve iki hidrofilik baş grubun bir bağlayıcı grup ile birleştirilmesinden meydana gelmektedirler. Tek zincirli klasik YAM'lerle kıyaslandıklarında, daha üstün yüzey aktivitesine sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bu üstün yüzey aktivitesi; daha düşük KMK, daha yüksek adsorpsiyon verimi, daha iyi çözündürme, ıslatma, köpük oluşturma ve dispersiyon özelliklerini sergilemelerinden kaynaklanmaktadır [12]. Bu nedenle hem endüstriyel hem de akademik alanda GYAM'lere olan ilgi gün geçtikçe artmaktadır.

GYAM'ler ile ilgili son yıllarda çok sayıda bilimsel makale yayınlanmış ve binlerce uluslararası patent alınmıştır. Bununla birlikte, yeni, uygun maliyetli ve daha etkili geminilerin üretimi için araştırmalar devam etmektedir [13]. GYAM'ler suda çözüldüklerinde polar baş gruplarının sahip olduğu yük cinsine bağlı olarak alt kategorilere ayrılmaktadır. Pozitif yüklü polar baş gruplara sahip olanlar katyonik gemini yüzey aktif

madde olarak adlandırılırken, negatif yüke sahip polar baş grupları içerenler ise anyonik gemini yüzey aktif madde olarak isimlendirilmektedirler (Şekil 6-7).



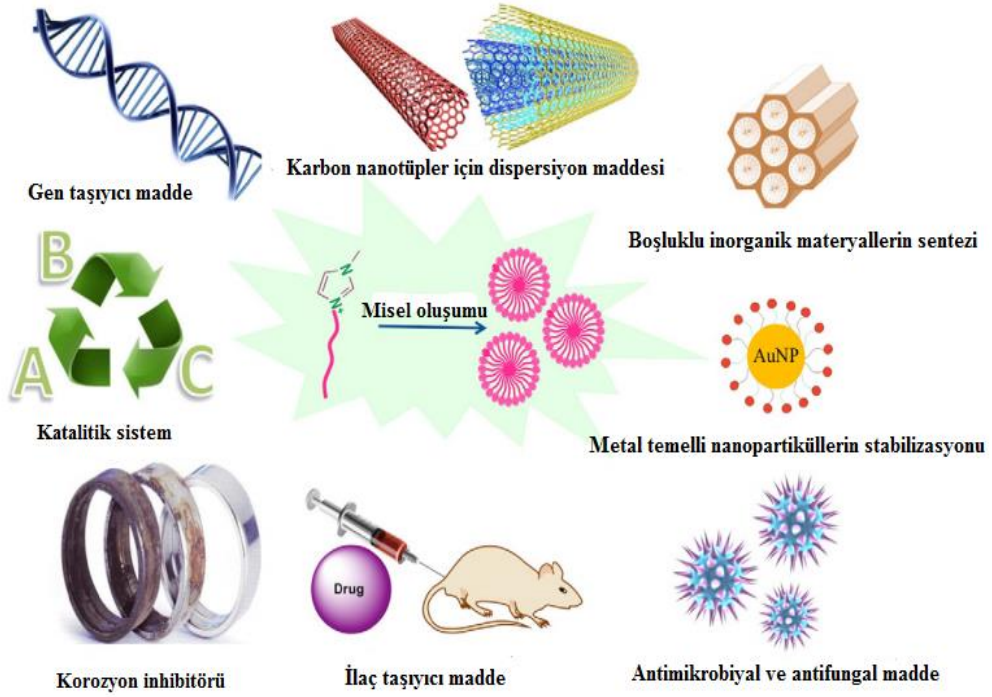
Şekil 6. Gemini yüzey aktif maddelerin şematik gösterimi



Şekil 7. Bazı gemini yüzey aktif madde yapıları

1.4.1. Katyonik Gemini Yüzey Aktif Maddeler

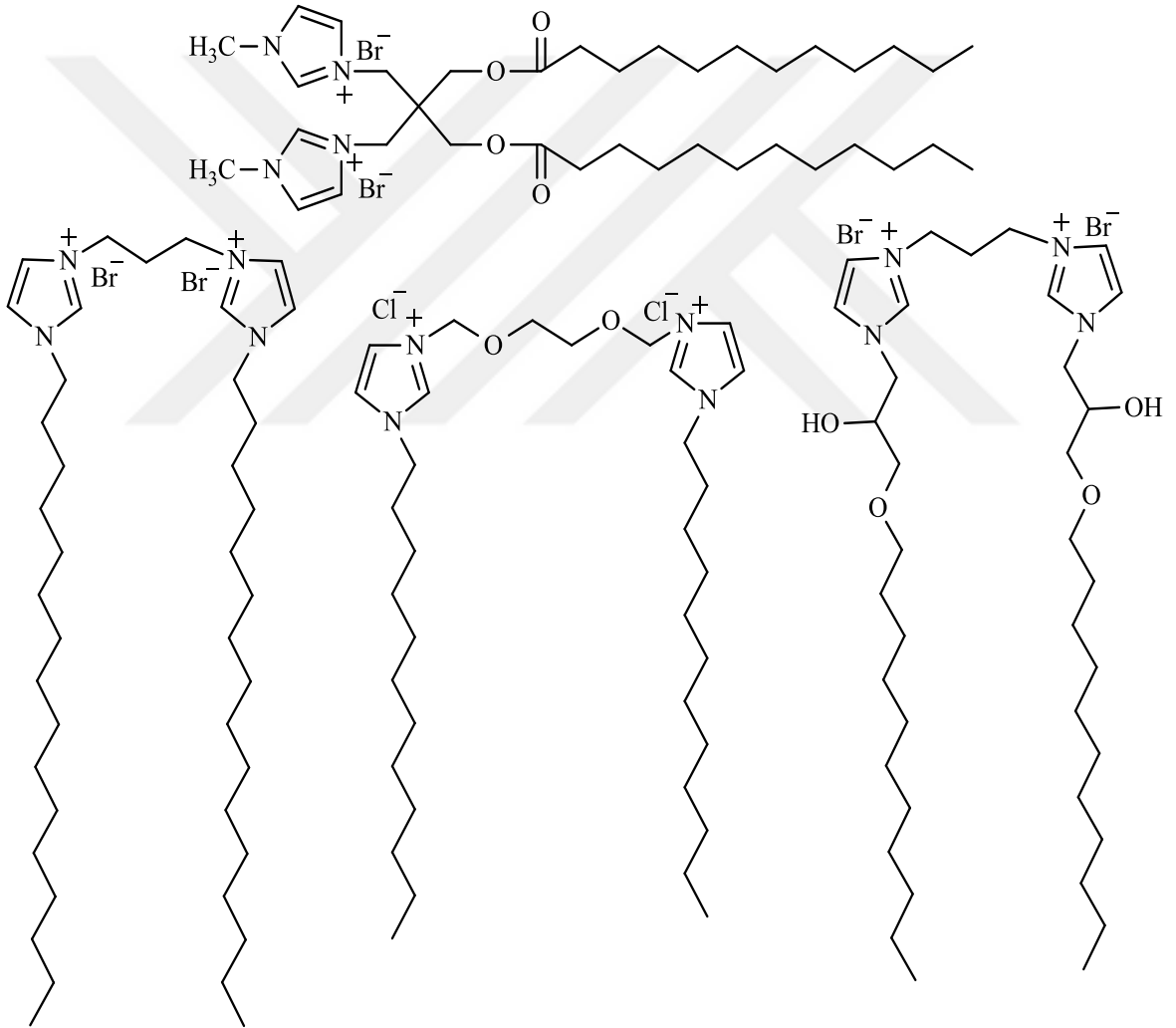
Katyonik gemini yüzey aktif madde (KGYAM)'ler antimikrobiyal aktivite sergilemelerinin yanı sıra gözenekli materyallerin ve nano-partiküllerin sentezinde, ilaç ve gen taşıyıcı madde olarak biyomedikal uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Geçtiğimiz yıllarla birlikte katyonik YAM'lere olan talep artmış ve mevcut dünya pazarındaki değerleri 3.3 milyar dolara yaklaşmıştır [14]. Giderek çoğalan uygulama alanlarının oluşması sonucunda, genel olarak kullanılan monomerik yapıları katyonik YAM'ler yerine daha iyi yüzey ve ara yüzey özelliklerine sahip yeni amfifilik bileşiklerin geliştirilmesini gerektirmektedir [15]. Son yıllarda piridin, imidazol ve pirolidin temelli iyonik yapıları yeni KGYAM'ler sentezlenmekte ve araştırılmaktadır [16]. İmidazol içerikli KGYAM'lerin sentez çalışmaları ilk olarak 2005 yılında gerçekleştirilmiştir [17].



Şekil 8. İmidazol temelli KGYAM'lerin bazı kullanım alanları [22].

Yapısında imidazol halkası barındıran KGYAM'ler, diğer GYAM'ler ile kıyaslandıklarında bazı avantajlara sahiptirler. Bu avantajlar, imidazol baş gruplarının güçlü

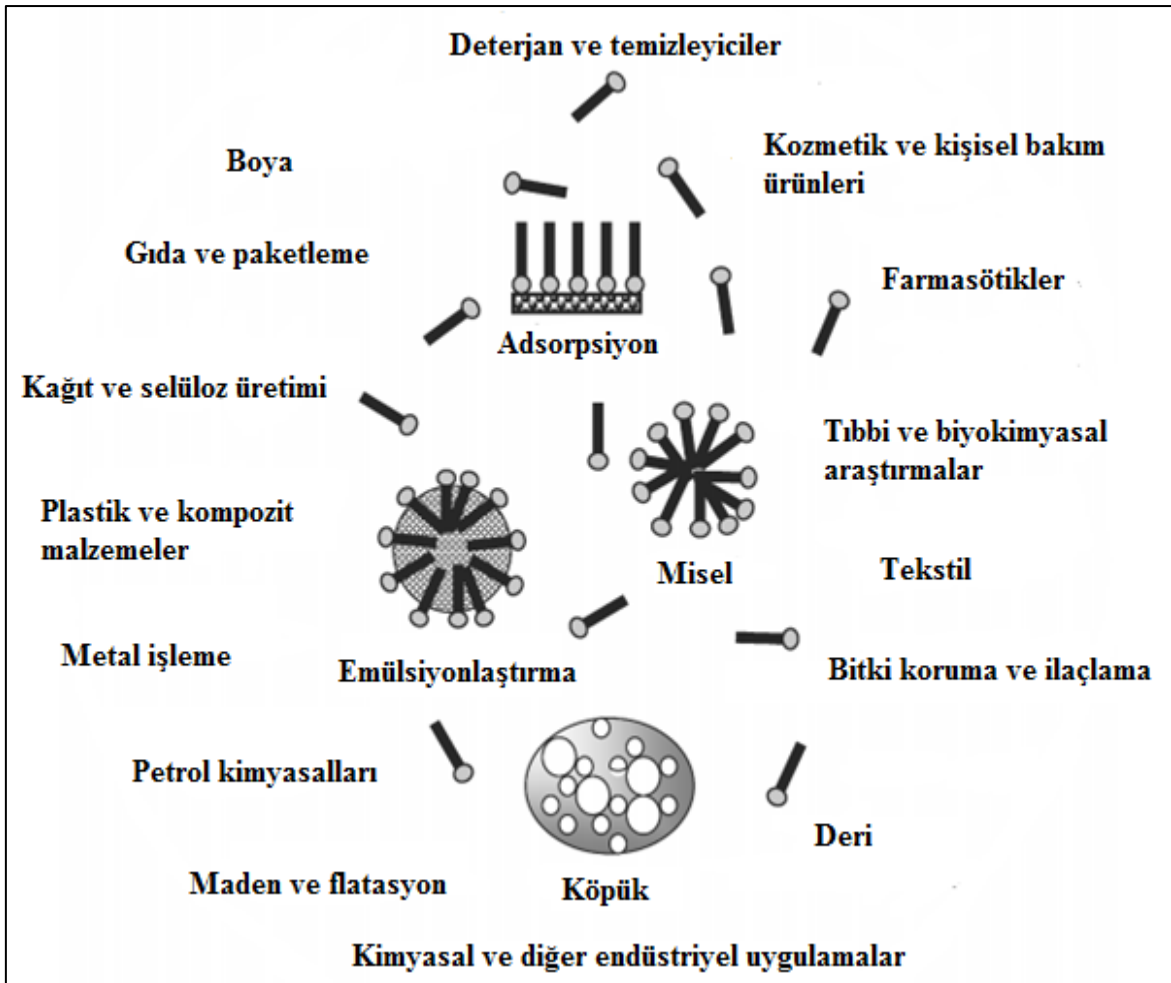
polarizasyonu ve aromatik halkalar arasındaki π - π etkileşimleri sebebi ile kendiliğinden bir araya toplanabilme eğilimlerinin çok kuvvetli olmasına dayanmaktadır [13,18]. Petrol kimyası, tekstil [19], elektrokimya, organik sentez, biyokataliz [20], korozyon inhibitörü [21], karbon nanotüp ve nano materyal sentezleri [22] bu maddelerin kullanım alanlarıdır (Şekil 8). Dolayısıyla, günümüzde imidazol temelli KGYAM'ler; doğası ve potansiyel uygulamaları sebebiyle popüler çalışma materyalleri arasındadır. Bu sebeple yeni imidazol temelli YAM'lerin sentezi ve bu maddeler ile ilgili çalışmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır.



Şekil 9. Bazı imidazol içerikli katyonik gemini yüzey aktif madde yapıları

1.5.Yüzey Aktif Maddelerin Kullanım Alanları

Günümüzde, YAM'lerin endüstriyel sahadaki çeşitli uygulamaları büyük öneme sahiptir. Gıda, ilaç, zirai ilaç, petrol, boya, kaplama, temizlik ürünleri, yakıt katkı maddeleri ve kişisel bakım ürünleri gibi birçok sahada kullanılmaktadırlar (Şekil 10). Ayrıca, biyolojik sistemlerden tıbbi cihazlarda kullanımlarına kadar geniş yelpazeye sahip uygulama alanları bulunmaktadır [11].



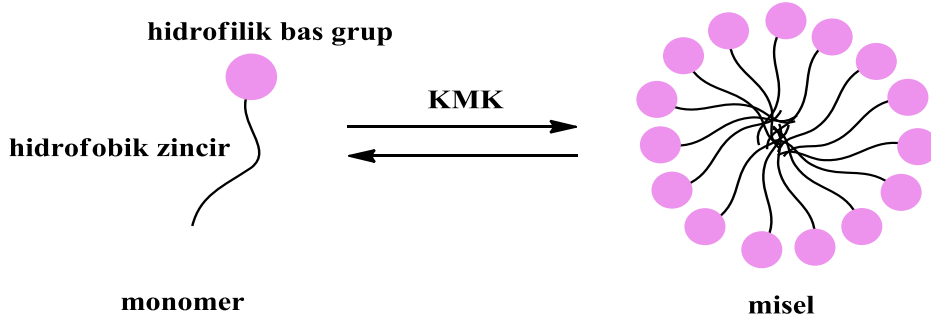
Şekil 10. Yüzey aktif maddelerin bazı uygulama alanları [6].

1.6. Yüzey Aktif Maddelerin Karakteristik Özellikleri

1.6.1. Agregasyon

YAM'ler düşük konsantrasyonlu sulu çözeltilerinde monomer (serbest YAM molekülleri) olarak bulunurlar. Bu monomerler yüzey/ara yüzeyde bir araya gelerek bir tabaka oluşturup yüzey ve ara yüzey gerilimini düşürmeye katkı sağlarlar. Bu durum oldukça hızlı gerçekleşmesine rağmen (YAM moleküllerinin ara yüzeye varıp oradan tekrar ayrılmaları çok hızlı bir zaman aralığında meydana gelir) komşu moleküller ile kuvvetli etkileşime giren ara yüzeydeki moleküller yüzey tabakasının reolojik özelliklerinin ölçülmesine olanak sağlarlar.

YAM konsantrasyonu arttıkça YAM adsorpsiyonu için yüzeydeki mevcut alan azalır ve YAM monomerleri çözelti içinde birikmeye başlarlar. YAM moleküllerinin hidrofobik zincir kısımları suda, hidrofilik baş grupları ise polar olmayan çözücülerde oldukça az (neredeyse hiç) çözünürlüğü sahiptirler. Sulu bir sistemdeki bir YAM agregat yapısının kararlı oluşumu için agregatın içi YAM molekülünün hidrofobik kısmını içermeli, agregatın yüzeyi ise hidrofilik baş gruplardan meydana gelmelidir [23].



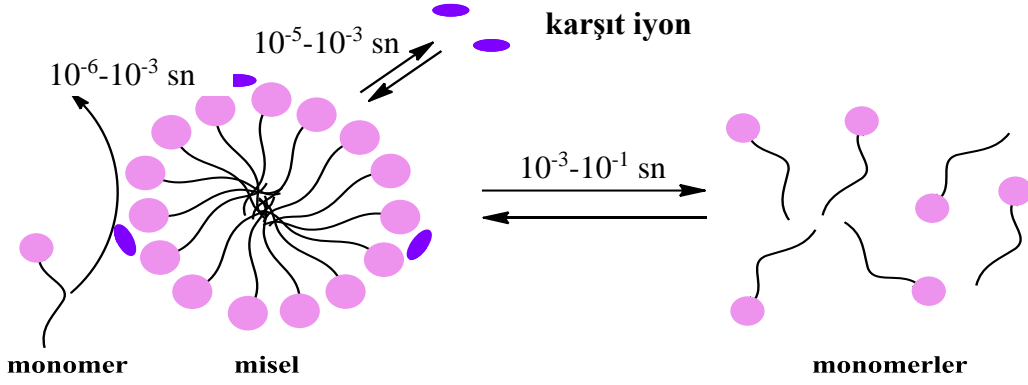
Şekil 11. Misel oluşumu

Agregat oluşumlarında, çekici kuvvetler YAM moleküllerini birbirine yakın tutarken, itici kuvvetler moleküllere karşı hareket halindedir. Bu sebeple, çekici (hidrofobik) kuvvetler agregat oluşum prosesini teşvik ederken itici (elektrostatik itme ve/veya solvasyon) kuvvetler bu prosesin oluşumunu engellemektedir. Agregat oluşum sürecinde moleküller arasında herhangi güçlü bir bağ (kovalent gibi) oluşumu söz konusu değildir.

YAM'leri bir araya getirmede etkili olan ana kuvvet hidrofobik kuvvetlerdir. Bu kuvvetlere paralel olarak elektriksel çift tabaka itme kuvvetleri ve hidrasyon kuvvetlerinin varlığı da karşı kuvvetler olarak tanımlanmaktadır. Yüklü veya hidrate baş gruplardan kaynaklanan bu kuvvetler, hidrofobik kuvvetlere kıyasla kısa menzilli kuvvetlerdir. Yukarıda bahsedilen misel oluşumunda etkili zıt kuvvetler arasında bir denge mevcuttur [2].

İyonik YAM'lerde, su içerisindeki aynı iyon yüküne sahip polar baş gruplar birbirlerini itmektirler. Yük ne kadar büyük olursa, baş gruplar arasındaki itme kuvveti artmakta ve agregat meydana getirme eğilimi azalmaktadır. Bununla birlikte, hidrofilik baş gruplar su için yüksek çekiciliğe sahiptir. Diğer taraftan, apolar yapıları zincirler hidrofobik etki sebebi ile birbirini çekmektedirler. YAM konsantrasyonu yeterince yüksek olduğunda, YAM molekülleri arasındaki yukarıda belirtilen çekme ve itme kuvvetlerinin birlikte meydana gelişi, YAM moleküllerini kendiliğinden bir araya gelerek agregat oluşturmaları için yönlendirir [23]. Oluşan agregatlar misel olarak adlandırılır ve bu miseller YAM monomerleri ile dengede bulunurlar. Agregatların bulunduğu sistem dinamik bir yapıya sahiptir ve 10^{-6} ile 10^{-3} saniye zaman ölçeğinde YAM monomerleri bu misellere katılıp ayrılmaktadırlar. Misel etrafındaki karşıt iyonların misel yüzeyine bağlanıp ayrılması ortalama olarak 10^{-5} ile 10^{-3} saniye zaman aralığında gerçekleşmektedir [2]. Bu mikro yapılar arasındaki enerji farkı çok küçük olduğundan etkileşimin fiziksel faktörleri baskın hale gelmektedir.

Bir misel içerisindeki monomer sayısı, agregasyon sayısı (N_{agg}) olarak tanımlanmaktadır. N_{agg} , aynı zamanda misellerin yapısını ve büyüklüğünü karakterize eden bir parametre olarak da bilinmektedir. Misellerin, doğaları gereği monodispers olmadığına dikkat edilmelidir yani miseller sabit sayıda monomerden oluşan tek ve aynı büyüklükteki yapılar değildir. Tersine, agregat büyüklüğünün dağılımı vardır ve bir miselde bulunan monomerlerin ortalama sayısı, ortalama agregasyon sayısı olarak alınır [24]. N_{agg} belirleme teknikleri incelendiğinde, genel olarak floresans spektroskopisine dayanan yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir [25].



Şekil 12. Dinamik misel yapısı

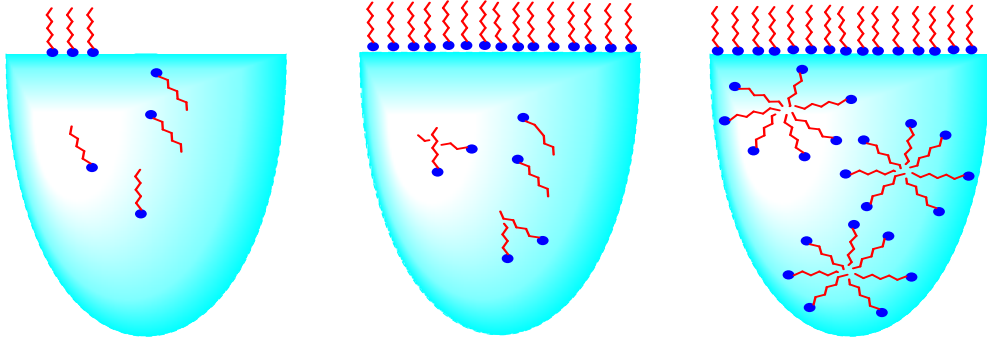
Uyarılmış bir molekül veya atom kararsız bir yapıya sahiptir. Üzerindeki fazla enerjinin bir kısmını veya tümünü ışık olarak yayabilir. Bu durum sonucunda, sistemde bir ışık yayılması yaparak molekül veya atom kararlı temel haline kavuşmak ister. Molekül veya atomların yapmış oldukları ışık yayılması floresans olarak adlandırılmaktadır [26]. Floresans özellik genellikle, devamlı konjugasyona sahip veya aromatik yapılu katı bileşiklerde gözlemlenmektedir. Yapısında dört adet benzen halkası bulduran piren bileşiği, sahip olduğu çifte bağların mükemmel konjugasyonu sayesinde floresans ışımaya yapma özelliğine sahiptir. Floresans probu olarak kullanılan piren, floresans spektrumunda 370-400 nm arasında karakteristik titreşim bantları sergiler [27].

Floresans özelliği gösteren bir maddenin floresans yoğunluğunun azaltılması işlemi İngilizcede quenching olarak adlandırılmakta ve Türkçe karşılığı söndürme olarak tanımlanmaktadır. YAM'lerin agregasyon sayısı, söndürücü konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak, misel'e bağlı probun floresans yoğunluğunun ölçülmesi temeline dayanan yöntem ile belirlenebilmektedir. Bu yöntem hem pratik hem de basittir [28].

1.6.2. Miseller ve Kritik Misel Konsantrasyon

Seyreltik çözeltilerde YAM'ler normal bir elektrolit gibi davranırken, belirgin bir konsantrasyon üzerinde yüzey gerilimi, iletkenlik, osmotik basınç gibi fiziksel özelliklerinde ani değişiklikler meydana gelir. Bu konsantrasyonda monomerler bir araya gelerek hidrofilik baş grupları suya doğru, hidrofobik kuyruk kısımları sudan uzaklaşacak şekilde agregat (misel) oluştururlar. Bu kritik agregasyon konsantrasyonu, kritik misel konsantrasyon (KMK) olarak adlandırılır. Bu nokta, sıvı yüzeyinde tek tabakalı adsorpsiyonun

tamamlandığını ve yüzey aktif özelliklerin optimum bir seviyede olduğunu göstermektedir. KMK üzerinde yüzey aktivitesinin sebebi olan monomerlerin konsantrasyonu neredeyse sabit kalmaktadır. Dolayısıyla, bu konsantrasyon üzerinde çözeltinin YAM özelliklerinde önemli bir değişiklik meydana gelmez (Şekil 13). Misellerin herhangi bir yüzey aktivitesi yoktur. YAM konsantrasyonundaki herhangi bir artış çözeltideki monomer sayısını etkilemez ancak misel yapısını etkiler [23]. Oda koşullarında, genel olarak KMK değerleri; anyonik YAM'ler için 10^{-3} - 10^{-2} M, amfoterik ve katyonik YAM'ler için 10^{-3} - 10^{-1} M ve iyonik olmayan YAM'ler için ise 10^{-5} - 10^{-4} M konsantrasyon aralıklarındadır. KMK; iletkenlik, yüzey gerilimi, ara yüzey gerilimi, türbidimetri, otomatik difüzyon ve çözündürme gibi fizikokimyasal özelliklerin değişimine ait ölçüm yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Bu metotlar arasında yüzey gerilimi, pratikte en yaygın olarak kullanılmaktadır. ISO 4311 standardına göre [29] yüzey gerilimi YAM'lerin tüm türleri için uygulanabileceğini tanımlayan prosedürü içermektedir. Sulu bir çözeltiye YAM eklendiğinde, YAM'ler su-hava ara yüzeyinde tek tabaka oluşturarak kendi enerjilerini düşürürler. Bu proses polimer gibi büyük moleküller için çok yavaş gerçekleşirken (denge süresi saniye ile günler arasında değişebilir), YAM'ler varlığında oldukça hızlı gerçekleşmektedir [23].



Şekil 13. Konsantrasyona bağlı misel oluşumu

YAM yapısı, sıcaklık, elektrolit, organik bileşikler ve ikinci bir çözücü varlığı KMK üzerinde etkilidir. Genellikle aşağıdaki faktörler KMK üzerinde azaltıcı etkiye sahiptir [23, 30-33]:

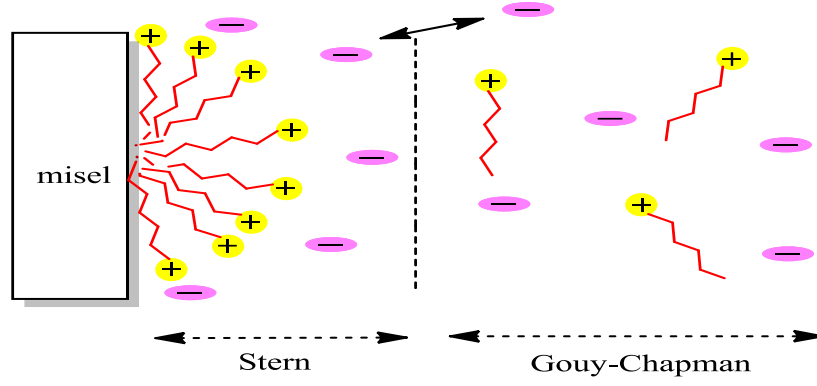
- Hidrofobik kuyruk kısmındaki karbon atomları sayısındaki artış,
- Polioksipropilen grubunun varlığı,

- Florokarbon yapısı,
- İyonik YAM'lere elektrolit ilavesi,
- Polar organik bileşiklerin varlığı (alkoller ve aminler gibi),
- Ksiloz ve fruktoz ilavesi.

Aşağıdaki faktörler ise KMK üzerinde yükseltici etkiye sahiptir [23, 30-33]:

- Dallanmış hidrofobik yapının varlığı,
- Karbon atomları arasındaki çifte bağlar,
- Hidrofobik zincirdeki polar gruplar (O veya OH)
- Kuvvetli iyonize polar gruplar (sülfatlar ve kuarterner yapılar)
- Yüzey aktif madde molekül merkezine hidrofilik grupların yerleştirilmesi,
- Hidrofilik baş grup sayısındaki artış,
- Triflorometil gruplar,
- Hidrofilik baş grup boyutundaki artış,
- Amfoterik yüzey aktif maddeler için izoelektrik bölgedeki pH değerinde artma veya azalma,
- Üre, etilen glikol, formamid, dioksan ve suda çözünür esterlerin ilavesi.

İyonik misellere ait karşıt iyon bağlanma ve elektriksel çift tabaka içeriklerini sunan şematik gösterim Şekil 14'de yer almaktadır. Pozitif veya negatif yüklere sahip baş grupları barındıran YAM'lerden meydana gelen misellerde karşıt iyonların bir kısmı çözelti içerisinde serbest halde bulunurken, bir kısmı da miselin yüzeyini çevreler. Yüklü misel yüzeyinden uzaklaştıkça, negatif yüklü karşıt iyonların yoğunluğunu kademeli olarak azaltmak için pozitif yüklü iyonların difüzyonu gerçekleşmektedir. Bu durumu ele almak için geliştirilen matematiksel modeller, Şekil 14'de gösterildiği gibi Stern ve Gouy-Chapman olarak adlandırılan iki varsayım katmanını ortaya koymaktadır. Bu çift tabakada, karşıt iyonlar ile çevrelenen iç bölge Stern tabakasını, konsantrasyon gradientinin tanımlanabildiği bölge ise Gouy-Chapman difüzyon tabakasını simgelemektedir. Bu tabakaların dış bölgesi iyon yoğunluğu açısından nötral olarak kabul edilmiştir. Miselin yüzeyini çevreleyen karşıt iyonların, sistemde bulunan tüm karşıt iyonlara oranı ρ değeri ile simgelenmektedir. ρ karşıt iyonların bağlanma derecesini, $(1-\rho)$ yani α ise ayrışma derecesini ifade etmektedir. Stern tabakası ve Gouy-Chapman difüzyon tabakalarından meydana gelen çift tabaka, düzlemsel/kavisli kolloidal yüzeyler ve misel yüzeyleri için geçerlidir [2].



Şekil 14. Karşıt iyon bağlanma ve çift tabaka içeriklerinin şematik gösterimi

Ürün özelliklerinin geliştirilmesi için birçok formülasyonda birden fazla YAM kullanıldığı, yapılan literatür çalışmalarında gözlemlenmiştir [34]. Bu karışım sistemleri; deterjan, yağ geri kazanımı, emülsiyon oluşturma ve nanoteknoloji gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [2, 23]. Birden fazla YAM ile oluşturulan sistemlerde yüzey ve ara yüzey özellikleri, tek başına kullanılan YAM sistemlerine kıyasla daha etkili olabilmektedir. İki YAM karıştırıldığında, karışım sistemi ideal çözelti olarak davranabildiği gibi aşağıda verilen ideal çözelti davranışından sapmalar da gösterebilir. Karışımlara ait ideal çözelti sistemleri için aşağıda verilen Clint denklemi kullanılmaktadır [35].

$$\frac{1}{\text{KMK}_{\text{ideal}}} = \frac{X}{\text{KMK}_1} + \frac{1-X}{\text{KMK}_2} \quad (1)$$

$\text{KMK}_{\text{ideal}}$; karışım çözeltisinin ideal KMK değerini, KMK_1 ve KMK_2 ; karışım sisteminde bulunan bileşenlerin saf hallerine ait KMK değerlerini, X ise karışım sisteminde bulunan birinci bileşenin mol kesrini ifade etmektedir.

Karışım sistemlerinde meydana gelebilecek sapmaların sebebi, iki YAM arasında oluşabilecek etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. İki bileşenden oluşan ideal olmayan çözelti sistemlerinde sinerjik ve antagonist etkileşimler mevcut olabilir [36]. Bu bağlamda elde edilen çözeltinin KMK değeri çözeltiyi oluşturan bileşenlerin saf hallerine ait KMK değerlerinden küçük olduğunda sinerjik etki, büyük olduğunda ise antagonist etki meydana gelmektedir. Sinerjik etkileşim için β negatif olmalı ve $|\beta| > |\ln(C_1/C_2)|$ eşitliği sağlanmalıdır. Antagonist etkileşimler için ise β pozitif olmalı ve $|\beta| > |\ln(C_1/C_2)|$ eşitliği sağlanmalıdır [8].

İki YAM arasındaki etkileşimin temelini elektrostatik kuvvetler oluşturmaktadır. Yapılan çalışmalar genel olarak elektrostatik etkileşimin gücünü; anyonik-katyonik> anyonik-amfoterik> katyonik-amfoterik> anyonik-iyonik olmayan> katyonik-iyonik olmayan şekilde sıralamaktadır [8]. Karışım sistemlerinde, Rubingh tarafından önerilen düzenli çözeltiler yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır. Rubingh yaklaşımı kullanılarak birçok ikili sistem çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin temeli ideal olmayan çözeltilerin termodinamiğine dayanmaktadır. Bu durum Rubingh denklemleri ile aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir [37].

$$\frac{(X_1)^2 \ln(XC_{12}/X_1C_1)}{(1-X_1)^2 \ln[(1-X)C_{12}/(1-X_1)C_2^M]} = 1 \quad (2)$$

$$\beta = \frac{\ln(XC_{12}/X_1C_1)}{(1-X_1)^2} \quad (3)$$

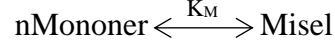
X; karışım çözeltilisindeki 1. bileşenin mol kesrini, C_1 ; karışım çözeltilisindeki 1. bileşenin KMK değerini, C_2 ; karışım çözeltilisindeki 2. bileşenin KMK değerini, C_{12} ; karışım çözeltilisinin KMK değerini, X_1 ; birinci bileşenin karışık misel içerisindeki mol kesrini, β ise etkileşim parametresini simgelemektedir.

1.6.2.1. Misel Oluşum Teorileri

Misel oluşum prosesini temel enerji düzeyinde anlamak için literatürde genel kabul görmüş iki ana model mevcuttur. Bu yaklaşımlardan birincisi kütle etki modelidir. Bu modelde miseller ve monomerlerin bir tür kimyasal dengede olduğu kabul edilir. İkinci yaklaşım ise pseudo-faz ayırım modelidir. Bu modele ise misellerin KMK ve üzeri konsantrasyonlarda sistemde yeni bir faz oluşturdukları düşünülmektedir. Her iki yaklaşımda da miselleşme prosesini tanımlamak için klasik termodinamik yaklaşımlar kullanılmaktadır [24].

1.6.2.1.1. Kütle Etki Modeli

Bu modelde, miseller ile YAM monomerlerinin bir tür kimyasal dengede olduğu kabul edilir. Bu durum:



şeklinde ifade edilir. Bu denge ifadesindeki n değeri agregasyon sayısını temsil etmektedir. Misel oluşumu için denge sabiti K_M aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$K_M = \frac{X_{\text{mis}}}{(X_{\text{mon}})^n} \quad (4)$$

X_{mis} ; miselin mol kesrini, X_{mon} ise monomerin mol kesrini simgelemektedir. Bu model için Gibbs enerji değişimi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\Delta G_{\text{mis}}^0 = -\frac{RT}{n} \ln K_M = -\frac{RT}{n} [n \ln X_{\text{mon}} - \ln X_{\text{mis}}] \quad (5)$$

Bu varsayım teorisine göre ΔG_{mis}^0 hesaplanabilmesi için denge sabiti K_M 'nin KMK değeri ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. R; Rydberg sabitini ($8.314\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) ve T ise Kelvin cinsinden sıcaklığı ifade etmektedir.

1.6.2.1.2. Pseudo-faz Ayrım Modeli

Pseudo-faz ayrım modeli; sulu bir çözelti sisteminde misellerin meydana gelmesi ile sistemde yeni bir faz oluşumunun gerçekleştiğini ele alan modeldir. KMK değeri monomerik türlerin çözünürlük sınırı olarak kabul edilmiştir. Bu misel oluşum modeli varsayımına göre, serbest halde bulunan bir monomer ve bir misel dengede iken kimyasal potansiyelleri birbirine eşittir.

$$\mu_{\text{mon}} = \mu_{\text{mis}} \quad (6)$$

Monomerin kimyasal potansiyeli aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\mu_{\text{mon}} = \mu_{\text{mon}}^{\circ} + RT \ln X_{\text{mon}} \quad (7)$$

Bu eşitlikte μ_{mon}° , serbest haldeki YAM'nin standart durumdaki potansiyelini simgelerken X_{mon} , serbest YAM'nin mol kesrini ifade etmektedir. Genellikle YAM'ler için konsantrasyon değerleri düşük olduğundan (seyreltik) aktiviteler ihmal edilmiştir. Bu teoriye göre miseller standart halde varsayıldığı için miselin kimyasal potansiyeli ile standart kimyasal potansiyeli birbirine eşittir.

$$\mu_{\text{mis}} = \mu_{\text{mis}}^{\circ} \quad (8)$$

Bu sistemde misel oluşumundan kaynaklanan Gibbs enerji değişimi ($\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$) aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\begin{aligned} \Delta G_{\text{mis}}^{\circ} &= \mu_{\text{mis}}^{\circ} - \mu_{\text{mon}}^{\circ} \\ &= (\mu_{\text{mis}} - \mu_{\text{mon}}) + RT \ln X_{\text{mon}} \end{aligned} \quad (9)$$

Yukarıda da belirtildiği üzere monomerlerin çözünürlük sınırı KMK değeri olarak kabul edildiğinden $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ için aşağıda gösterilen Eşitlik 11 elde edilir.

$$X_{\text{mon}} = X_{\text{KMK}} \quad (10)$$

$$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ} = RT \ln X_{\text{KMK}} \quad (11)$$

Bu eşitlik iyonik olmayan YAM'ler için kullanılmaktadır. X_{KMK} ; KMK değerindeki mol kesridir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$X_{\text{KMK}} = \frac{n_{\text{YAM}}}{n_{\text{YAM}} + n_{\text{su}}} \quad (12)$$

n_{YAM} ; YAM'nin mol sayısını, n_{su} ise suyun mol sayısını ifade etmektedir. İyonik YAM türleri için çözelti sisteminde mevcut olan karşıt iyonların bir kısmının misel fazına transfer olduğu göz önünde bulundurulduğunda Eşitlik 11 aşağıdaki hali alır [24]:

$$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ} = RT \ln X_{\text{KMK}} + (1-\alpha)RT \ln X_c \quad (13)$$

Bu eşitlikte α ; iyonlaşma derecesini, X_c ; misele bağlı karşıt iyonların mol kesrini, R ; Rydberg sabitini ($8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) ve T ise Kelvin cinsinden sıcaklığı ifade etmektedir. Monomerik yapı (yapısında tek baş ve tek kuyruk kısmı barındıran) ve dimerik yapı (YAM'ler için sırasıyla aşağıda verilen Eşitlik 14 ve 15 kullanılır [38-39]).

$$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ} = (2-\alpha)RT \ln X_{\text{KMK}} \quad (14)$$

$$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ} = (3-2\alpha)RT \ln X_{\text{KMK}} \quad (15)$$

$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$, $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ ve $\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ gibi termodinamik fonksiyonlar, YAM çözeltilerinin davranışlarını nicel olarak anlayabilmek için önemlidir. Standard miselleşme entalpi değişimi ($\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$), Gibbs-Helmholtz (Eşitlik 16) denkleminin Eşitlik 14 ve 15'e uygulanması ile elde edilebilir [2]. Eşitlik 17 monomerik türler [40] için Eşitlik 18 ise gemini türler [41] için kullanılmaktadır.

$$\left(\frac{\partial(G/T)}{\partial T} \right)_P = -\frac{H}{T^2} \quad (16)$$

$$\Delta H_{\text{mis}}^{\circ} = -RT^2 \left[(2-\alpha) \left(\frac{d \ln X_{\text{KMK}}}{dT} \right)_P + \ln X_{\text{KMK}} \left(\frac{1-\alpha}{dT} \right)_P \right] \quad (17)$$

$$\Delta H_{\text{mis}}^{\circ} = -RT^2 \left[(3-2\alpha) \left(\frac{d \ln X_{\text{KMK}}}{dT} \right)_P + \ln X_{\text{KMK}} \left(\frac{1-\alpha}{dT} \right)_P \right] \quad (18)$$

Miselleşme standart entropi değişimi ise aşağıdaki termodinamik bağıntıdan kolaylıkla hesaplanabilir.

$$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ} = \Delta H_{\text{mis}}^{\circ} - T \Delta S_{\text{mis}}^{\circ} \quad (19)$$

Misel oluşum proseslerinde, $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ değeri her zaman negatiftir. Bu değer negatif olması misel oluşumunun kendiliğinden gerçekleştiğini belirtir. $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değeri ise negatif veya

pozitif olabilir. Bu değerler, entalpi açısından misel oluşumunun tercih edilebilir olup olmadığını ifade eder. Bununla birlikte, $\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ genellikle pozitif değerlere sahiptir ve misel oluşumunun entropi açısından tercih edilebilir olduğunu simgelemektedir. $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değeri pozitif olduğunda, misel oluşumuna entropinin katkısı, daima entalpi katkısından çok daha büyük olacaktır: $|\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}| < |T\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}|$. Miselleşme için baskın entropi katkısı hidrofobik etki olarak adlandırılır. Misel oluşumuna entropi katkısı üç kaynaktan ileri gelmektedir [2]:

1. YAM molekülünün konumunun değişimi (serbest halde bulunan monomer molekülünün misel haline transferi),
2. Miselleşme süresince suyun halinin değişmesi,
3. YAM'nin moleküler dinamiğinin değişmesi (özellikle hidrokarbon zinciri).

Yukarıda belirtilen katkıların toplamı ile ifade edilen $\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ aşağıdaki şekilde gösterilir:

$$\Delta S_{\text{mis}}^{\circ} = \Delta S_{\text{YAM}}^{\circ} + \Delta S_{\text{su}}^{\circ} + \Delta S_{\text{hidrokarbon}}^{\circ} \quad (20)$$

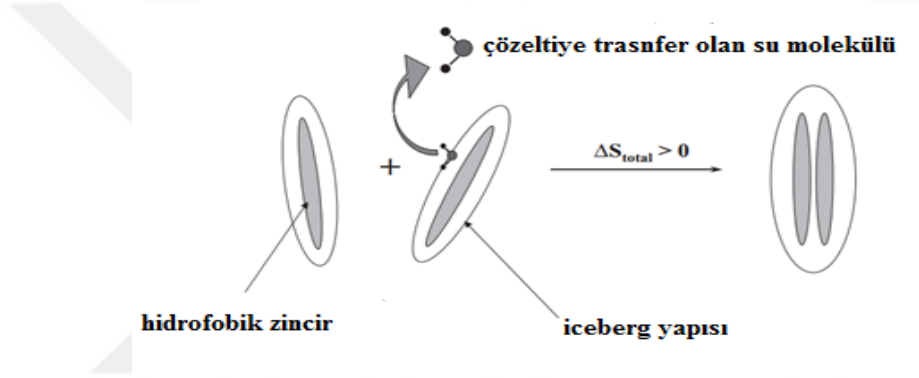
$\Delta S_{\text{hidrokarbon}}^{\circ}$ genellikle birinci ve ikinci terim değerlerinden çok küçük olduğu için ihmal edilir.

$$\Delta S_{\text{mis}}^{\circ} = \Delta S_{\text{YAM}}^{\circ} + \Delta S_{\text{su}}^{\circ} \quad (21)$$

Çözelti sistemindeki serbest halde bulunan YAM'lerin misel içerisine transferi ile birlikte entropi azalır. Diğer bir ifade ile $\Delta S_{\text{YAM}}^{\circ}$ değeri her zaman negatiftir. Bununla birlikte, $\Delta S_{\text{su}}^{\circ}$ değeri her zaman pozitiftir.

Sulu bir YAM çözeltisi oluşturulduğunda, YAM'nin hidrofobik kısımları tarafından suyun tetrahedral bağ yapısı bozulur. Bu durum YAM'nin hidrofobik zincir yüzeyinde veya hidrofobik zincir-su ara yüzeyinde meydana gelir. Bağ yapısı bozulan bu su molekülleri için yeniden organize olabilmenin en istemli yolu, çözünen hidrofobik madde etrafında bir moleküler su ağı meydana getirmektir. Bu ağ 'iceberg' olarak adlandırılır. Iceberg oluşumunun kendisi bir entropik etkiye sahip değildir. Iceberg yapısındaki su moleküllerinin moleküler hareketinin, çözüldüküne göre bin kat daha yavaş olduğu ölçülmüştür. Bu durum

sistemin entropi kaybıdır ve bu kayıp sistemin entalpisi ile telafi edilir. Çözünen moleküller su kümeleri ile bir araya geldiğinde, iceberg olarak adlandırılan bu yapı tek tek su moleküllerine ayrılmaya başlar (Şekil 15). Ayrılan su molekülleri, sulu çözeltiliye geri döndüklerinde tekrar kendi orijinal moleküler hareketlerine kavuşurlar. Böylece, birbirine yaklaşan çözünen moleküller net bir şekilde entropilerini kaybederler. Bununla birlikte, toplam sistem kayda değer büyüklükte entropi kazanır. Bu büyük entropi, çözünen moleküllerinin bir araya gelmesinden kaynaklı entropi kaybının üstesinden gelir [2]. Böylelikle ΔS_{su}^0 değeri her zaman pozitif olur. ΔS_{mis}^0 her daim sıfırdan büyüktür ve daha öncede bahsedildiği üzere sistemdeki katkısı entalpi katkısından daha baskındır.



Şekil 15. Hidrofobik etkinin şematik gösterimi [2].

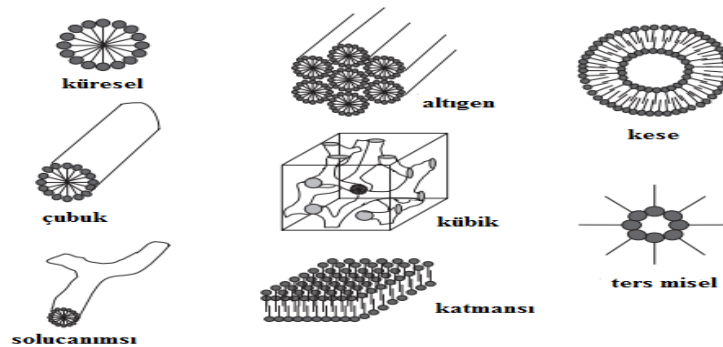
Genellikle YAM'ler için 10-40°C sıcaklık aralığında $|\Delta S_{YAM}^0| < |\Delta S_{su}^0|$ eşitliği geçerlidir.

1.6.2.2. Misel Boyutları ve Yapıları

Misel oluşum prosesinin kuvvetler arasındaki denge ile meydana geldiğini ve herhangi bir kovalent bağ oluşumunun gerçekleşmediğini daha önce de belirtmiştik. İtici veya çekici kuvvetlerin üzerinde etkili olan herhangi bir değişiklik gerçekleştiğinde, bu kuvvetler arasındaki kuvvet dengesi değişebilir. Örneğin, katyonik bir misel üzerindeki anyonik karşıt iyonların bağlanma derecesinin değişmesi, misel yüzeyindeki pozitif yüklü baş grupların yoğunluğunu etkileyecek ve baş gruplar arasındaki itme kuvvetlerini değiştirecektir. Bu durumda, hidrofobik (çekici) kuvvet yeni oluşan kuvvet dengesine cevap verecektir. Bu

kuvvet dengesinde meydana gelen değişiklikler genellikle misel yapıları üzerinde de değişikliklere sebep olmaktadır. YAM'nin moleküler yapısı, YAM konsantrasyonu, çözücü polaritesi, çözücü pH'ı, karşıit iyonların boyutu, tuz konsantrasyonu ve tipi, sıcaklık ve basınç gibi birçok etken misel şeklinde değişikliklere sebep olabilmektedir [42]. Çözelti içerisindeki misellerin yaygın olarak bulunduğu yapılar ve bu yapılar arasındaki geçiş genellikle küresel--çubuk--solucanımsı--sıvı kristal şeklinde gerçekleşmektedir. Misel yapısındaki değişiklikler genellikle YAM konsantrasyonunun ve karşıit iyon konsantrasyonunun artması ile gerçekleşir. YAM konsantrasyonunun artması çekici kuvvetlerin artışına, karşıit iyon konsantrasyonunun artması ise itici kuvvetlerin azalmasına sebep olur. Çubuk şeklindeki miseller, küresel miseller ile neredeyse aynı misel çapına sahiptir. Uzunlukları ise çaplarının yaklaşık 2-5 katı kadardır. Solucanımsı yapılı miseller, çubuk şeklindeki miseller ile aynı kesit alanına sahip fakat sıklıkla dallanmış veya rastgele bağlı bir görünüme sahiptirler [43]. Altıgen, kübik ve katmansız misel yapıları sıvı kristal türleridir (Şekil 16). Altıgen iki boyutludur ve çubuk şeklindeki misellerin dizilmesi ile meydana gelir. Kübik yapı üç boyutludur. Katmansız olarak adlandırılan yapı ise düzlemsel bir levhanın tek boyutlu katmanlı bir yapısıdır.

YAM'lerin kendiliğinden bir araya toplanarak agregat meydana getirmelerinden temel sorumlu olan küresel yapıdır. Çubuk ve solucanımsı miseller, küresel misel içerisindeki kuvvet dengelerinde meydana gelen kaymalar sonucunda türetilmiş formlar olarak düşünülebilir. Bu miseller arasındaki güçlü itme kuvvetlerinin varlığı daha ileri agregasyon oluşumunu engeller. Bununla birlikte, kuvvetler dengesinde çekici kuvvetlerin baskın hale gelmesi ve itici kuvvetlerin zayıflaması sonucunda agregasyon oluşumu sıvı kristal yapısına doğru ilerler. Çubuk veya solucanımsı misellerin kendi aralarında tekrar düzenlenmesi ile altıgen veya dörtgen geometrili sıvı kristaller meydana gelebilir [44-45].



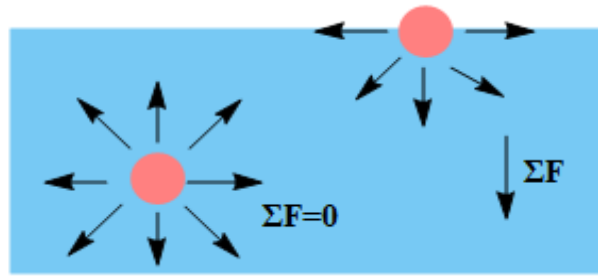
Şekil 16. Çözelti içerisinde bulunabilen farklı misel yapıları [2].

1.6.3. Yüzey Aktivitesi ve Adsopsiyon

Bir maddenin YAM olarak nitelendirilebilmesi için yüzey aktivitesi göstermelidir. Bu madde düşük konsantrasyonda bir sıvıya ilave edildiğinde, sistemin yüzeyine veya ara yüzeyine adsorbe olabilmeli ve yüzey/ara yüzey serbest enerjisini düşürebilmelidir. YAM'lerin yüzey ve ara yüzey gerilimlerini nasıl azalttığını anlamak için öncelikle bu kavramları tanımlamak gerekmektedir.

1.6.3.1. Yüzey Gerilimi

Sıvı içerisindeki moleküller; hidrojen bağı, dispersiyon, dipol-dipol ve dipol-indüklenmiş dipol kuvvetleri sebebi ile birbirlerini çekmektedirler [46]. Sıvı içerisindeki moleküller arasında çekici kuvvetler her yönden eşittir ve net kuvvet sıfırdır (Şekil 17). Bununla birlikte, sıvı yüzeyindeki moleküller düzgün bir etkileşim oluşturamazlar. Çünkü, gaz tarafındaki moleküller geniş aralıktır ve moleküler etkileşimler çoğunlukla yüzey molekülleri ve yüzey altı sıvı molekülleri arasındadır (net kuvvet sıfır değildir). Bu sebeple, sıvı yüzeyindeki moleküller sıvı içerisindeki moleküllerden daha büyük serbest potansiyel enerjiye sahiptir. Yüzey moleküllerinde bulunan birim alan başına bu aşırı serbest enerji, yüzey gerilimi olarak tanımlanmaktadır (γ).



Şekil 17. Sıvı yüzeyinde ve sıvı içerisindeki moleküller üzerine uygulanan kuvvetler

Yüzey gerilimi bir termodinamik özelliktir. Yüzey gerilimi ve yüzey serbest enerjisinin termodinamik açıdan tanımı ise tersinir ve izotermal koşullarda yüzey alanının bir birim miktar arttırılması şeklindedir. Yüzey gerilimi; sabit sıcaklık ve basınç altında ölçülebilir ve değeri daha büyük bir yüzey alanı yaratmak için birim alan başına gerekli

minimum iş miktarını temsil eder. Yüzey gerilim ölçümü; sıvı ve hava arasındaki yüzeyin birim alandaki serbest enerjisinin ölçümüdür (erg.cm^{-2} , J.m^{-2}). Yüzey gerilimi, dengede yüzeyin birim uzunluğu başına ara yüzeye normal etki eden kuvvet olarak da belirlenebilir (dyn.cm^{-1} veya mN.m^{-1}). Bu kuvvet nedeniyle, sıvı yüzey minimum yüzey alanına sahip olma eğilimindedir. Böylelikle gaz fazındaki bir sıvı damlası ve sıvı fazdaki kabarcıklar küresel şekil alırlar [23].

Sıvıların yüzey gerilimleri dinamik ve statik yüzey gerilim yöntemleri ile belirlenir. Statik yüzey gerilimi dengedeki sıvının yüzey gerilimini karakterize eder ve Du Nouy halka, Wilhelmy plaka ve damla sayısı yöntemleri ile belirlenir. Dinamik yüzey gerilimi ise zamanın bir fonksiyonu olarak yüzey gerilimini belirler ve genellikle kabarcık metot yöntemi ile belirlenir. Du Nouy halka yöntemi için, askıya alınmış hassas işlenmiş bir platin / iridyum halkası bir kuvvet ölçüm dengesinden, bir cam kaba yerleştirilen sıvıya indirilir ve yavaş yavaş geri çekilir. Halka geri çekilirken yüzey gerilimi, sıvının halkanın alt tarafına tutunmasına neden olur. Tutunan sıvının ağırlığının eklenmesi ile halkanın ağırlığı artar ve gözlenen maksimum dikey kuvvet artışı yüzey gerilimi olarak kaydedilir [23].

1.6.3.2. Sıvı-hava Ara Yüzeyinde Adsorpsiyon

Polar baş gruplarının suya yönelme isteği ve hidrofobik zincir gruplarının sudan uzaklaşma isteği sebebiyle YAM'ler yüzey/ ara yüzeylerde adsorbe olma eğilimindedirler. YAM konsantrasyonu ara yüzeydeki YAM'lerin adsorpsiyonunu etkilemektedir. Düşük konsantrasyonlarda YAM molekülleri yüzey üzerinde düz yatarak veya dik olarak durmaktadırlar. Çözelti konsantrasyonu arttıkça yüzey üzerindeki YAM moleküllerinin sayısı artar ve kuyruk kısımları gaz veya polar olmayan sıvı tarafına doğru dik olarak yönelmeye başlarlar. Ara yüzeyde tek tabaka oluşturacak şekilde adsorplanırlar ve bu noktadan sonra sıvı içerisinde agregatlar oluşmaya başlar. Adsorpsiyon direkt ve direkt olmayan yöntemler ile ölçülebilir. Yüzey mikrotom yöntemi [47], köpük üretim yöntemi [48] ve radyoaktif işaretli YAM adsorpsiyon yöntemleri [49] direkt ölçüm yöntemleridir. Fakat bu metotların birçok dezavantaja sahip olması sebebiyle yüzey doyumluğundaki ara yüzeyin birim alanı başına adsorbe olan yüzey aktif madde miktarı (Γ), Gibbs adsorpsiyon denklemlerinin uygulanmasıyla ara yüzey veya yüzey gerilim ölçümü olarak adlandırılan direkt olmayan yöntemler ile belirlenir. YAM yapısı, elektrolit varlığı, iyonik olmayan sıvıların doğası ve sıcaklık önemli ölçüde Γ değerini etkiler.

1.6.3.2.1. Gibbs Adsorpsiyon Denklemleri

En genel hali ile Gibbs adsorpsiyon denklemi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir [8].

$$d\gamma = - \sum_i \Gamma_i d\mu_i \quad (22)$$

Bu eşitlikte $d\gamma$; çözücünün yüzey veya ara yüzey gerilimindeki değişikliğini, Γ_i ; sistemin her bir bileşenine ait aşırı yüzey konsantrasyonunu ve $d\mu_i$ ise sistemin her bir bileşeninin kimyasal potansiyelindeki değişimini ifade eder. Tek tabaka oluşturan tüm adsorpsiyon prosesleri için yukarıdaki denklem geçerlidir. Ara yüzey ve çözelti fazı konsantrasyonları arasında denge gerçekleştiğinde ise Eşitlik 23 geçerli olur.

$$d\mu_i = RT d \ln a_i \quad (23)$$

Üstteki eşitlikte a_i çözültideki her bir bileşenin aktivitesini ifade etmektedir. Eşitlik 22 ve 23 birleştirildiğinde aşağıdaki eşitlikler yazılabilir:

$$d\gamma = -RT \sum_i \Gamma_i d \ln a_i \quad (24)$$

$$d\gamma = -RT \sum_i \Gamma_i d \ln x_i f_i \quad (25)$$

$$d\gamma = -RT \sum_i \Gamma_i d(\ln x_i + \ln f_i) \quad (26)$$

Yukarıdaki eşitliklerde x_i ; çözültideki i bileşeninin mol kesrini, f_i ise i bileşeninin aktivite katsayısını ifade eder. Çözücü ve bir çözünenen oluşan sistemler için Eşitlik 26 aşağıdaki gibi tekrar düzenlenebilir.

$$d\gamma = -RT(\Gamma_0 d \ln a_0 + \Gamma_1 d \ln a_1) \quad (27)$$

Eşitlik 27'de 0 alt indisi çözücüü simgelerken 1 alt indisi çözüneni temsil etmektedir. İyonik olmayan YAM içeren seyreltik çözültelerde (10^{-2} M'dan daha düşük konsantrasyona sahip) çözücü aktivitesi ve çözünen aktivite katsayısı sabit olarak düşünülebilir ve çözünenin

mol kesri olan x_i değerinin molar derişim olan C_1 ile yer değişimi sağlanabilir. Bu durumda aşığıdaki eşitlik yazılabilir:

$$d\gamma = -RT\Gamma_1 d \ln C_1 \quad (28)$$

Eşitlik 28'de iyonik olmayan yüzey aktif madde içeren çözeltilerde kullanılmaktadır. İyonik yüzey aktif maddeler için ise n ; ara yüzeydeki konsantrasyon yani C_1 değerindeki değişlikle değişen çözünen tür sayısıdır. Eğer çözeltiler, A^+B^- şeklinde 1:1 elektrolit tipinde tamamen iyonlarına ayrılmış tek tip bir YAM içeriyor ise Eşitlik 28 aşığıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$d\gamma = -RT(\Gamma_{A^+} d \ln a_{A^+} + \Gamma_{B^-} d \ln a_{B^-}) \quad (29)$$

Bu durumda $\Gamma_1 = \Gamma_{A^+} = \Gamma_{B^-}$ ve $a_{A^+} = a_{B^-} = C_1 \times f_{\pm}$ olacağından aşığıdaki eşitlik yazılabilir:

$$d\gamma = -2RT\Gamma_1 d (\ln C_1 + \ln f_{\pm}) \quad (30)$$

f_{\pm} ; YAM'nin aktivite katsayısıdır. Seyreltik monomerik YAM içeren çözeltiler için ise Eşitlik 31 kullanılır.

$$d\gamma = -2RT\Gamma d \ln C_1 \quad (31)$$

İki farklı YAM karışımını içeren çözeltiler için; $n_{\text{mix}} = n_1 X_1 + n_2 X_2$ 'dir. n_1 ve n_2 sırasıyla birinci ve ikinci YAM'lere ait n değerlerini, X_1 ve X_2 ise sırasıyla birinci ve ikinci YAM'lere ait mol kesirlerini simgeler [8]. İyonlarına ayrıştığında sulu sistemde üç tip iyonik yapı barındırması sebebi ile gemini YAM'ler için Eşitlik 31'de 2 sayısal değeri yerine 3 yazılır. En genel hali ile iyonik YAM'ler için Γ_{maks} aşığıdaki Eşitlik 32 kullanılarak hesaplanır [50]. Γ_{maks} değeri ile bağlantılı olarak molekül başına düşen minimum yüzey alanı A_{min} değeri ise Eşitlik 33 kullanılarak hesaplanabilir [3].

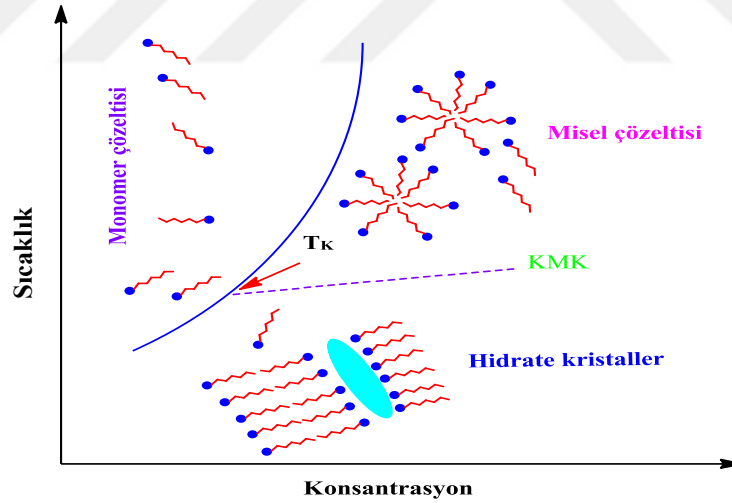
$$\Gamma_{\text{maks}} = -\frac{1}{nRT} \times \frac{d\gamma}{d \ln C_1} \quad (32)$$

$$A_{\text{min}} = \frac{10^{20}}{N_A} \times \Gamma_{\text{maks}} \quad (33)$$

1.6.4. Krafft Sıcaklığı

YAM'lerin sergilediği karakteristik özelliklerden bir tanesi de Krafft sıcaklığıdır (T_K). T_K ; iyonik yapılı YAM'lerin misel oluşturabilmeleri için gerekli minimum sıcaklık olarak tanımlanmaktadır [51]. T_K aynı zamanda kritik misel sıcaklığı olarak da bilinmektedir [52]. T_K altındaki sıcaklıklarda YAM'lerin çözünürlüğü çok düşüktür. Bu sıcaklık değeri altındaki sıcaklıklarda YAM'ler genellikle misel meydana getiremezler. T_K altındaki sıcaklıklarda YAM monomerleri sadece hidrate faz ile denge durumundadır. T_K sıcaklığına varıldığında ise misel oluşumu başlar. Şekil 18'de görüldüğü üzere T_K sıcaklığında katı hidrate YAM, miseller ve monomerler arasında bir denge mevcuttur.

Misel oluşturan iyonik yapılı YAM'lerin çözünürlükleri T_K sıcaklığının üzerinde güçlü bir artış göstermektedir [11]. İyonik YAM'ler için, sıcaklık artışı ile çözünürlüğün aniden gerçekleştiği nokta olan T_K deneysel olarak belirlenebilir [53]. T_K ; hidrofobik grubun yapısı, YAM ve bu YAM'ye ait olan karşıt iyon arasındaki iyonik etkileşimin birer fonksiyonu olarak değişebilir.

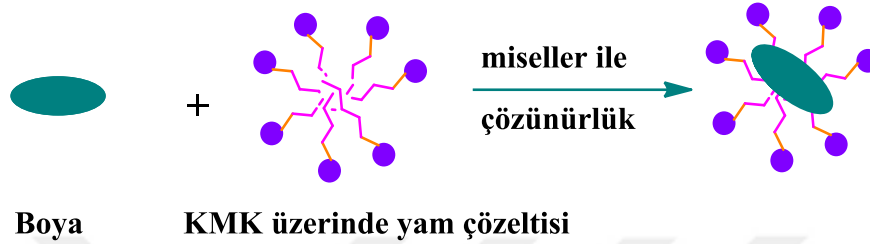


Şekil 18. Krafft sıcaklığına ait faz diyagramı

1.6.5. Çözündürme

Misel içeren sistemler ile suda çözünmeyen maddelerin suda çözünür hale getirilmesi veya suda az çözünen maddelerin çözünürlüklerinin artırılması mümkündür. Su polar yapıya sahip olduğundan, apolar yapıdaki maddelerin suda çözünürlüğü neredeyse yok

denecek kadar azdır. Bu sınırlı çözünürlüğe sahip maddeler, apolar özellikteki hidrokarbon gruplarının bulunduğu misellerin iç bölgelerine hareket ederler (Şekil 19). Misellerin iç bölgesi organik faz gibi davranır ve çözündürme prosesinde hidrofobik kuvvetler etkili olur [54]. KMK değeri altındaki çözeltilerde YAM'ler serbest halde bulduklarından, suda çözünmeyen maddelerin çözünür hale getirilmesi işleminde bir etkiye sahip değildir.



Şekil 19. Miseller ile çözünürlüğün şematik gösterimi

YAM konsantrasyonunun artması ile çözünürlüğün artışı, çözelti içerisinde daha fazla misel oluşumu ile daha fazla çözündürme bölgesinin meydana gelmesinden kaynaklanmaktadır. Bu işlemde, çözündürülmüş malzeme ile çözündürme çözeltisi aynı fazdadır ve sonuç olarak sistem termodinamik olarak kararlıdır [55].

Çözündürme gücü; YAM'nin yapısı, agregasyon sayısı, misel geometrisi, çözünenin yapısı, çözündürme ortamının iyonik gücü ve sıcaklığa bağlıdır. Çözündürücünün (YAM'nin) zincir uzunluğu ve hidrofilik baş grubun konumu çözündürme üzerinde etkiye sahiptir. Çözündürülen madde miktarı genellikle misel boyutları ve agregasyon sayısının artması ile artar. Sulu ortamda çözündürme işlemi, suda çözünmeyen malzemeler içeren ürün formülasyonlarında büyük öneme sahiptir. Bu tarz formülasyonlarda, çözündürme işlemi için kullanılan organik çözücüler yerine, çözücü olarak su yer alabilmektedir [55-56].

Boyarmaddelerin çözündürülmesi için YAM'lerin kullanımı 1940'lı yıllara dayanmaktadır. YAM'ler aynı zamanda boyaların süspansiyon ve emülsiyonlarını oluşturmak için de kullanılmaktadırlar. Boyalar, görünür ışığın bir kısmını absorplayan organik maddelerdir. 19. yüzyılın sonlarına doğru petrol kaynaklarından elde edilen sentetik boyalar geliştirilmeye başlanmıştır. Günümüze kadar olan süreçte 100.000'den fazla farklı yapıya sahip boya üretilmiştir. Dünyadaki organik boya tüketimi, küresel iplik üretimi ile doğru orantılıdır. Günümüzde dünya çapındaki iplik üretimi yaklaşık 80 milyon ton

civarında ve toplam boya tüketimi ise 1 milyon tonun üzerindedir [57]. Dünya piyasasında kayda değer tüketime sahip boyaların çözüldürülmesi ve özelliklerinin incelenmesi bu açıdan önemlidir.

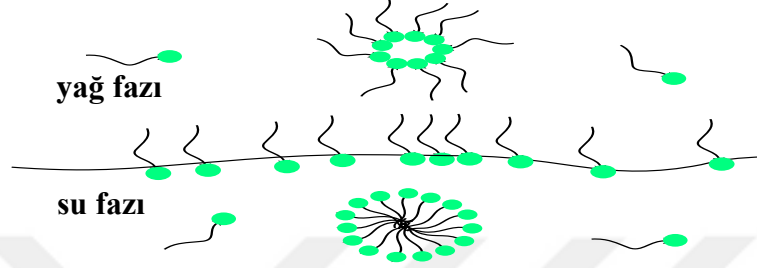
1.6.6. Emülsiyon Oluşturma

Normal şartlarda birbiri ile karışmayan bir veya daha fazla sıvının oluşturduğu karışım benzeri yapılara emülsiyon denilmektedir. Bunlar birbiri ile karışmayan iki sıvıdan oluşan dispers sistemlerdir [58]. Birbiri ile karışmayan iki saf çözücü ile elde edilen emülsiyonlar genellikle kararlı değildir. Bu kararsızlık hidrofobik etkiden kaynaklanmaktadır. Hidrofobik etki, dağılık damlacıkların birbirleri ile temas ettiklerinde birleşmesini veya birleşme eğiliminde olduğunu açıklar. Bir emülsiyon dağılık fazın birleşmesini engelliyor ise kararlı kalır. Dağılık fazın birleşmesi, itici kuvvetlerin çekici kuvvetlerden daha etkili olduğunda meydana gelir. Mekanik olarak güçlü bir ara yüzey oluşturmak, bir emülsiyon içerisinde dağılan damlacıkların birleşmesini engeller. Bu nedenle kararlılık için genellikle emülsifiyer veya emülsifiyer olarak adlandırılan bir YAM gereklidir [59]. Emülsifiyerler, ara yüzeyde yoğunlaştırılmış tek tabaka meydana getirirler (Şekil 20). Bu durum sonucunda, ara yüzey gerilimini ve dolayısıyla iki karışmayan faz arasındaki ara yüzeyin toplam serbest enerjisini düşürürler [60]. Emülsiyon oluşumunda yüzey alanında büyük bir artış meydana gelir ve bu artış damlacıkların sayısına ve büyüklüğüne bağlıdır. Bu damlacıkları oluşturmak ve dağıtmak için önemli miktarda enerji veya iş sağlanmalıdır.

Emülsifiyerler yüzey gerilimini azalttığı için sisteme eklendiklerinde, emülsiyon oluşması için gerekli iş miktarını da azaltmaktadır. Emülsifiyerler damlalar arasında bir elektrostatik veya sterik itme oluşturmaları sebebi ile iki fazın birleşmesini önlerler. Emülsiyonlar, YAM'nin doğası veya sistemin yapısına göre sınıflandırılabilirler. Çok sayıda farklı terim farklı emülsiyon türlerini tanımlamak için kullanılır. Makro emülsiyonlar gıda endüstrisinde aktif olarak rol almaktadırlar. Çevresel etkenlere maruz kaldıklarında fiziksel olarak kararsız yapıya yönelme eğilimindedirler. Damlacık boyutu; emülsiyon oluşturma prosedürü, eklenen emülsifiyer miktarı, kullanılan emülsifiyerin türü ve emülsiyonun gerçekleştiği sıcaklık ile doğrudan bağlantılıdır [61].

Karıştırma, çalkalama, enjeksiyon, homojenizatör ve ultrasonik gibi birçok farklı yöntem ile emülsiyonlar oluşturulabilir. Makroemülsiyonlar genellikle opaktır ve damla büyüklükleri 400 nm'nin üzerindedir. Birbiri içerisinde karışmayan iki sıvının mikroskopla

görünmeyecek kadar küçük damlacıklar ile oluşturduğu saydam sistemler ise mikroemülsiyonlar olarak adlandırılmaktadır. Mikroemülsiyonlar, bir misel çözeltisinin bir hidrokarbon veya bir yağ çözücüsü içerisinde kendiliğinden çözünmesi ile meydana gelir. Ardından miseller, termodinamik olarak kararlı olan mikroemülsiyon damlacıklarına dönüşür ve bu damlacıkların boyutları yaklaşık olarak 5-50 nm arasındadır [60].



Şekil 20. Emülsiyon oluşumunun şematik gösterimi

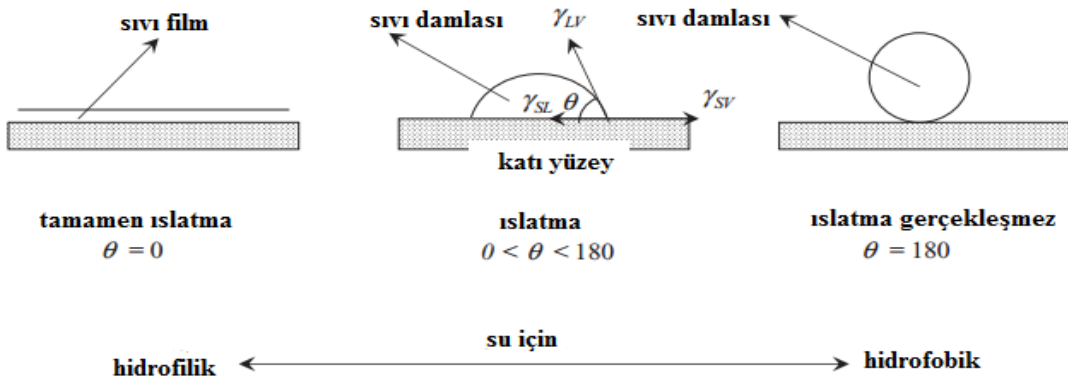
1.6.7. Köpük Oluşturma

Köpük, bir sıvı içerisinde dağılmış yüksek hacimli gazdan meydana gelmektedir. Köpük oluşumuna ara yüzey alanındaki ve enerjisindeki artış eşlik eder. Bu sebeple, köpük oluşumu termodinamik açıdan kararsızdır ve sınırlı bir ömre sahiptir. Bir köpüğün ömrü milisaniyeden daha kısa bir zaman aralığı ile dikkate degecek kadar uzun süreli zaman aralığı arasında değişebilir [60]. Köpük oluşturma ve oluşan köpüğün kontrolü, YAM uygulamalarında özellikle deterjanlar ve temizleyiciler için önemli bir faktördür [62]. Bulaşık deterjanı, şampuan, elde yıkama deterjanları gibi bazı uygulamalar için yüksek köpük oluşumu istenen bir durumdur. Bu uygulamalarda hacimli ve yoğun köpük oluşumunu bekleyen tüketici, köpürmeyi yıkama performansının bir ölçüsü olarak algılamaktadır. Bulaşık makinesi, çamaşır makinesi gibi teknolojik aletlerin kullanıldığı durumlarda ise kullanılan materyalde fazla köpük oluşumu istenmez. Bu cihazlarda kullanılan yüksek köpürme özelliğine sahip bir deterjan, aşırı köpürür ve bu yıkama tamburundaki mekanik etkinin azalmasına sebebiyet verdiği için yıkama performansında azalmaya neden olur. Deterjanlar haricinde yağ geri kazanımı, sondaj işlemleri, flotasyon, yangın söndürme ve kişisel bakım ürünleri gibi pek çok uygulama alanında kullanılacak YAM'nin köpürme özelliği kullanılarak işlemler gerçekleştirilmektedir [63]. Bir YAM'nin köpük oluşturma gücü ve YAM'nin kimyasal yapısı arasındaki ilişki oldukça karmaşıktır.

YAM yapısı ve köpük oluşturma kabiliyeti arasındaki ilişki, YAM'nin köpük oluşturabilmesi ve bu köpüğün devamlılığı arasında net bir bağlantı olmaması sebebi ile karışıktır. Belirli koşullar altında bir YAM tarafından meydana getirilen köpüğün miktarı, KMK değeri yakınlarına denk gelen maksimum konsantrasyona ulaştığında artar. Bu durum bir YAM'nin KMK değerini gözlemsel olarak öngörmeye bir rehber olarak kullanılabilir. Burada köpüğün kalıcılığı değil köpük oluşumu dikkate alınmalıdır [6].

1.6.8. Islatma

Temas açısı (θ) üç farklı fazın birleştiği noktanın açısı olarak tanımlanmaktadır [2]. Islatma; damla ve yüzeyin doğasına bağlı bir özellik olup temas açısı değerlerine göre tanımlanabilmektedir [64]. Katı bir yüzey üzerine bir damla sıvı bırakıldığında, bu damla katı-sıvı ve sıvı-gaz ara yüzey alanlarını arttırmak için yayılır. Aynı zamanda, katı-gaz ara yüzey alanı ve katı-gaz arasındaki açı azalır. Bir su damlası, bir katı yüzey üzerinde kolayca yayılıyor ise θ değeri düşüktür. Temas açısının sıfır olması bir sıvının bir katı yüzeyi tamamen ıslattığını simgelerken, 180° den büyük olması ise ıslatma işleminin hiç gerçekleşmediği anlamına gelmektedir (Şekil 21) [2]. Islatma; yüzey ve damla molekülleri arasındaki adhezyon kuvvetlerine bağlıdır. Damla ve yüzey arasındaki adhezyon kuvvetlerinin büyüklüğü, ıslatma işlemi için pozitif etki sağlamaktadır. Temas açısı değeri, kohezyon kuvvetlerinin adhezyon kuvvetlerinden daha etkili ve büyük olduğu durumlarda artar. Bir başka ifade ile büyük θ değeri katı (yüzey)- sıvı çekim kuvvetlerinin zayıf olduğunu, düşük θ değeri ise katı (yüzey)-sıvı çekim kuvvetlerinin güçlü olduğunu ifade etmektedir [64].



Şekil 21. Temas açısı ve ıslatmanın şematik gösterimi [2]

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada kullanılan kimyasal bileşikler ve çözücüler Sigma Aldrich, Merck ve Fluka firmalarından temin edilmiştir. Perkin-Elmer 1600 serisi FT IR, Bruker-AVANCE III 400 MHz NMR, Bruker microflex LT MALDI-TOF-MS cihazları ile sentezlenen maddelerin karakterizasyonları gerçekleştirilmiştir. WTW Terminal 740 Konduktometre, Attension Sigma 702 Tensiyometre, Hitachi F-2700 Floresans Spektrofotometre, Perkin Elmer Lamda 25 UV-Visible Spektrofotometre cihazları kullanılarak ise fizikokimyasal özellikler belirlenmiştir.

2.1. im10, im12 ve im14 Kodlu Bileşiklerin Sentezi

Reaksiyonlar; 2 saat 0°C’de ardından 22 saat oda koşullarında azot gazı varlığındaki schlenk sistemi ile inert atmosfer sağlanarak gerçekleştirilmiştir. Farklı hidrokarbon zincir uzunluklarına sahip yağ asitlerinden elde edilmiş açıl klorürler (dekanoil, dodekanoil ve tetradekanoil klorür) ile imidazol halkası içeren amin (1-(3-aminopropil)imidazol) bileşiğinin açıl substitüsyon reaksiyonu sonucunda im10, im12 ve im14 kodlu bileşikler elde edilmiştir. Çözücü olarak kullanılan kloroformun içerisine amin bileşiği ilave edilip karıştırılmış, reaksiyon kabı olarak kullanılan balonun bir boynuna, içerisinde açıl klorür bulunan damlatma hunisi yerleştirilmiştir. Balon buz banyosu içerisine alınarak amin bileşiğinin üzerine damla damla açıl klorür ilavesi gerçekleştirilmiş, 2 saatin ardından buz banyosu kaldırılıp reaksiyon oda koşullarında 22 saat devam ettirilmiştir. 24 saatin sonunda potasyum karbonat çözeltisi ve ardından su ile ekstraksiyon işlemleri yapılmıştır. Organik fazı kurutmak amaçlı kalsiyum klorür kullanılmış ve organik faz kurutulduktan sonra evapore edilmiştir. Bahsedilen işlemler yukarıda belirtilen farklı uzunluktaki açıl klorürlerin her biri için ayrı ayrı yapılmıştır [39]. Bu maddeler (im10, im12 ve im14) uygun çözücüler ile çöktürülmüş ve beyaz katı olarak elde edilmiştir. İşlemlerin sona ermesi ile imidazol halkası içeren amit fonksiyonlu farklı uzunlukta hidrokarbon zincirlerine sahip 3 adet bileşik sentezlenmiştir.

im10; N-[3-(1H-imidazol-1-il)propil] dekanamit
 im12; N-[3-(1H-imidazol-1-il)propil] dodekanamit
 im14; N-[3-(1H-imidazol-1-il)propil] tetradekanamit

2.2. Bağlayıcı Grup (sp1 ve sp2) Bileşiklerinin Sentezi

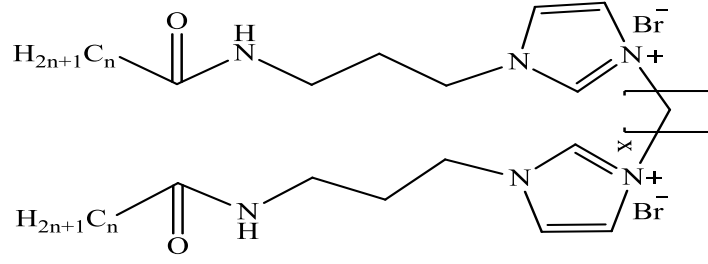
Hidrofilik özelliğe sahip bağlayıcı grup olarak kullanılacak bileşiklerin sentezinde çözücü olarak diklorometan ve reaksiyonun gerçekleşmesi ile ortaya çıkacak hidrojen bromürü tutması için piridin kullanılmıştır. sp1 ve sp2 kodlu bileşikler; sırasıyla 0.2 mol bromoasetil bromür ile 0.1 mol etilen glikolün ve 0.2 mol bromoasetil bromür ile 0.1 mol 1,4 bütan diolün çözücü ortamında 24 saat karıştırılması sonucunda elde edilmişlerdir. Reaksiyon süresinin tamamlanması ile ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilmiş, organik faz kalsiyum klorür ile kurutulmuş ve evapore edilmiştir [65].

sp1; etan-1,2-diil bis (2-bromoasetat)

sp2; bütan-1,4-diil bis (2-bromoasetat)

2.3. im10-4-10, im12-4-12, im14-4-14, im10-6-10, im12-6-12 ve im14-6-14 Kodlu Bileşiklerinin Sentezi

Bir ucu amit fonksiyonlu farklı hidrokarbon zincir uzunluklarına sahip imidazol halkalı bileşikler (im10, im12, im14 kodlu) ile dihaloalkan yapılı (1,4 dibromobütan ve 1,6 dibromoheksan) bileşiklerin sırası ile 0.2 mole 0.1 mol oranında ısıtılarak kuru kuruya karıştırılması gerçekleştirilmiş ve katılma reaksiyonu sonucu 6 adet yeni imidazol temelli amit fonksiyonlu KGYAM sentezlenmiştir. Bu maddeler, uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılarak saflaştırılmış ve spektroskopik yöntemler ile (FT IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR ve MALDI-TOF-MS) yapıları aydınlatılmıştır.



im10-4-10	n=9	ve	x=4
im10-6-10	n=9	ve	x=6
im12-4-12	n=11	ve	x=4
im12-6-12	n=11	ve	x=6
im14-4-14	n=13	ve	x=4
im14-6-14	n=13	ve	x=6

im10-4-10;

3,3'-bütan-1,4 diilbis{1-[3-(dekanoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

im10-6-10;

3,3'-hekzan-1,6 diilbis{1-[3-(dekanoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

im12-4-12;

3,3'-bütan-1,4 diilbis{1-[3-(dodekanoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

im12-6-12;

3,3'-hekzan-1,6 diilbis{1-[3-(dodekanoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

im14-4-14;

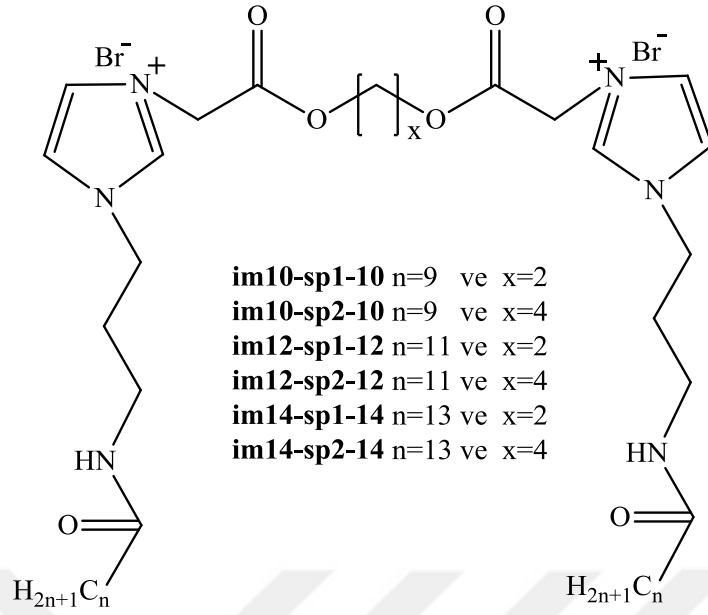
3,3'-bütan-1,4 diilbis{1-[3-(tetradekonoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

im14-6-14;

3,3'-hekzan-1,6 diilbis{1-[3-(tetradekonoilamino)propil]-1H-imidazol-3-ium}dibromür

2.4. im10-sp1-10, im12-sp1-12, im14-sp1-14, im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 Kodlu Bileşiklerinin Sentezi

Bir ucu amit fonksiyonlu farklı hidrokarbon zincir uzunluklarına sahip imidazol halkalı bileşikler (im10, im12, im14 kodlu) ile hidrofilik yapıya sahip dibromlu (sp1 ve sp2 kodlu) polar bağlayıcı grup olarak sentezlenen bileşiklerin sırası ile 0.2 mole 0.1 mol oranında ısıtılarak kuru kuruya karıştırma ile katılma reaksiyonu sonucu 6 adet yeni imidazol temelli amit fonksiyonlu KGYAM sentezlenmiştir. Bu maddeler, uygun çözücü veya çözücü karışımları kullanılarak kristallendirme ile saflaştırılmış, spektroskopik yöntemler ile (FT IR, ¹H-NMR, ¹³C-NMR ve MALDI-TOF-MS) yapıları karakterize edilmiştir.



im10-sp1-10;

3,3'-{etan-1,2-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(dekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

im10-sp2-10;

3,3'-{bütan-1,4-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(dekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

im12-sp1-12;

3,3'-{etan-1,2-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(dodekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

im12-sp2-12;

3,3'-{bütan-1,4-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(dodekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

im14-sp1-14;

3,3'-{etan-1,2-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(tetradekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

im14-sp2-14;

3,3'-{bütan-1,4-diil[oksi(2-oksoetan-2,1-diil)]}bis{ 1-[3-(tetradekanoilamino)propil]-1H-imizadol-3-ium}dibromür

2.5. Sentezlenen Katyonik Gemini Yüzey Aktif Maddelerin Spektral Verileri

im10-4-10 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3315, C-H; 2954, 2921, C=O; 1645, C=N; 1541. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.84 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 24H, alif. CH_2), 1.47 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.82 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.94 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 3.02 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.19 (t, 4H, $\text{N}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 4.25 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2$), 7.86 (s, 4H, imid. H;NH), 8.03 (s, 2H, imid. H), 9.37 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.39, 22.56, 25.72, 26.42, 29.16, 29.19, 29.29, 29.39, 29.99, 31.74, 35.44, 35.86, 47.11, 48.48, 122.89, 122.94, 136.79, 172.93. MALDI-TOF-MS (m/z): 693.22 [$\text{M}-\text{Br}$] $^+$.

im12-4-12 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3308, C-H; 2954, 2919, C=O; 1650, C=N; 1539. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 32H, alif. CH_2), 1.47 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.82 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.94 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 3.02 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.19 (t, 4H, $\text{N}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 4.25 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2$), 7.85 (s, 4H, imid. H;NH), 8.01 (s, 2H, imid. H), 9.36 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.41, 22.56, 25.72, 26.44, 29.18, 29.20, 29.29, 29.43, 29.47, 29.51, 30.04, 31.76, 35.46, 35.88, 47.14, 48.53, 122.90, 122.97, 136.76, 172.96. MALDI-TOF-MS (m/z): 751.70 [$\text{M}-\text{Br}$] $^+$.

im14-4-14 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3316, C-H; 2953, 2920, C=O; 1648, C=N; 1534. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 40H, alif. CH_2), 1.47 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.82 (s, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.93 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 3.02 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.19 (bs, 4H, $\text{N}-\text{CH}_2$), 4.25 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2$), 7.86 (s, 4H, imid. H;NH), 8.03 (s, 2H, imid. H), 9.37 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.40, 22.56, 25.73, 26.44, 29.19, 29.23, 29.31, 29.45, 29.53, 30.04, 31.77, 35.45, 35.89, 47.14, 48.51, 122.90, 122.98, 136.79, 172.91. MALDI-TOF-MS (m/z): 807.17 [$\text{M}-\text{Br}$] $^+$.

im10-6-10 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3289, C-H; 2954, 2920, C=O; 1635, C=N; 1551. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 24H, alif. CH_2), 1.48 (bs, 4H, $^+\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.48 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.82 (bs, 4H, $^+\text{N}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.94 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-$

CH_2 , $J=8.0$ Hz), 3.03 (bs, 4H, NH-CH_2), 4.19 (bs, 8H, $^+\text{N-CH}_2$; N-CH_2), 7.85 (s, 4H, imid. H;NH), 8.00 (s, 2H, imid. H), 9.35 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.40, 22.54, 25.21, 25.70, 29.12, 29.15, 29.26, 29.36, 29.45, 30.02, 31.72, 35.46, 35.84, 47.09, 49.12, 122.89, 136.66, 172.97. MALDI-TOF-MS (m/z): 723.09 $[\text{M-Br}]^+$.

im12-6-12 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{max} , cm^{-1}): N-H; 3305, C-H; 2953, 2917, C=O; 1640, C=N; 1539. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.84 (bs, 6H, CH_3), 1.22 (bs, 32H, alif. CH_2 , 4H, $^+\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.46 (bs, 4H, $\text{O=C-CH}_2\text{CH}_2$), 1.81 (bs, 4H, $^+\text{N-CH}_2\text{CH}_2$), 1.94 (bs, 4H, $\text{NH-CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, O=C-CH_2 , $J=8.0$ Hz), 3.02 (bs, 4H, NH-CH_2), 4.20 (bs, 8H, $^+\text{N-CH}_2$; N-CH_2), 7.86 (s, 4H, imid. H;NH), 8.04 (s, 2H, imid. H), 9.38 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.36, 22.56, 25.19, 25.73, 29.21, 29.33, 29.46, 29.50, 29.54, 30.05, 31.78, 35.45, 35.85, 47.08, 49.09, 122.89, 136.70, 172.88. MALDI-TOF-MS (m/z): 780.68 $[\text{M-Br}]^+$.

im14-6-14 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{max} , cm^{-1}): N-H; 3299, C-H; 2953, 2919, C=O; 1638, 1656, C=N; 1551 ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.85 (t, 6H, CH_3 , $J=8.0$ Hz), 1.23 (bs, 40H, alif. CH_2 ; 4H, $^+\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.47 (bs, 4H, $\text{O=C-CH}_2\text{CH}_2$), 1.81 (bs, 4H, $^+\text{N-CH}_2\text{CH}_2$), 1.93 (m, 4H, $\text{NH-CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, O=C-CH_2 , $J=8.0$ Hz), 3.02 (bs, 4H, NH-CH_2), 4.18 (bs, 8H, $^+\text{N-CH}_2$; N-CH_2), 7.84 (s, 4H, imid. H;NH), 8.00 (s, 2H, imid. H), 9.32 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 14.39, 22.56, 25.25, 25.72, 29.20, 29.32, 29.45, 29.53, 30.07, 31.71, 35.47, 35.86, 47.12, 49.13, 122.91, 136.67, 172.90. MALDI-TOF-MS (m/z): 836.64 $[\text{M-Br}]^+$.

im10-sp1-10 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{max} , cm^{-1}): N-H; 3299, C-H; 2920, C=O; 1726, 1638, C=N; 1542, C-O-C; 1218. ^1H NMR (DMSO- d_6 δ ppm): 0.84 (bs, 6H, CH_3), 1.22 (bs, 24H, alif. CH_2), 1.47 (bs, 4H, $\text{O=C-CH}_2\text{CH}_2$), 1.93 (bs, 4H, $\text{NH-CH}_2\text{CH}_2$), 2.08 (t, 4H, O=C-CH_2 , $J=8.0$ Hz), 3.03 (bs, 4H, NH-CH_2), 4.28 (t, 4H, N-CH_2 , $J=8.0$ Hz), 4.42 (s, 4H, $^+\text{NCH}_2$), 5.40 (s, 4H, O=C-OCH_2), 7.86 (bs, 2H, NH), 7.91 (s, 2H, imid. H), 8.05 (s, 2H, imid. H), 9.36 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR (DMSO- d_6 , δ ppm): 14.41, 22.56, 25.70, 29.14, 29.17, 29.27, 29.37, 30.28, 31.74, 35.55, 35.85, 47.30, 50.19, 122.50, 124.34, 137.77, 168.59, 172.92. MALDI-TOF-MS (m/z): 783.14 $[\text{M-Br}]^+$.

im12-sp1-12 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3313, C-H; 2953, 2920, C=O; 1739, 1647, C=N; 1544, C-O-C; 1226, ^1H NMR (CDCl_3 δ ppm): 0.87 (bs, 6H, CH_3), 1.24 (bs, 32H, alif. CH_2), 1.59 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.15 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.26 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$), 3.22 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.44 (d, 8H, $^+\text{NCH}_2$; $\text{N}-\text{CH}_2$), 5.60 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{OCH}_2$), 7.71 (bs, 2H, NH), 7.80 (s, 2H, imid. H), 7.97 (s, 2H, imid. H), 9.88 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$, δ ppm): 14.29, 22.56, 25.73, 29.22, 29.35, 29.48, 29.51, 29.56, 30.22, 31.78, 35.49, 35.85, 47.33, 50.14, 63.76, 122.59, 124.27, 137.87, 167.19, 173.00. MALDI-TOF-MS (m/z): 762.34 [$\text{M}-2\text{Br}+2$] $^+$.

im14-sp1-14 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3322, C-H; 2916, C=O; 1730, 1741, 1638, C=N; 1543, C-O-C; 1238, ^1H NMR (CDCl_3 δ ppm): 0.87 (t, 6H, CH_3 , $J=8.0$ Hz), 1.24 (bs, 40H, alif. CH_2), 1.58 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.15 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.26 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 3.22 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.44 (d, 8H, $^+\text{NCH}_2$; $\text{N}-\text{CH}_2$), 5.61 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{OCH}_2$), 7.70 (bs, 2H, NH), 7.80 (s, 2H, imid. H), 7.98 (s, 2H, imid. H), 9.92 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$, δ ppm): 14.38, 22.56, 25.72, 29.20, 29.32, 29.45, 29.54, 30.28, 31.77, 35.49, 35.86, 47.35, 50.10, 63.79, 122.65, 124.34, 137.90, 167.26, 172.94. MALDI-TOF-MS (m/z): 894.90 [$\text{M}-\text{Br}$] $^+$.

im10-sp2-10 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3315, C-H; 2956, 2921, C=O; 1740, 1644, C=N; 1543, C-O-C; 1235. ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$ δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 24H, alif. CH_2), 1.48 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 1.70 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{OCH}_2\text{CH}_2$), 1.92 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2\text{CH}_2$), 2.07 (t, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{CH}_2$, $J=8.0$ Hz), 3.03 (bs, 4H, $\text{NH}-\text{CH}_2$), 4.19 (bs, 4H, $\text{N}-\text{CH}_2$), 4.26 (bs, 4H, $^+\text{NCH}_2$), 5.31 (bs, 4H, $\text{O}=\text{C}-\text{OCH}_2$), 7.81 (bs, 2H, NH), 7.89 (s, 2H, imid. H), 8.01 (s, 2H, imid. H), 9.27 (s, 2H, imid. H). ^{13}C NMR ($\text{DMSO}-d_6$, δ ppm): 14.42, 22.56, 24.93, 25.69, 29.14, 29.16, 29.26, 29.36, 30.32, 31.73, 35.52, 35.86, 47.38, 50.04, 65.68, 122.68, 124.37, 137.87, 167.34, 172.99. MALDI-TOF-MS (m/z): 809.66 [M] $^+$.

im12-sp2-12 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm^{-1}): N-H; 3315, C-H; 2953, 2920, C=O; 1739, 1648, C=N; 1544, C-O-C; 1226, ^1H NMR ($\text{DMSO}-d_6$ δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH_3), 1.23 (bs, 32H, alif. CH_2), 1.48 (bs,

4H, O=C-CH₂CH₂), 1.70 (bs, 4H, O=C-OCH₂CH₂), 1.93 (bs, 4H, NH-CH₂CH₂), 2.08(t, 4H, O=C-CH₂, $J=8.0$ Hz), 3.04 (bs, 4H, NH-CH₂), 4.19 (bs, 4H, N-CH₂), 4.26 (bs, 4H, ⁺NCH₂), 5.31 (bs, 4H, O=C-OCH₂), 7.81 (bs, 2H, NH), 7.89 (s, 2H, imid. H), 8.00 (s, 2H, imid. H), 9.29 (s, 2H, imid. H). ¹³C NMR (DMSO-*d*₆, δ ppm): 14.41, 22.56, 24.95, 25.71, 29.19, 29.29, 29.42, 29.47, 29.51, 30.31, 31.76, 35.50, 35.86, 47.36, 50.06, 65.66, 122.67, 124.35, 137.88, 167.32, 172.94. MALDI-TOF-MS (m/z): 867.92 [M]⁺.

im14-sp2-14 kodlu KGYAM:

FT IR (ν_{\max} , cm⁻¹): N-H; 3315, C-H; 2953, 2919, C=O; 1740, 1648, C=N; 1545, C-O-C; 1229, ¹H NMR (DMSO-*d*₆ δ ppm): 0.85 (bs, 6H, CH₃), 1.23 (bs, 40H, alif. CH₂), 1.48 (bs, 4H, O=C-CH₂CH₂), 1.70 (bs, 4H, O=C-OCH₂CH₂), 1.92 (bs, 4H, NH-CH₂CH₂), 2.07 (t, 4H, O=C-CH₂, $J=8.0$ Hz), 3.04 (bs, 4H, NH-CH₂), 4.19 (bs, 4H, N-CH₂), 4.26 (bs, 4H, ⁺NCH₂), 5.31 (bs, 4H, O=C-OCH₂), 7.81 (bs, 2H, NH), 7.89 (s, 2H, imid. H), 8.01 (s, 2H, imid. H), 9.28 (s, 2H, imid. H). ¹³C NMR (DMSO-*d*₆, δ ppm): 14.38, 22.57, 24.95, 25.72, 29.20, 29.33, 29.46, 29.52, 29.54, 30.32, 31.78, 35.49, 35.86, 47.35, 50.07, 65.65, 122.65, 124.34, 137.89, 167.30, 172.91. MALDI-TOF-MS (m/z): 923.06 [M-Br]⁺.

2.6. Krafft Sıcaklığının Belirlenmesi

KGYAM'lerin Krafft sıcaklıklarının belirlenmesi için ilk olarak %1'lik (a/h) çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltiler buzdolabında +4°C'de 48 saat bekletilmiştir. 48 saatin sonunda, katı formda çöken KGYAM'ler ile su arasında süspansiyonlar meydana gelmiştir. Bu süspansiyonların kademeli olarak sıcaklıkları arttırılmış, bu sıcaklık artışı katı maddelerin suda çözünmesini ve karışımın çözeltili haline geçişini sağlamıştır. Sıcaklığın kademeli olarak attırılırken spesifik iletkenlik değerleri yaklaşık 0.2-0.3°C aralıklarla kaydedilmiştir. Sıcaklığa karşı spesifik iletkenlik değerleri arasında grafikler çizilmiş ve ani kırılmanın olduğu nokta Krafft sıcaklığı (T_K) olarak belirlenmiştir [66]. Buzdolabında +4°C'de 48 saat bekletilmesine rağmen herhangi bir çökme göstermeyen maddelerin T_K değerleri 0°C'nin altında olduğu kabul edilmiştir.

2.7. Kritik Misel Konsantrasyon Değerinin Belirlenmesi

2.7.1. Yüzey Gerilimi Ölçümü

KGYAM çözeltilerinin yüzey gerilimi ölçümleri Du Nouy halka koparma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yüzey gerilim değerleri mN.m^{-1} cinsinden ölçülmüştür. Çalışmalara başlanmadan önce kontrol amaçlı olarak saf suyun yüzey gerilimi; değeri bilinen sabit bir sıcaklıkta ölçülmüş, literatür ile teyidi sağlandıktan sonra KGYAM'lerin ölçümüne geçilmiştir. Değişik konsantrasyonlarda hazırlanan KGYAM çözeltilerinin, çalışılacak (farklı) sıcaklıklarda termal dengeye getirilmesinin ardından yüzey gerilim değerleri okunmuştur. Logaritması alınmış konsantrasyon değerleri ile yüzey gerilimi değerleri arasında grafikler çizilmiştir. Bu grafiklerdeki doğruların kırılma noktaları misel oluşumlarının başladığı noktayı göstermektedir [69]. Böylece, farklı iki doğrunun kesişim noktasından farklı sıcaklıklardaki KMK değerleri belirlenmiştir. Karışım sistemlerine ait KMK belirleme çalışmaları da yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilmiştir. Karışım sistemlerinde kullanılan bileşenler eş molar konsantrasyonlarda hazırlanarak farklı mol kesirlerinde olacak şekilde karıştırılmışlardır. Karışım sistemlerine ait $\text{KMK}_{\text{ideal}}$ değerleri Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlik 2'de yer alan X_1 değeri; her bir karışım mol kesri ve çalışılan her bir sıcaklık için, Maple V Release 4 programı kullanılarak hesaplatılmıştır. Ardından farklı mol kesirlerindeki karışım sistemleri için β etkileşim parametreleri Eşitlik 3 kullanılarak hesaplanmıştır.

2.7.1.1. Sıvı-hava Arayüzey Özelliklerinin Belirlenmesi

KGYAM çözeltilerinin yüzey gerilimleri ölçüldükten sonra, elde edilen veriler ile yüzey geriliminin konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak değişimini içeren grafikler KMK değerlerinin belirlenmesi için çizilmiştir. Bu grafikler yardımı ile çözelti/hava ara yüzeyinde bulunan maksimum KGYAM konsantrasyon (Γ_{maks}) değerleri her bir KGYAM için farklı sıcaklıklarda Eşitlik 32 kullanılarak belirlenmiştir. Molekül başına düşen minimum yüzey alanı (A_{min}) ise Eşitlik 33 kullanılarak hesaplanmıştır. π_{KMK} ; suyun ve KMK'daki çözeltinin yüzey gerilim farklarına eşit olan yüzey basıncı olarak tanımlanmaktadır. KGYAM'nin yüzey aktivitesini belirlemede kullanılan bu parametre Eşitlik 34 kullanılarak hesaplanmıştır [70].

$$\pi_{\text{KMK}} = \gamma_0 - \gamma_{\text{KMK}} \quad (34)$$

γ_0 ; saf suya ait yüzey gerilimini, γ_{KMK} ise KMK değerinde ölçülen yüzey gerilimi değerini simgelemektedir. Su/hava ara yüzeyinde KGYAM'lerin adsorpsiyonuna ait Adsorpsiyon Standart Gibbs Enerjisi değişimi (ΔG_{ads}^0) Eşitlik 35 [71] kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\Delta G_{\text{ads}}^0 = \Delta G_{\text{mis}}^0 - \frac{\pi_{\text{KMK}}}{\Gamma_{\text{maks}}} \quad (35)$$

ΔG_{mis}^0 ; Standart Serbest Gibbs Enerji değişimini Γ_{maks} ; çözelti/hava ara yüzeyinde bulunan maksimum KGYAM konsantrasyonunu ve π_{KMK} ise yüzey basıncını ifade etmektedir.

2.7.2. Spesifik İletkenlik Ölçümü

KGYAM'lerin spesifik iletkenlik ölçüm çalışmaları, her bir maddenin kendi T_K değeri üzerinde, 10°C 'lik artışlarla gerçekleştirilmiştir. Spesifik iletkenlik değerleri $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ cinsinden ölçülmüştür. Spesifik iletkenliği $0.5\text{-}2.0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ aralığında olan ultra saf su ile değişik konsantrasyonlarda KGYAM çözeltileri hazırlanmıştır. Ölçümler, içerisinde karıştırıcı manyet bulunan beherlere aktarılmış değişik konsantrasyonlardaki çözeltilere iletkenlik probunun daldırılması ile gerçekleştirilmiştir. Ölçümler sırasında karıştırma hızı sabit tutulmuş, sıcaklık ise kademeli olarak arttırılmıştır. Konsantrasyona bağlı olarak spesifik iletkenlik değişimini gösteren doğrunun kırılma noktası misel oluşumunun başladığı nokta olarak bilindiğinden [67], bu grafiklerinden elde edilen, eğimi farklı iki doğrunun kesişim noktasından farklı sıcaklıklardaki KMK değerleri belirlenmiştir.

2.7.2.1. İyonlaşma Derecesi ve Termodinamik Parametrelerin Belirlenmesi

KMK'ların belirlenmesi için ölçülmüş farklı konsantrasyondaki KGYAM çözeltilerine ait spesifik iletkenlik değerleri kullanılarak, çalışılan her bir sıcaklık değerleri için her bir KGYAM'ye ait iyonlaşma dereceleri hesaplanmıştır. Her bir sıcaklık için α değerleri ikinci doğrunun eğiminin birinci doğrunun eğimine bölünmesi (S_2/S_1) ile elde edilmiştir [68]. Bu iyonlaşma dereceleri kullanılarak KGYAM'lerin oluşturdukları misellere ait Termodinamik bir parametre olan Standart Serbest Gibbs Enerji değişim (ΔG_{mis}^0)

değerleri bulunmuştur. $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ gemini türler için Eşitlik 15, monomerik türler için Eşitlik 14 kullanılarak hesaplanmıştır. Gibbs-Helmholtz eşitliği ile miselleşme prosesine ait entalpi değişimleri; monomerik türler için Eşitlik 17, gemini türler için Eşitlik 18 kullanılarak hesaplanmıştır. Miselleşme entropi değişimi ise Eşitlik 19 kullanılarak hesaplanmıştır.

2.8. Agregasyon Sayısının Belirlenmesi

KGYAM çözeltileri ve çözelti karışımları (KGYAM ve ticari YAM) için bulunan agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri floresans spektrofotometresi kullanılarak tayin edilmiştir. Floresans probu olarak 370-400 nm bölgesinde karakteristik bir floresans emisyon spektrumu sergileyen piren bileşiği seçilmiştir. Quencher olarak da adlandırılan söndürücü bileşik olarak ise setilpridinyum klorür (CPC) kullanılmıştır. KGYAM konsantrasyonları (KMK değerinin üzerinde olacak şekilde) ve piren konsantrasyonu (1×10^{-7} mol/L) sabit tutulup, CPC'ün değişen konsantrasyonları kullanılarak ($0-5 \times 10^{-5}$ mol/L) ortalama agregasyon sayısı tayinleri gerçekleştirilmiştir. Emisyon spektrum tarama aralığı 350-450 nm arasında gerçekleştirilmiştir. Piren için uyarılma dalga boyu (λ_{ex}) 336 nm, emisyon dalga boyu (λ_{em}) ise 376 nm olarak seçilmiştir. Söndürücü konsantrasyonunun artması ile elde edilen pik şiddetlerinin azalmasına bağlı olarak literatürde mevcut olan Eşitlik 36 kullanılarak çizilen grafiklerden agregasyon sayıları tayin edilmiştir [72]. im14-sp2-14 kodlu KGYAM hariç diğer KGYAM'lerin ve karışım sistemlerinin N_{agg} ölçümleri 30°C'de gerçekleştirilmiştir.

$$\ln\left(\frac{I_0}{I}\right) = \frac{N_{\text{agg}} [Q]}{[S] - \text{KMK}} \quad (36)$$

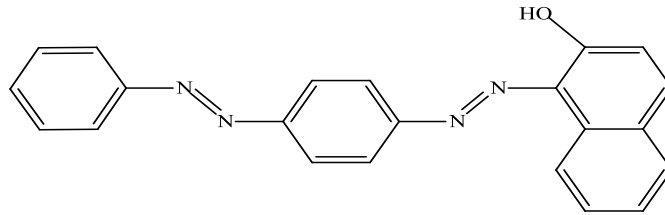
S; kullanılan KGYAM konsantrasyonunu, KMK; agregasyon sayısı tayin edilmek istenen maddenin KMK değerini, I_0 ; söndürücü (CPC) ilave edilmemiş floresans emisyon şiddetini, I ise söndürücü (CPC) ilave edildikten sonraki floresans emisyon şiddetini belirtmektedir.

2.9. Boya Çözündürme Gücünün Belirlenmesi

Boya çözündürme çalışmaları için suda çok düşük çözünürlüğe sahip organik yapılı bir boya olan Sudan III (Şekil 22) kullanılmıştır. KGYAM'lerin değişik konsantrasyonlarda (KMK üstünde) çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiler, içerisinde sabit miktarda Sudan III (60mg) bulunan balon jöjelerin içerisine aktarılmıştır. KGYAM çözeltileri ile Sudan III'ün oluşturduğu süspansiyon 24 saat boyunca 30°C'de 500 rpm hızında karıştırılmıştır. im14-sp2-14 kodlu KGYAM için bu prosedür 40°C'de gerçekleştirilmiştir. 24 saatin sonunda dengeye ulaşan karışımlar tüplere alınmış ve çözünmeden kalan Sudan III boyasının uzaklaştırılması için 400 rpm, 30 dakika ve 30°C koşullarında santrifüj işlemi uygulanmıştır. Santrifüj sonrasında tüplerin üst kısmındaki çözeltiler alınarak 0.45µm PVDF filtesi ile süzölmüştür. Absorbans ölçümlerindeki gerekli seyreltmeler su/etanol karışımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sudan III'ün çalışma dalga boyu, maksimum absorbans gösterdiği 508 nm olarak seçilmiştir. Absorbans ölçümleri 1 cm kuvarz küvetler ile UV-Vis. spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çözünen boyanın konsantrasyon miktarı, etanol/su karışımında hazırlanmış standart olarak kullanılan Sudan III kalibrasyon doğrusu ile belirlenmiştir. YAM misellerinin molü başına çözünen boyanın molü olarak tanımlanan molar çözündürme kapasitesi diğer ismi ile çözündürme gücü (SP) değerleri aşağıdaki bağıntı yardımı ile belirlenmiştir [57, 73].

$$S_T = SP \times (C_S - C_{KMK}) + S_O \quad (37)$$

S_T ; KGYAM varlığında Sudan III konsantrasyonunu, S_O ; Sudan III 'ün sudaki çözünürlüğünü, SP ; çözündürme gücünü, C_S ; KGYAM konsantrasyonunu, C_{KMK} ; KGYAM'nin KMK değerini ifade etmektedir.



Şekil 22. Sudan III boyası

2.10. Emülsifiye Etme Gücünün Belirlenmesi

YAM'ler su/yağ ara yüzeyine adsorplanma gerçekleştirerek ara yüzey enerjisini düşürür ve emülsiyon oluştururlar. Bu olay onların sahip olduğu emülsiyon gerçekleştirilebilme güçlerini göstermektedir [74]. Emülsifiye etme gücü veya emülsifiye dayanıklılığı olarak adlandırılan bu parametrenin ölçümü için %0.5 (a/h) konsantrasyonunda KGYAM çözeltileri hazırlanmıştır. Hazırlanan bu çözeltiden 10 mL alınarak dereceli hacim göstergeli ve kapaklı özel cam kaplara aktarılmıştır. Üzerine 10 mL parafin yağı 30°C'de ilave edildikten sonra bu karışım kuvvetli şekilde 10 dakika boyunca çalkalanarak sabit duracak şekilde beklemeye bırakılmıştır. 9 mL KGYAM çözeltisinin ayrılması için geçen süre o maddenin emülsifiye etme gücünün bir göstergesi olarak tanımlanmıştır [75,76]. im14-sp2-14 kodlu KGYAM'ye ait deneyler 40°C'de gerçekleştirilmiştir.

2.11. Antibakteriyel Aktivite Özelliklerinin Belirlenmesi

Muller Hinton Broth (MHB) sıvı besiyeri ile KGYAM'lerin antibakteriyel aktivite ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Agar kuyucuk difüzyon yöntemi uygulanarak KGYAM'lerin minimal inhibisyon konsantrasyon (MİK) değerleri Clinical Laboratory Standards Institute tarafınca bildirilen mikro seyreltme yöntemi esas alınarak belirlenmiştir. MİK belirleme işlemleri düz tabanlı 96 kuyucuklu steril mikroplyetler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Negatif ve pozitif kontrol alanları hazırlanmış ve ekimler gerçekleştirilmiştir. Ardından plyetler 37°C'de inkübatörde 20 saat inkübasyona bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda kapaklar açılarak tüm kuyucukların üzerine belirli hacimde steril alamar mavisi stok solüsyonu eklenmiştir. Tekrar inkübatörde 4 saat inkübasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Son inkübasyon işleminin ardından kuyucuktaki karışımın pembe renge dönmesi pozitif bakteriyel üreme olarak yorumlanırken, mavi rengin değişmeden kalması bakteri üremesinin olmadığı şeklinde yorumlanmıştır. MİK değeri maviden pembeye dönüşmeyen en son kuyucuk olarak belirlenmiştir. MİK değeri bakteriler için 24 saat sonra gözlemlenerek µg/mL olarak kaydedilmiştir [77]. Antibakteriyel aktivite deneyleri için kullanılan gram-negatif ve gram-pozitif bakteriler olarak *Escherichia coli* ATCC 25922, *Bacillus subtilis* subsp. *spizizenii* ATCC 6633, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Yersinia pseudotuberculosis* ATCC 911, *Enterococcus faecalis* ATCC 29212 kullanılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma materyallerimiz olan 12 adet KGYAM için gerçekleştirilen çalışmaların deneysel verileri bu bölümde sunulmuştur. im12-4-12, im12-6-12, im14-4-14, im14-6-14, im10-sp2-10, im12-sp1-12, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lerin T_K değerlerinin belirlenmesine ait sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri Tablo1-9'da, spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki grafikleri Şekil 23-31'de yer almaktadır. KGYAM'lerin T_K değerleri ise toplu olarak Tablo 10'da verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda KGYAM'lerin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri Tablo 11-22'de, farklı sıcaklıklarda yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise Şekil 32-43'de bulunmaktadır. Değişik sıcaklıklarda yüzey gerilim tayin metodu ile elde edilen KMK değerleri Tablo 23'de, Γ_{maks} değerleri Tablo 24'de, A_{min} değerleri Tablo 25'de, Υ_{KMK} ve Π_{KMK} değerleri ise Tablo 26'da yer almaktadır.

KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri Tablo 27-38'de, farklı sıcaklıklarda spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise Şekil 44-55'de verilmiştir. Farklı sıcaklıklarda spesifik iletkenlik yöntemi ile elde edilen KMK değerleri Tablo 39'da Termodinamik parametreler ise Tablo 40-41'de bulunmaktadır. 30°C'de KGYAM'lerin N_{agg} değerlerini belirleme çalışmalarına ait deneysel veriler Tablo 42-43'de, $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişkileri de Şekil 56-59'da verilmiştir. KGYAM'lerin N_{agg} değerleri ise toplu olarak Tablo 44'de yer almaktadır. KGYAM'lerin çözündürme gücü (SP) belirleme çalışmalarına ait deneysel veriler Tablo 45-46'da S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişkiler ise Şekil 60-62'de, SP değerleri ise Tablo 47'de bulunmaktadır. 30°C'de KGYAM'lerin emülsifiye etme güçleri Şekil 63'de verilmiştir. *B.s*, *S.a*, *E.f*, *E.c*, *Y.p* ve *P.a* bakterine karşı sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları Şekil 64-69'da görülmektedir.

Karışım sistemleri için kullanılan ticari YAM'ler CTAB, SDS ve Triton X-100'ün saf hallerine ait farklı sıcaklıklarda ve değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri sırası ile Tablo 48, Tablo 53 ve 56'da, farklı sıcaklıklarda yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise sırasıyla Şekil 70, Şekil 74 ve Şekil 76'da bulunmaktadır.

Farklı sıcaklıklarda ve farklı mol kesirlerinde CTAB ve im14-sp1-14 kodlu KGYAM karışımlarının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilim değerleri Tablo 49-51'de, yüzey

gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise Şekil 71-73'de yer almaktadır. Farklı sıcaklıklarda bu karışım sistemlerine ait KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri ise Tablo 53'de görülmektedir.

Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}/X_{im12-6-12}$ (0.25/0.75) karışımlarının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilim değerleri Tablo 54'de, yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise Şekil 75'de verilmiştir. Bu karışım sisteminin farklı sıcaklıklardaki KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri Tablo 55'de bulunmaktadır.

Farklı sıcaklıklarda ve farklı mol kesirlerinde Triton X-100 ve im12-sp2-12 kodlu KGYAM karışımlarının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilim değerleri Tablo 57-59'da yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişkileri ise Şekil 77-79'da yer almaktadır. Farklı sıcaklıklarda bu karışım sistemlerine ait KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri ise Tablo 60'da görülmektedir.

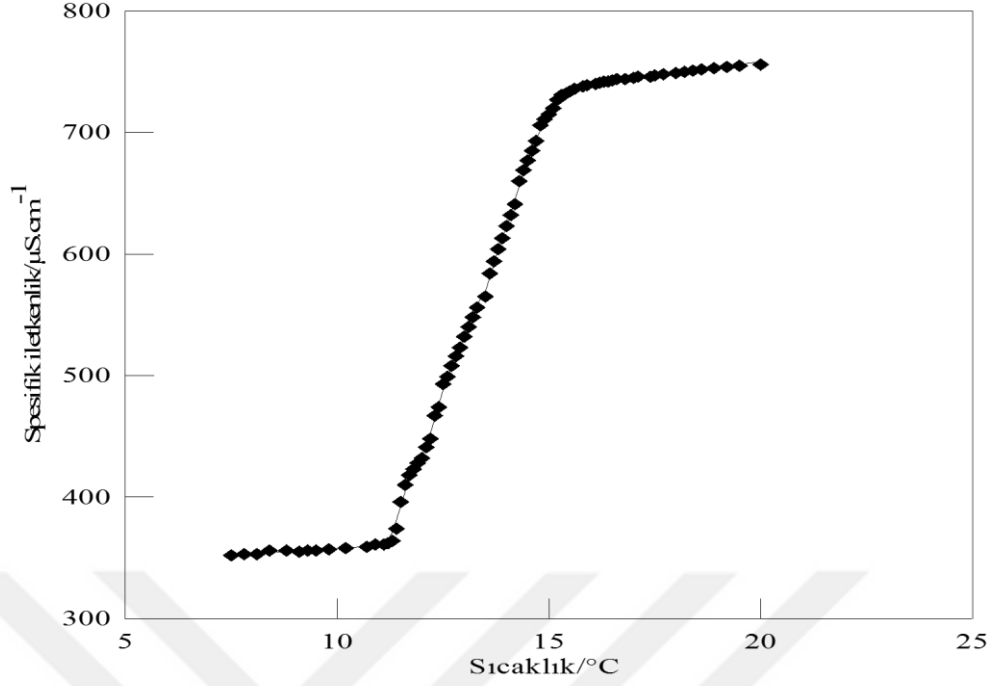
Ticari YAM'ler ile oluşturulan tüm karışım sistemlerine ait N_{agg} belirleme deneysel çalışmalarına ait veriler Tablo 61'de, ticari YAM'lerinkiler ise Tablo 62'de verilmiştir. Karışım sistemlerine ait $\ln(I_o/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişkiler Şekil 80-82'de, ticari YAM'lerin ve karışım sistemlerinin N_{agg} değerleri Tablo 63'de bulunmaktadır. Karışım sistemlerinin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri Tablo 64'de, S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişkileri ise Şekil 83-85'de verilmiştir. Karışımların belirlenen SP değerleri Tablo 65'de bulunmaktadır.

Tablo 1. im12-4-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

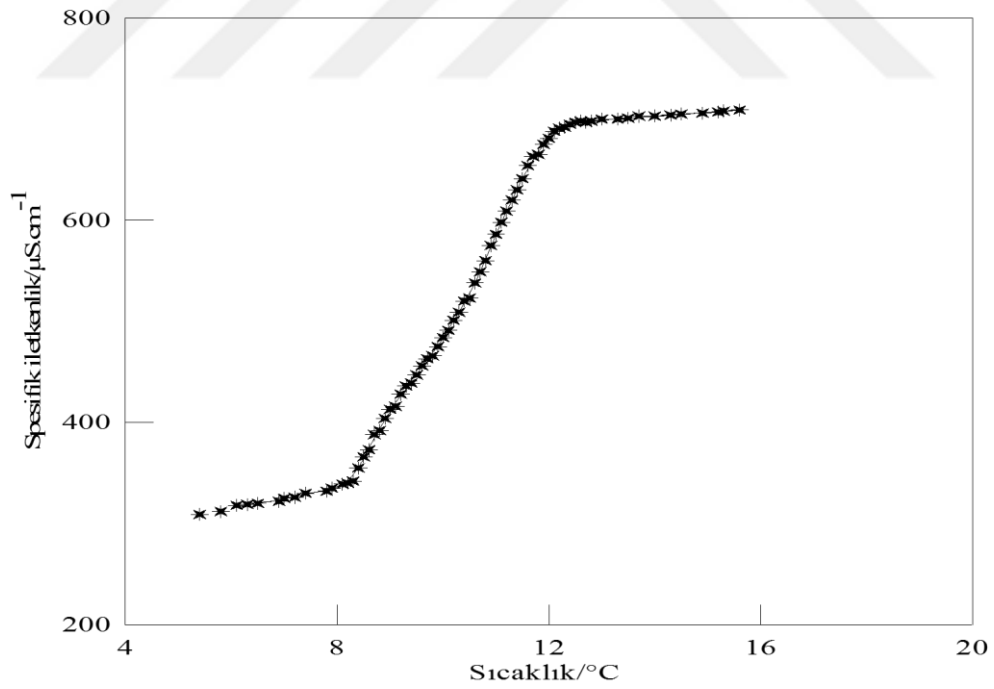
t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
7.5	352	11.9	428	14	623	16.2	741
7.8	353	12	432	14.1	632	16.3	742
8.1	353	12.1	441	14.2	641	16.4	742
8.4	356	12.2	448	14.3	660	16.5	743
8.8	356	12.3	467	14.4	669	16.6	744
9.1	355	12.4	474	14.5	677	16.8	744
9.3	356	12.5	493	14.6	685	17.0	745
9.5	356	12.6	499	14.7	693	17.1	746
9.8	357	12.7	508	14.8	706	17.4	746
10.2	358	12.8	516	14.9	711	17.5	747
10.7	359	12.9	523	15.0	715	17.7	748
10.9	361	13.0	532	15.1	720	18.0	749
11.1	361	13.1	540	15.2	727	18.2	750
11.2	362	13.2	548	15.3	731	18.4	751
11.4	374	13.5	565	15.5	734	18.9	753
11.5	396	13.6	584	15.6	736	19.2	754
11.6	410	13.7	594	15.8	738	19.5	755
11.7	418	13.8	604	15.9	739	20.0	756
11.8	423	13.9	613	16.1	740		

Tablo 2. im12-6-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
5.4	309	8.8	392	10.6	538	12.4	695
5.8	312	8.9	404	10.7	549	12.5	697
6.1	318	9.0	413	10.8	560	12.6	698
6.3	319	9.1	416	10.9	575	12.7	697
6.5	320	9.2	428	11.0	586	12.8	698
6.9	322	9.3	436	11.1	598	13.7	703
7.0	325	9.4	439	11.2	609	14.0	703
7.2	326	9.5	447	11.3	620	14.3	704
7.4	330	9.6	456	11.4	630	14.5	705
7.8	332	9.7	463	11.5	641	14.9	706
7.9	335	9.8	466	11.6	654	15.2	707
8.1	339	9.9	475	11.7	663	15.3	708
8.2	340	10.0	484	11.8	665	15.6	709
8.3	342	10.1	491	11.9	675	13.0	700
8.4	355	10.2	501	12.0	681	13.3	700
8.5	366	10.3	509	12.1	688	13.5	701
8.6	373	10.4	520	12.2	691		
8.7	388	10.5	523	12.3	692		



Şekil 23. im12-4-12 kodlu KGYAM'ine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki



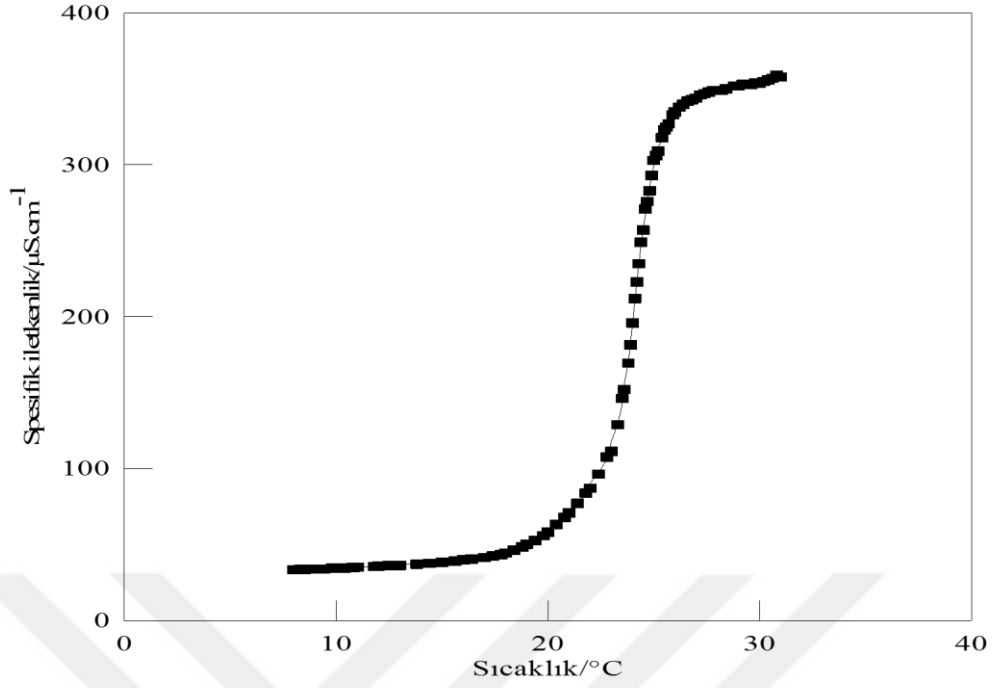
Şekil 24. im12-6-12 kodlu KGYAM'ine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki

Tablo 3. im14-4-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

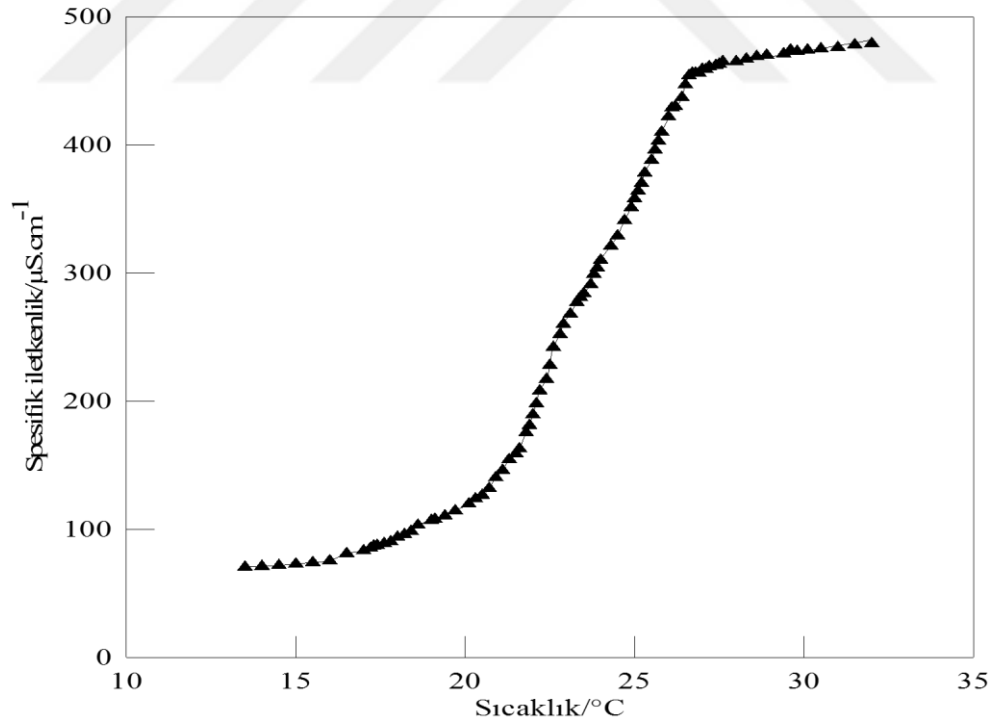
t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
8.0	33.5	16	39.9	23.6	152.2	26.4	340
8.3	33.7	16.4	40.4	23.8	169.5	26.6	342
8.5	33.7	17.0	41.5	23.9	181.5	26.8	343
8.9	33.9	17.4	42.5	24.0	195.9	27.0	344
9.2	33.9	18.0	44.4	24.2	223	27.4	347
9.4	34.0	18.4	46.4	24.3	235	27.6	348
9.6	34.1	18.8	48.6	24.4	249	27.8	349
9.8	34.4	19.0	50.2	24.5	257	28.0	349
10.0	34.4	19.4	52.8	24.6	271	28.2	349
10.2	34.9	19.8	55.8	24.7	276	28.4	350
10.4	34.6	20.0	58.1	24.8	283	28.8	352
10.8	35.0	20.4	63.3	24.9	293	29.0	352
11.0	35.1	20.8	67.9	25.0	303	29.2	353
11.8	35.6	21.0	70.8	25.1	306	29.4	353
12.0	35.9	21.4	77.1	25.2	309	29.6	353
12.5	36.2	21.8	84.0	25.4	318	29.8	354
12.8	36.4	22.0	87.2	25.5	323	30.0	354
13.0	36.3	22.4	96.3	25.6	325	30.2	355
13.8	37.1	22.8	107.7	25.7	327	30.4	356
14.4	37.8	23.0	111.3	25.9	333	30.6	357
15.0	38.4	23.3	128.8	26.0	335	30.8	359
15.6	39.1	23.5	146.2	26.2	338	31.0	358

Tablo 4. im14-6-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
13.5	70.4	20.5	126.5	23.9	304	27.0	459
14.0	71.0	20.7	131.8	24.0	310	27.1	459
14.5	71.6	20.9	140.2	24.3	321	27.2	461
15.0	72.8	21.1	145.9	24.5	329	27.4	462
15.5	74.0	21.3	154.4	24.7	341	27.5	463
16.0	75.3	21.5	158.8	24.9	351	27.6	465
16.5	81.0	21.6	162.8	25.0	358	28.0	465
17.0	83.1	21.8	175.3	25.1	364	28.3	467
17.3	87.0	22.0	189.3	25.3	378	28.9	470
17.4	87.4	22.1	198	25.5	388	29.4	471
17.6	88.8	22.2	208	25.6	396	29.6	474
17.8	90.1	22.4	217	25.7	403	29.8	473
18.0	93.7	22.5	228	25.8	410	30.1	474
18.2	95.8	22.6	242	26.0	422	30.5	475
18.4	98.4	22.8	252	26.1	429	31.0	476
18.6	103.1	22.9	260	26.2	430	31.5	478
19.0	106.8	23.1	268	26.4	437	32.0	479
19.1	107.7	23.3	277	26.5	447	30.1	474
19.4	110.4	23.4	281	26.6	454	30.5	475
19.7	114.4	23.5	284	26.7	456	31.0	476
20.1	119.6	23.7	291	26.8	456	31.5	478



Şekil 25. im14-4-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki



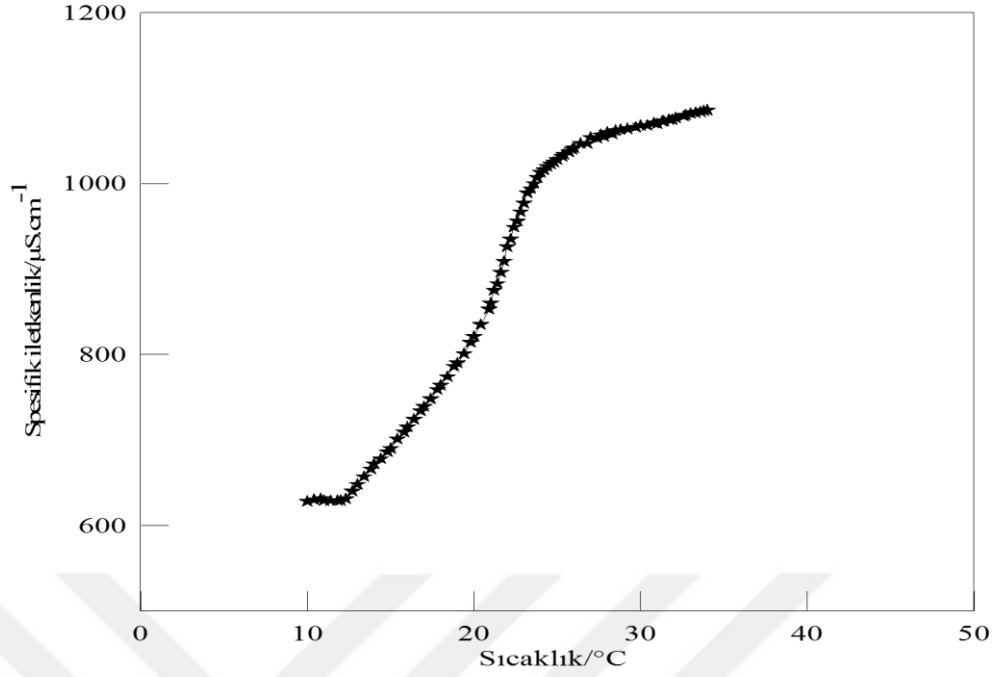
Şekil 26. im14-6-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki

Tablo 5. im10-sp2-10 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

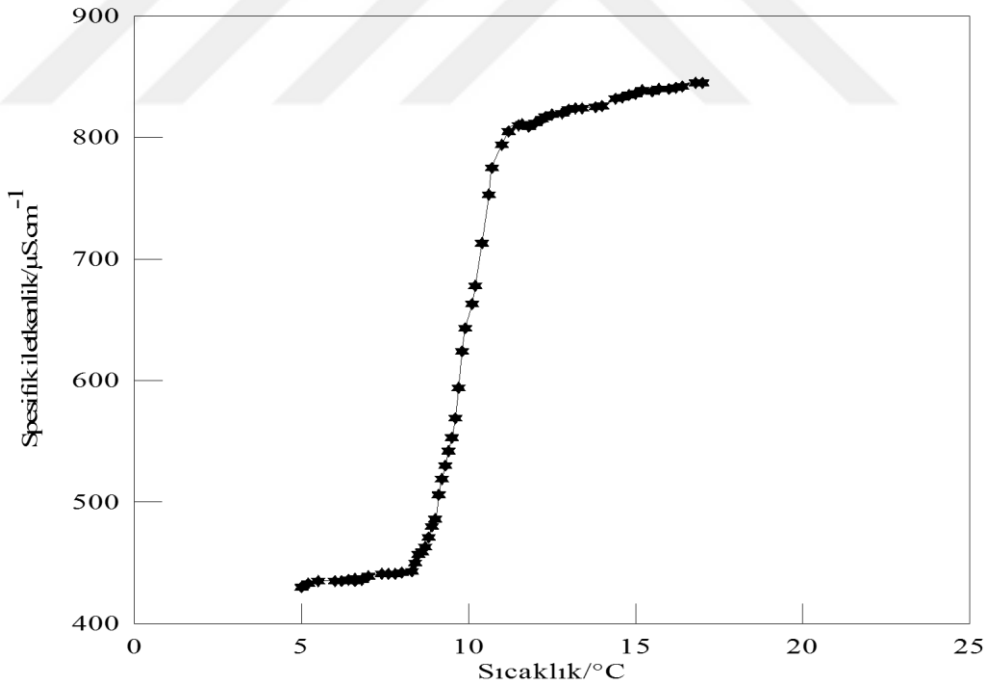
t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
10.0	628	17.0	739	23.0	977	27.8	1055
10.4	630	17.4	748	23.2	989	28.0	1060
10.8	631	17.8	759	23.4	994	28.3	1058
11.0	629	18.0	764	23.6	1000	28.5	1062
11.4	629	18.4	774	23.8	1007	28.8	1063
11.8	629	18.8	786	24.0	1013	29.2	1064
12.0	629	19.0	790	24.2	1016	29.7	1066
12.3	631	19.4	801	24.4	1020	30.8	1071
12.7	640	19.8	814	24.6	1023	31.0	1070
13.0	648	20.0	821	24.8	1025	31.3	1073
13.4	657	20.4	835	25.0	1028	31.4	1073
13.8	666	20.9	853	25.3	1032	31.7	1075
14.0	672	21.0	860	25.4	1034	31.9	1075
14.4	678	21.2	875	25.7	1037	32.1	1077
14.8	686	21.4	883	25.9	1040	32.6	1079
15.0	690	21.6	896	26.0	1042	32.7	1080
15.4	701	21.8	909	26.4	1047	33.0	1082
15.8	709	22.0	926	26.8	1047	33.3	1083
16.0	715	22.2	935	27.0	1054	33.6	1084
16.4	724	22.4	949	27.4	1053	33.8	1085
16.8	734	22.8	967	27.6	1057	34.0	1086

Tablo 6. im12-sp1-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
5.0	430	8.5	457	10.2	678	13.4	824
5.2	433	8.6	459	10.4	713	13.8	825
5.5	435	8.7	463	10.6	753	14.0	826
6.0	435	8.8	471	10.7	775	14.4	832
6.2	435	8.9	480	11.0	794	14.6	833
6.4	436	9.0	486	11.2	805	14.8	835
6.6	435	9.1	506	11.5	810	15.0	836
6.8	436	9.2	519	11.6	811	15.2	839
6.6	437	9.3	530	11.8	809	15.5	838
7.0	439	9.4	542	12.0	812	15.7	840
7.4	441	9.5	553	12.2	815	16.0	840
7.6	441	9.6	569	12.3	817	16.2	841
7.8	441	9.7	594	12.5	819	16.4	842
8.0	442	9.8	624	12.8	820	16.8	845
8.3	443	9.9	643	13.0	823	17.0	845
8.4	450	10.1	663	13.2	824		



Şekil 27. im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki



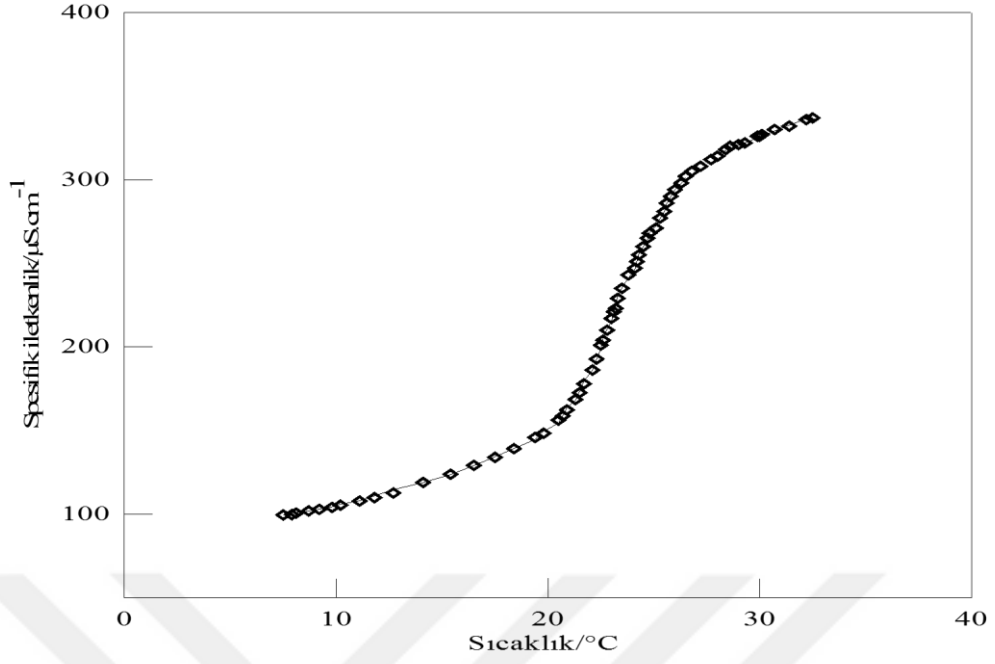
Şekil 28. im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki

Tablo 7. im12-sp2-12 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

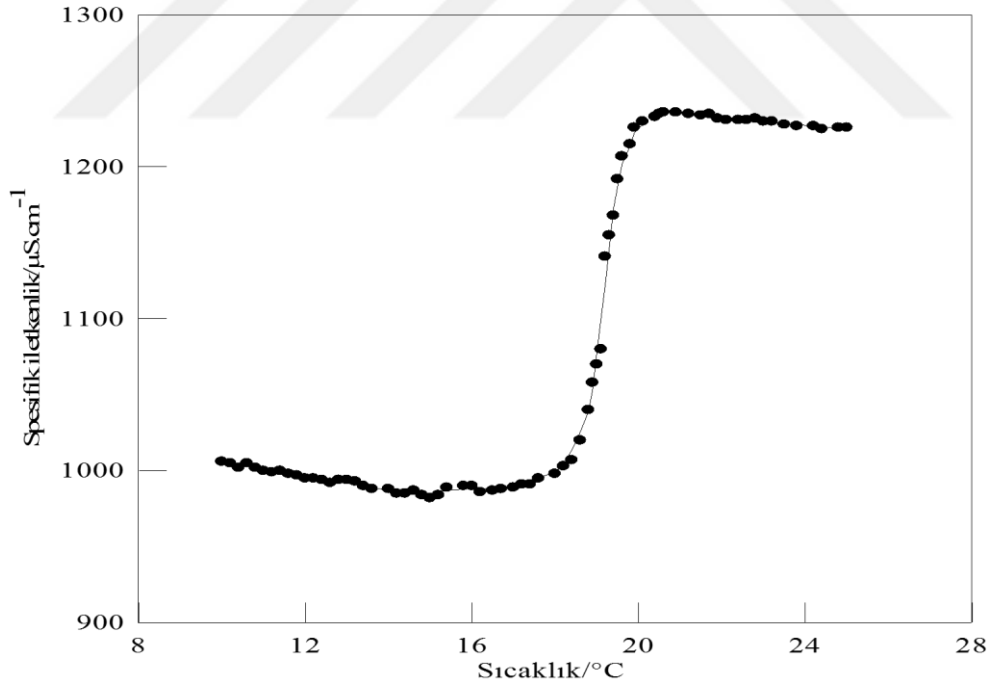
t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
7.5	99.5	19.8	148.3	23.5	235	26.8	305
7.9	99.7	20.5	156.2	23.8	243	27.2	308
8.1	100.6	20.7	158.7	24.1	247	27.7	312
8.7	101.9	20.9	162.3	24.2	251	28.0	314
9.2	102.8	21.3	168.5	24.3	255	28.4	318
9.8	104.0	21.5	172.6	24.5	260	28.6	320
10.2	105.3	21.7	177.9	24.7	265	29.0	321
11.1	107.8	22.1	186.1	24.8	268	29.3	322
11.8	109.8	22.3	192.7	25.1	271	29.9	326
12.7	112.6	22.5	201	25.3	277	30.0	326
14.1	118.9	22.6	204	25.5	281	30.1	327
15.4	123.8	22.8	210	25.6	286	30.7	330
16.5	129.1	23.0	217	25.8	290	31.4	332
17.5	133.9	23.1	221	26.0	294	32.2	336
18.4	139.1	23.2	223	26.3	298	32.5	337
19.4	145.8	23.3	229	26.5	302		

Tablo 8. im14-sp1-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
16.0	990	19.2	1141	21.7	1235
16.2	986	19.3	1155	21.9	1232
16.5	987	19.4	1168	22.1	1231
16.7	988	19.5	1192	22.4	1231
17.0	989	19.6	1207	22.6	1231
17.2	991	19.8	1215	22.8	1232
17.4	991	19.9	1226	23.0	1230
17.6	995	20.1	1230	23.2	1230
18.0	998	20.4	1233	23.5	1228
18.2	1003	20.5	1235	23.8	1227
18.4	1007	20.4	1233	24.2	1227
18.6	1020	20.5	1235	24.4	1225
18.8	1040	20.6	1236	24.8	1226
18.9	1058	20.9	1236	25.0	1226
19.0	1070	21.2	1235		
19.1	1080	21.5	1234		



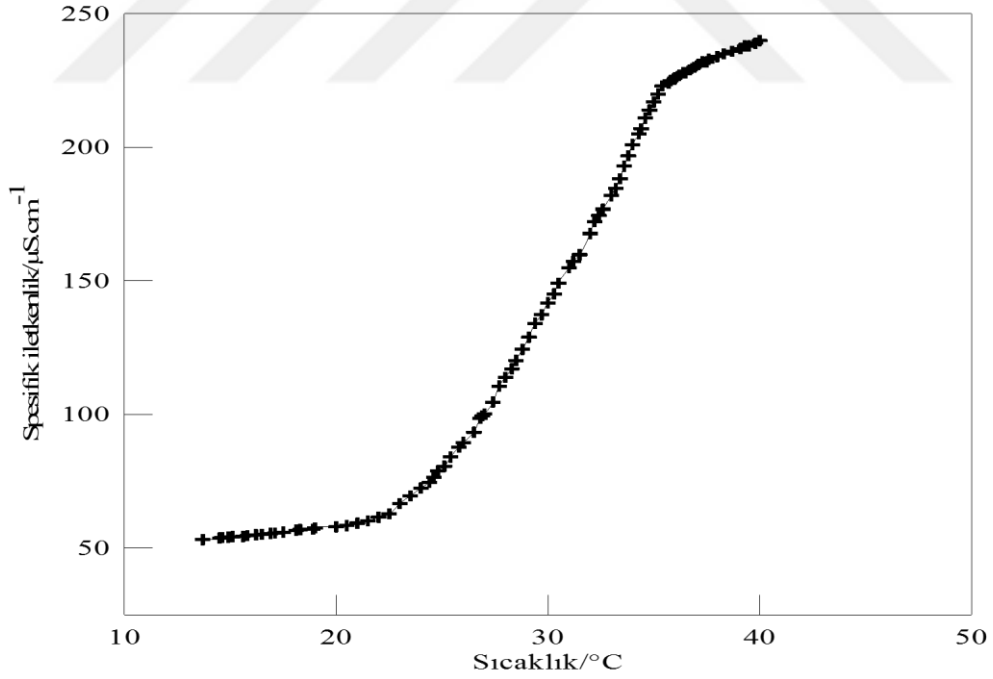
Şekil 29. im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki



Şekil 30. im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki

Tablo 9. im14-sp2-14 kodlu KGYAM'nin sıcaklığa bağlı spesifik iletkenlik değerleri

t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	t/°C	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
13.7	53.1	23.0	66.6	29.7	137.3	35.2	220
14.5	53.7	23.5	69.5	30.0	141.8	35.4	223
14.6	53.9	24.0	72.4	30.3	145.1	35.7	224
14.9	54.1	24.4	74.6	30.5	149.1	35.8	225
15.1	54.2	24.6	76.5	31.0	154.9	36.0	226
15.6	54.3	24.8	78.8	31.2	157.3	36.2	227
15.8	54.6	25.1	80.6	31.5	159.8	36.4	228
16.2	54.9	25.4	84.0	32.0	167.7	36.5	228
16.5	55.1	25.8	87.8	32.2	172.1	36.7	229
16.9	55.4	26.0	89.5	32.4	174.5	36.9	230
17.1	55.6	26.5	93.3	32.6	176.8	37.1	231
17.5	55.9	26.8	98.5	33.0	181.9	37.3	232
18.1	56.6	26.9	99.4	33.2	184.6	37.5	232
18.3	56.9	27.0	100.2	33.4	188.2	37.6	233
18.9	57.0	27.4	104.6	33.6	192.9	38.0	234
19.0	57.5	27.7	110.6	33.8	196.8	38.3	235
20.0	57.9	28.0	113.9	34.0	201	38.7	236
20.5	58.4	28.3	117.1	34.3	205	39.1	237
21.0	59.3	28.5	120.2	34.4	207	39.3	238
21.5	60.1	28.8	124.3	34.6	211	39.5	238
22.0	61.5	29.1	128.9	34.8	214	39.8	239
22.5	62.8	29.4	134.1	35.0	217	40.0	240



Şekil 31. im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile sıcaklık arasındaki ilişki

Tablo 10. KGYAM'lerin Krafft Sıcaklığı değerleri

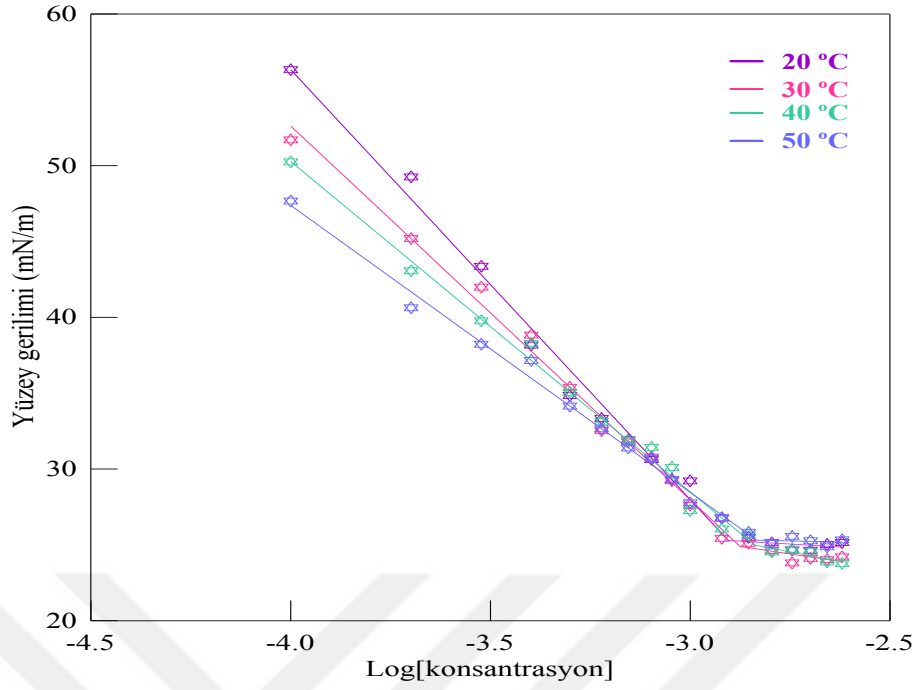
KGYAM Kodu	Krafft Sıcaklığı/°C
im10-4-10	< 0
im10-6-10	< 0
İm12-4-12	15.3
im12-6-12	12.3
im14-4-14	25.7
im14-6-14	26.7
im10-sp1-10	< 0
im10-sp2-10	24.9
im12-sp1-12	11.2
im12-sp2-12	27.5
im14-sp1-14	20.5
im14-sp2-14	35.7

Tablo 11. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

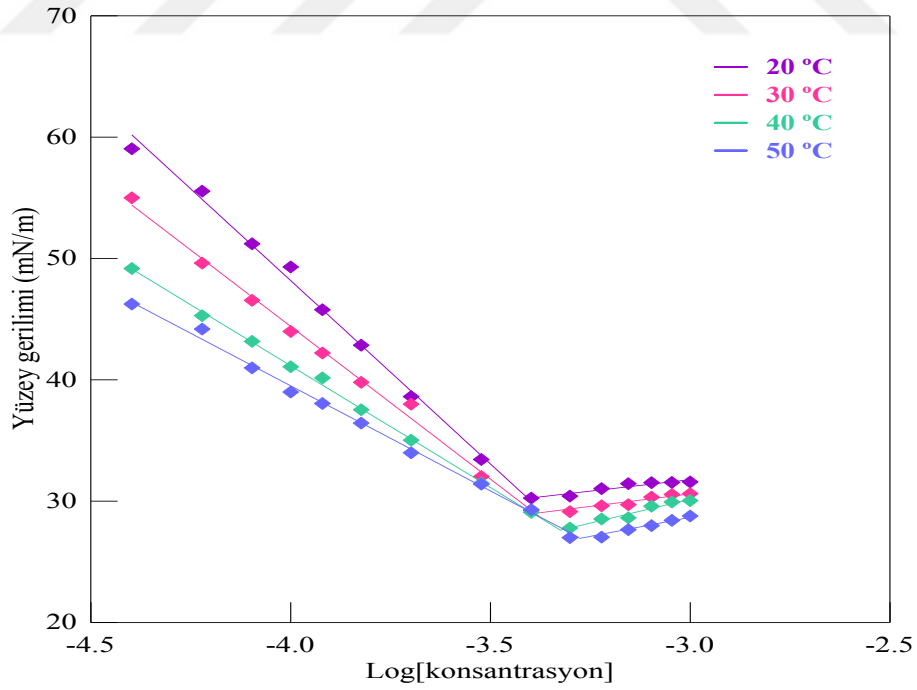
Log[konsantrasyon]	20°C γ/mN.m ⁻¹	30°C γ/mN.m ⁻¹	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-4.00	56.33	51.70	50.25	47.67
-3.70	49.26	45.19	43.07	40.63
-3.52	43.36	41.99	39.77	38.22
-3.40	38.17	38.83	38.29	37.16
-3.30	34.84	35.39	35.05	34.15
-3.22	33.33	32.53	33.15	32.65
-3.15	31.92	31.78	31.87	31.39
-3.10	30.63	30.79	31.42	30.71
-3.05	29.28	29.23	30.11	29.32
-3.00	29.22	27.60	27.26	27.77
-2.92	26.76	25.43	26.04	26.79
-2.85	25.49	25.10	25.66	25.83
-2.80	25.14	24.63	24.53	25.12
-2.74	24.66	23.81	24.70	25.56
-2.70	24.64	24.11	24.58	25.27
-2.66	25.02	24.02	23.87	24.87
-2.62	25.15	24.21	23.77	25.33

Tablo 12. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	20°C γ/mN.m ⁻¹	30°C γ/mN.m ⁻¹	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-4.40	59.04	55.00	49.17	46.24
-4.22	55.55	49.61	45.28	44.18
-4.10	51.20	46.55	43.16	40.98
-4.00	49.30	43.98	41.07	38.99
-3.92	45.77	42.20	40.15	38.05
-3.82	42.85	39.79	37.53	36.43
-3.70	38.61	37.99	35.02	33.98
-3.52	33.43	32.02	31.47	31.40
-3.40	30.25	29.21	29.07	29.30
-3.30	30.41	29.13	27.78	26.99
-3.22	31.03	29.61	28.53	27.03
-3.15	31.44	29.70	28.62	27.65
-3.10	31.52	30.33	29.58	27.98
-3.05	31.54	30.55	29.92	28.41
-3.00	31.58	30.61	30.04	28.77



Şekil 32. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



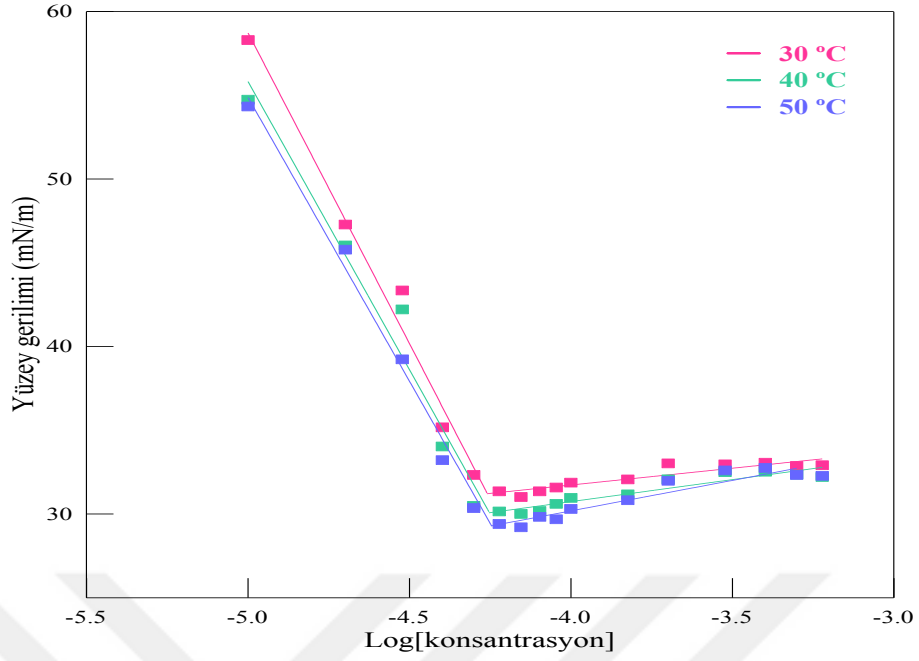
Şekil 33. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 13. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

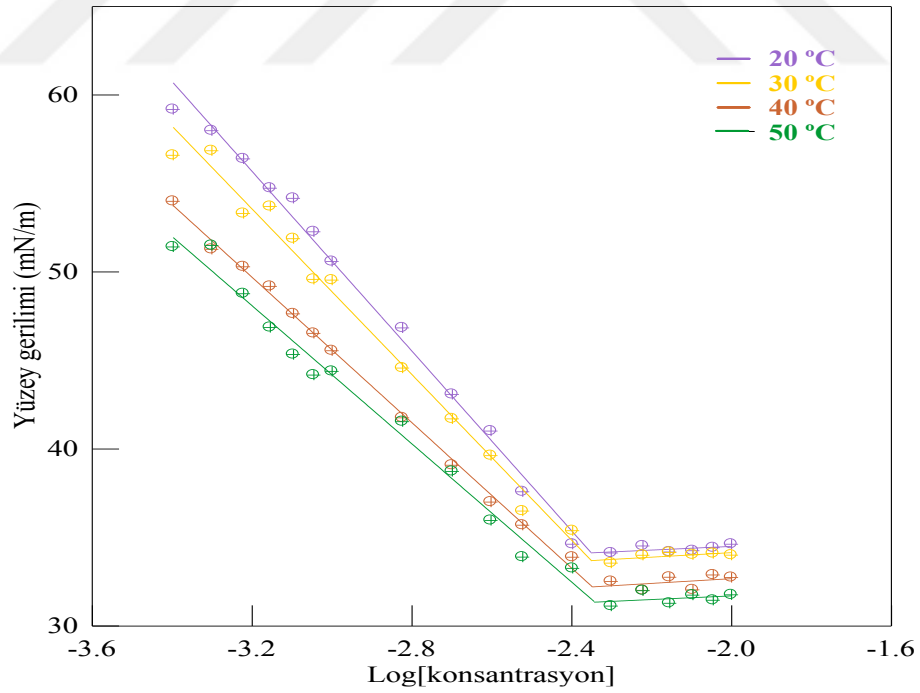
Log[konsantrasyon]	30°C y/mN.m⁻¹	40°C y/mN.m⁻¹	50°C y/mN.m⁻¹
-5.00	58.30	54.74	54.33
-4.70	47.28	46.03	45.78
-4.52	43.34	42.21	39.23
-4.40	35.17	34.03	33.21
-4.30	32.33	30.48	30.35
-4.22	31.35	30.15	29.40
-4.15	31.01	30.00	29.20
-4.10	31.35	30.17	29.83
-4.05	31.58	30.60	29.68
-4.00	31.87	30.96	30.30
-3.82	32.06	31.17	30.82
-3.70	33.02	32.07	31.98
-3.52	32.96	32.49	32.60
-3.40	33.06	32.52	32.75
-3.30	32.86	32.35	32.33
-3.22	32.91	32.21	32.28

Tablo 14. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	20°C y/mN.m⁻¹	30°C y/mN.m⁻¹	40°C y/mN.m⁻¹	50°C y/mN.m⁻¹
-3.40	59.18	56.59	53.99	51.41
-3.30	57.98	56.85	51.28	51.49
-3.22	56.39	53.3	50.29	48.77
-3.15	54.73	53.7	49.18	46.86
-3.10	54.16	51.88	47.63	45.33
-3.05	52.27	49.58	46.53	44.17
-3.00	50.59	49.54	45.55	44.38
-2.82	46.84	44.57	41.76	41.54
-2.70	43.08	41.7	39.08	38.73
-2.60	41.01	39.62	37.00	35.96
-2.52	37.58	36.49	35.69	33.89
-2.40	34.62	35.38	33.88	33.25
-2.30	34.12	33.55	32.51	31.12
-2.22	34.52	33.99	32.01	31.99
-2.15	34.18	34.15	32.75	31.28
-2.10	34.25	34.02	32.04	31.74
-2.05	34.42	34.09	32.88	31.45
-2.00	34.62	34.00	32.74	31.76



Şekil 34. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



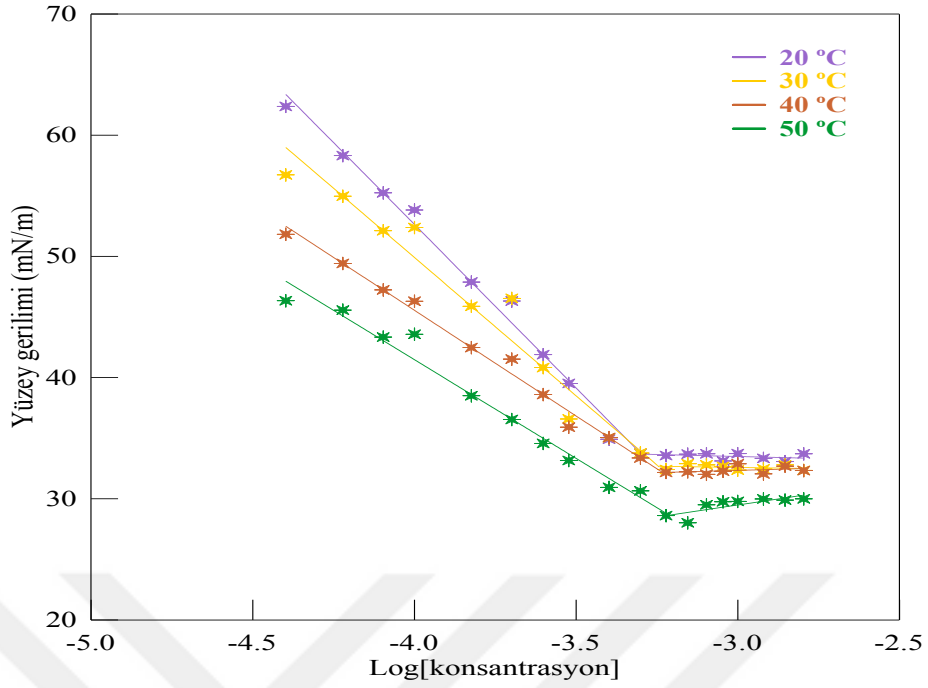
Şekil 35. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 15. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

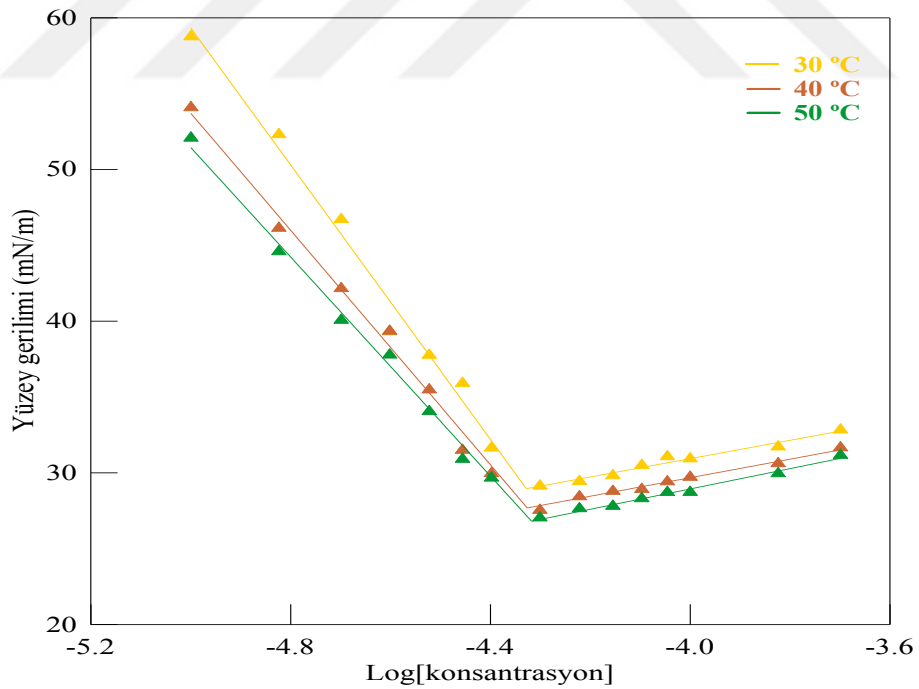
Log[konsantrasyon]	20°C $\gamma/mN.m^{-1}$	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-4.40	62.38	56.72	51.82	46.34
-4.22	58.31	54.96	49.41	45.56
-4.10	55.24	52.11	47.23	43.34
-4.00	53.82	52.38	46.30	43.57
-3.82	47.88	45.88	42.47	38.50
-3.70	46.31	46.53	41.52	36.54
-3.60	41.89	40.82	38.60	34.56
-3.52	39.51	36.58	35.90	33.15
-3.40	34.91	35.04	35.05	30.94
-3.30	33.75	33.77	33.36	30.65
-3.22	33.56	32.40	32.17	28.60
-3.15	33.68	32.89	32.22	28.01
-3.10	33.70	32.79	32.01	29.50
-3.05	33.11	32.66	32.27	29.75
-3.00	33.72	32.36	32.88	29.78
-2.92	33.33	32.45	32.05	29.98
-2.85	33.06	32.79	32.69	29.89
-2.80	33.70	32.34	32.32	29.99

Tablo 16. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-5.00	58.76	54.08	52.07
-4.82	52.30	46.13	44.58
-4.70	46.70	42.15	40.06
-4.60	39.30	39.34	37.77
-4.52	37.76	35.47	34.04
-4.46	35.90	31.49	30.90
-4.40	31.64	29.95	29.66
-4.30	29.13	27.53	27.03
-4.22	29.43	28.42	27.64
-4.15	29.81	28.78	27.80
-4.10	30.50	28.91	28.30
-4.05	31.07	29.41	28.71
-4.00	30.92	29.71	28.72
-3.82	31.71	30.60	29.94
-3.70	32.83	31.65	31.16



Şekil 36. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



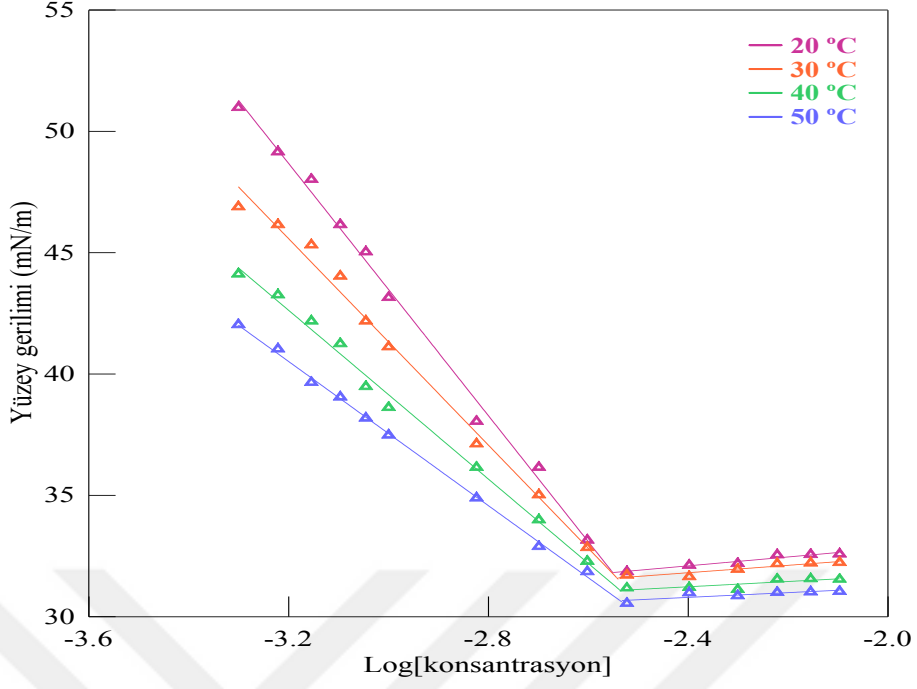
Şekil 37. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 17. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

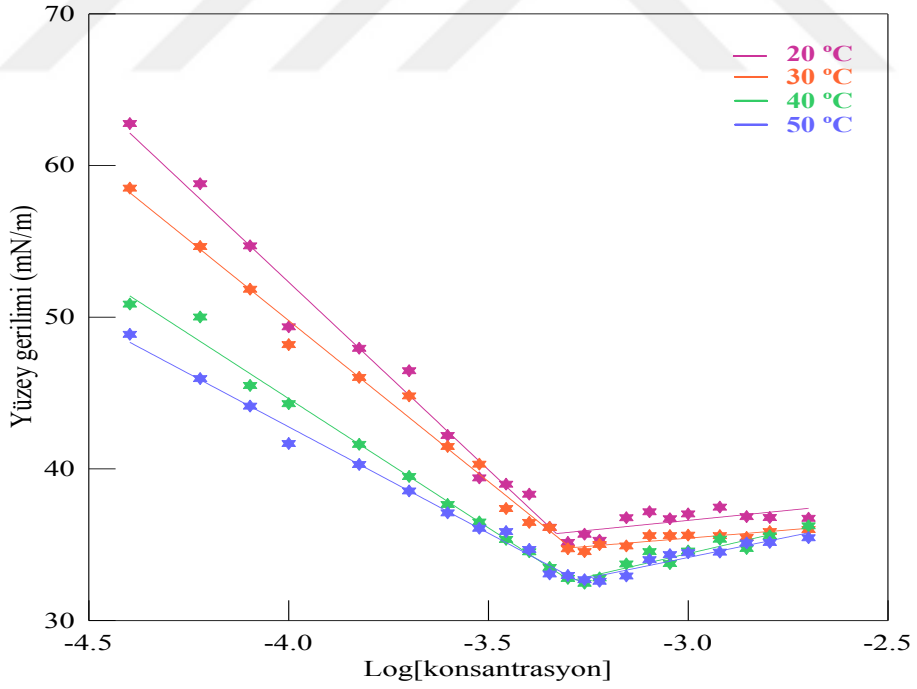
Log[konsantrasyon]	20°C γ/mN.m ⁻¹	30°C γ/mN.m ⁻¹	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-3.30	50.98	46.89	44.12	42.03
-3.22	49.15	46.15	43.26	41.03
-3.15	48.02	45.32	42.18	39.65
-3.10	46.15	44.03	41.25	39.05
-3.05	45.03	42.18	39.48	38.18
-3.00	43.15	41.12	38.62	37.48
-2.82	38.05	37.12	36.15	34.89
-2.70	36.15	35.02	33.99	32.89
-2.60	33.15	32.85	32.28	31.85
-2.52	31.85	31.71	31.18	30.55
-2.40	32.12	31.65	31.2	30.98
-2.30	32.19	31.95	31.12	30.86
-2.22	32.55	32.18	31.55	31.00
-2.15	32.56	32.21	31.56	31.02
-2.10	32.58	32.23	31.54	31.04

Tablo 18. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	20°C γ/mN.m ⁻¹	30°C γ/mN.m ⁻¹	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-4.40	62.77	58.51	50.86	48.87
-4.22	58.80	54.66	50.01	45.95
-4.10	54.70	51.84	45.50	44.14
-4.00	49.36	48.19	44.30	41.67
-3.82	47.95	46.03	41.62	40.29
-3.70	46.47	44.81	39.50	38.54
-3.60	42.20	41.48	37.65	37.10
-3.52	39.40	40.31	36.50	36.08
-3.46	38.99	37.38	35.35	35.86
-3.40	38.33	36.47	34.53	34.69
-3.35	36.15	36.13	33.50	33.07
-3.30	35.15	34.73	32.78	32.97
-3.26	35.69	34.54	32.46	32.69
-3.22	35.29	35.01	32.81	32.59
-3.15	36.78	34.92	33.73	32.94
-3.10	37.17	35.60	34.54	34.01
-3.05	36.71	35.60	33.76	34.34
-3.00	37.03	35.63	34.58	34.47
-2.92	37.48	35.60	35.36	34.51
-2.85	36.85	35.48	34.75	35.12
-2.80	36.79	35.86	35.58	35.15



Şekil 38. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM' sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



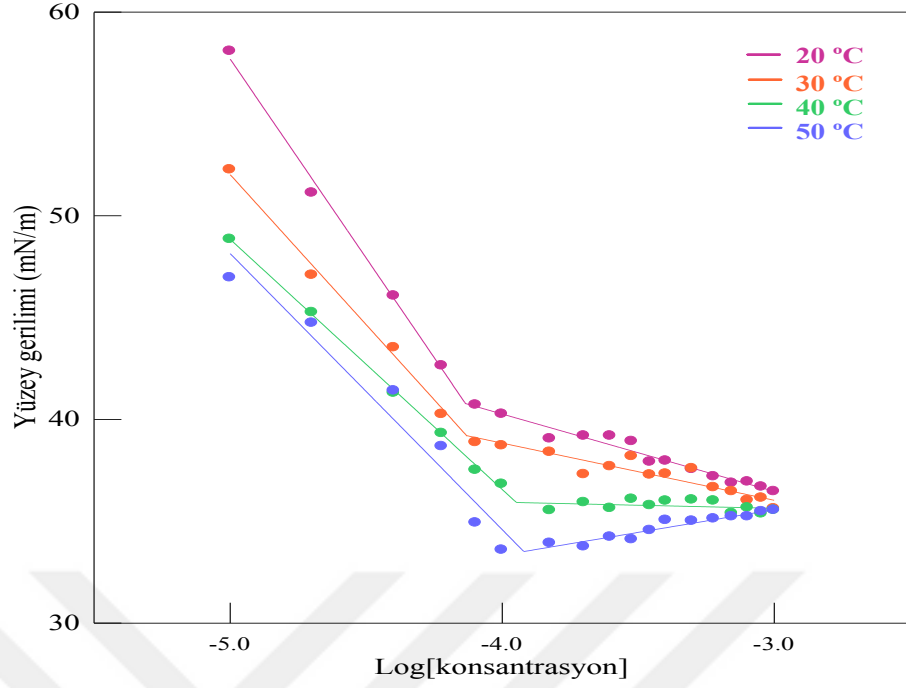
Şekil 39. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM' sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 19. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

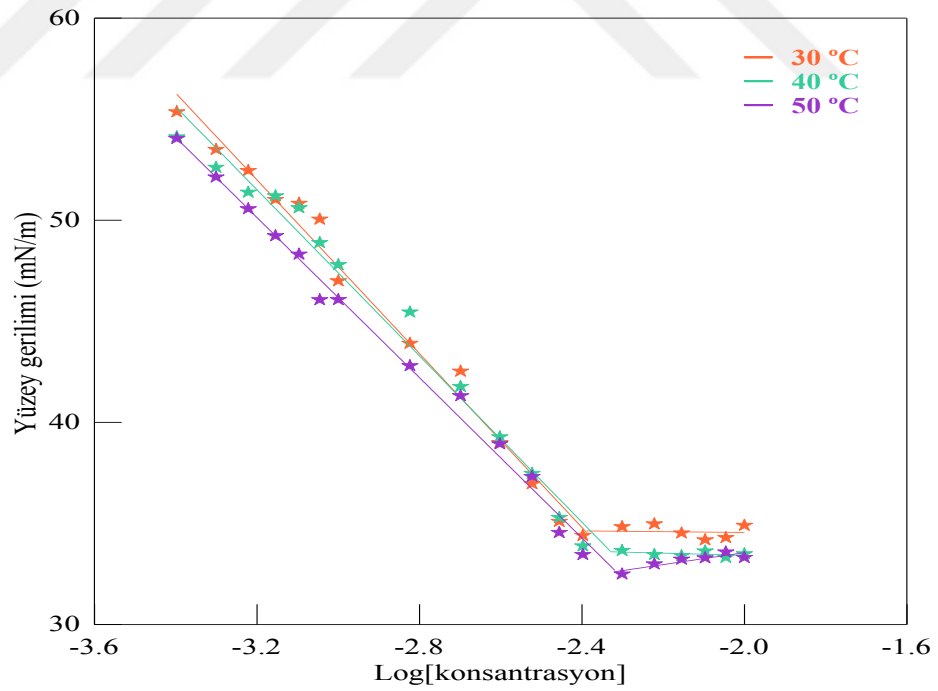
Log[konsantrasyon]	20°C y/mN.m ⁻¹	30°C y/mN.m ⁻¹	40°C y/mN.m ⁻¹	50°C y/mN.m ⁻¹
-5.00	58.08	52.26	48.84	46.96
-4.70	51.12	47.08	45.25	44.73
-4.40	46.06	43.52	41.29	41.40
-4.22	42.63	40.25	39.31	38.67
-4.10	40.71	38.87	37.51	34.92
-4.00	40.26	38.71	36.82	33.58
-3.82	39.05	38.39	35.53	33.92
-3.70	39.19	37.29	35.92	33.75
-3.60	39.19	37.68	35.63	34.22
-3.52	38.92	38.18	36.08	34.10
-3.46	37.91	37.27	35.77	34.55
-3.40	37.96	37.32	35.99	35.05
-3.30	37.55	37.58	36.05	35.01
-3.22	37.19	36.65	36.00	35.12
-3.15	36.87	36.46	35.38	35.22
-3.10	36.93	36.02	35.66	35.22
-3.05	36.68	36.14	35.36	35.47
-3.00	36.46	35.61	35.54	35.54

Tablo 20. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	30°C y/mN.m ⁻¹	40°C y/mN.m ⁻¹	50°C y/mN.m ⁻¹
-3.40	55.36	54.12	54.04
-3.30	53.50	52.61	52.13
-3.22	52.45	51.38	50.56
-3.15	51.02	51.20	49.23
-3.10	50.83	50.61	48.32
-3.05	50.05	48.89	46.06
-3.00	47.00	47.80	46.07
-2.82	43.91	45.45	42.80
-2.70	42.53	41.77	41.31
-2.60	38.99	39.28	38.93
-2.52	36.96	37.47	37.32
-2.46	35.11	35.29	34.55
-2.40	34.40	33.88	33.46
-2.30	34.83	33.66	32.49
-2.22	34.97	33.46	32.99
-2.15	34.52	33.40	33.23
-2.10	34.18	33.63	33.29
-2.05	34.29	33.32	33.58
-2.00	34.90	33.49	33.31



Şekil 40. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



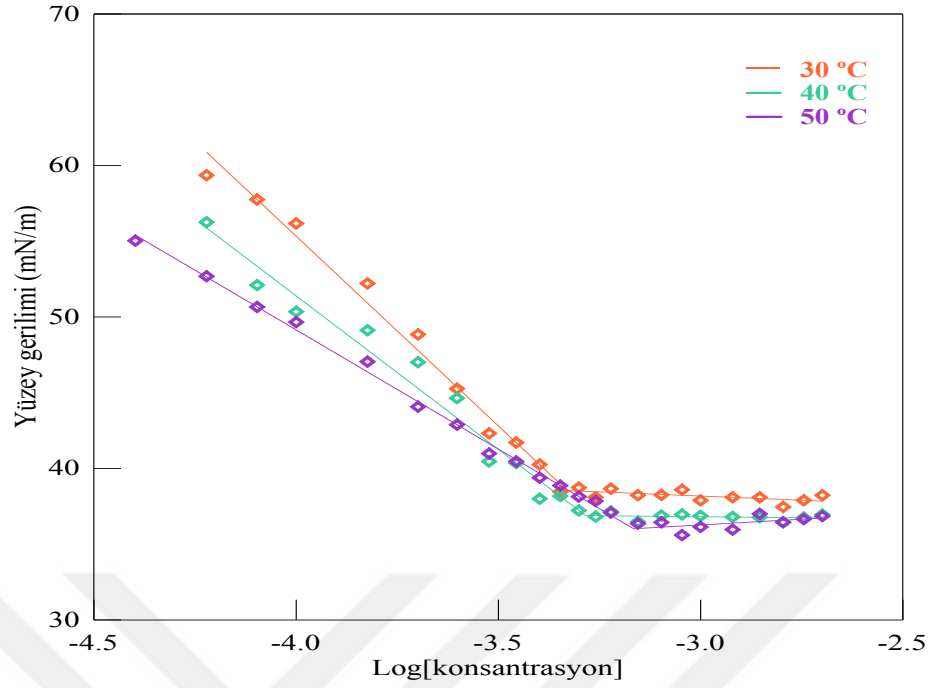
Şekil 41. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 21. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

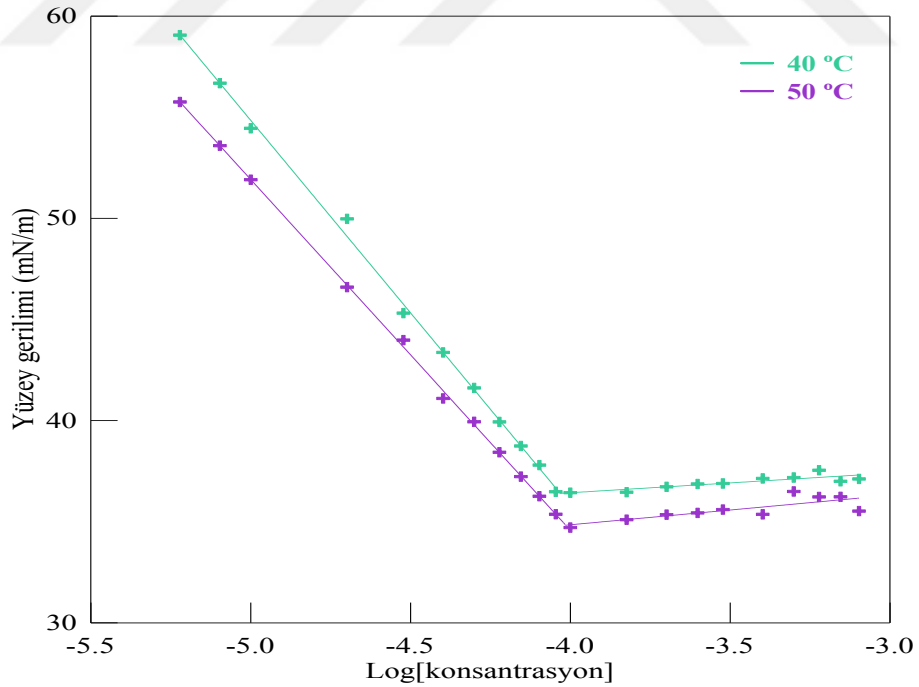
Log[konsantrasyon]	30°C γ/mN.m ⁻¹	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-4.22	59.35	56.25	55.03
-4.10	57.75	52.1	52.68
-4.00	56.17	50.34	50.66
-3.82	52.21	49.12	49.66
-3.70	48.84	47.01	47.04
-3.60	45.26	44.64	44.07
-3.52	42.31	40.46	42.88
-3.46	41.70	40.35	40.98
-3.40	40.26	38.00	40.46
-3.35	38.45	38.17	39.38
-3.30	38.73	37.22	38.86
-3.26	38.10	36.81	38.14
-3.22	38.66	37.16	36.35
-3.15	38.23	36.48	36.44
-3.10	38.25	36.88	35.60
-3.05	38.59	36.96	36.14
-3.00	37.89	36.86	35.96
-2.85	38.08	36.77	36.45
-2.80	37.46	36.44	36.65
-2.74	37.89	36.74	36.85
-2.70	38.22	36.95	36.35

Tablo 22. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	40°C γ/mN.m ⁻¹	50°C γ/mN.m ⁻¹
-5.22	59.06	55.76
-5.10	56.69	53.59
-5.00	54.46	51.91
-4.70	49.97	46.6
-4.52	45.31	43.98
-4.40	43.37	41.09
-4.30	41.61	39.94
-4.22	39.93	38.43
-4.15	38.74	37.23
-4.10	37.80	36.26
-4.05	36.48	35.37
-4.00	36.43	34.71
-3.82	36.46	35.10
-3.52	36.89	35.60
-3.40	37.14	35.36
-3.30	37.18	36.49
-3.22	37.54	36.22
-3.15	37.00	36.23
-3.10	37.11	35.52



Şekil 42. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 43. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'ine ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 23. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda yüzey gerilimi yöntemi ile elde edilen KMK değerleri

KGYAM Kodu	KMK/M 20°C	KMK/M 30°C	KMK/M 40°C	KMK/M 50°C
im10-4-10	1.24×10^{-3}	1.34×10^{-3}	1.45×10^{-3}	1.47×10^{-3}
im12-4-12	4.00×10^{-4}	4.17×10^{-4}	4.74×10^{-4}	5.24×10^{-4}
im14-4-14	-	5.49×10^{-5}	5.57×10^{-5}	5.69×10^{-5}
im10-6-10	4.45×10^{-3}	4.47×10^{-3}	4.48×10^{-3}	4.52×10^{-3}
im12-6-12	5.07×10^{-4}	5.72×10^{-4}	5.82×10^{-4}	6.17×10^{-4}
im14-6-14	-	4.70×10^{-5}	4.72×10^{-5}	4.81×10^{-5}
im10-sp1-10	2.82×10^{-3}	2.88×10^{-3}	2.92×10^{-3}	2.94×10^{-3}
im12-sp1-12	4.68×10^{-4}	5.08×10^{-4}	5.11×10^{-4}	5.25×10^{-4}
im14-sp1-14	7.36×10^{-5}	7.43×10^{-5}	1.13×10^{-4}	1.20×10^{-4}
im10-sp2-10	-	4.09×10^{-3}	4.67×10^{-3}	4.80×10^{-3}
im12-sp2-12	-	4.69×10^{-4}	5.18×10^{-4}	6.79×10^{-4}
im14-sp2-14	-	-	9.27×10^{-5}	9.64×10^{-5}

Tablo 24. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan Γ_{maks} değerleri

KYGAM Kodu	Γ_{maks} $10^{-7} \text{mol.m}^{-2}$ 20°C	Γ_{maks} $10^{-7} \text{mol.m}^{-2}$ 30°C	Γ_{maks} $10^{-7} \text{mol.m}^{-2}$ 40°C	Γ_{maks} $10^{-7} \text{mol.m}^{-2}$ 50°C
im10-4-10	16.8	14.2	12.1	10.2
im12-4-12	20.8	18.3	13.4	8.3
im14-4-14	-	21.3	19.1	18.3
im10-6-10	15.1	13.4	11.4	10.5
im12-6-12	16.0	13.1	9.7	8.8
im14-6-14	-	25.9	21.5	19.4
im10-sp1-10	15.4	12.9	9.7	8.0
im12-sp1-12	14.7	12.2	9.5	7.7
im14-sp1-14	11.6	8.5	6.8	7.3
im10-sp2-10	-	12.3	11.4	10.7
im12-sp2-12	-	14.4	11.3	8.5
im14-sp2-14	-	-	10.6	9.3

Tablo 25. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan A_{min} değerleri

KYGAM Kodu	A_{min}	A_{min}	A_{min}	A_{min}
	\AA^2 20°C	\AA^2 30°C	\AA^2 40°C	\AA^2 50°C
im10-4-10	98.7	117.4	137.2	163.0
im12-4-12	79.7	90.6	124.5	200.0
im14-4-14	-	77.9	86.8	90.9
im10-6-10	110.2	123.7	145.5	158.0
im12-6-12	103.7	126.7	171.4	189.4
im14-6-14	-	64.2	77.3	85.5
im10-sp1-10	107.7	123.6	172.0	207.7
im12-sp1-12	113.3	136.4	175.4	220.0
im14-sp1-14	143.0	196.2	243.4	227.6
im10-sp2-10	-	134.6	145.4	155.7
im12-sp2-12	-	115.6	147.5	196.0
im14-sp2-14	-	-	156.9	177.8

Tablo 26. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda hesaplanan γ_{KMK} ve Π_{KMK} değerleri

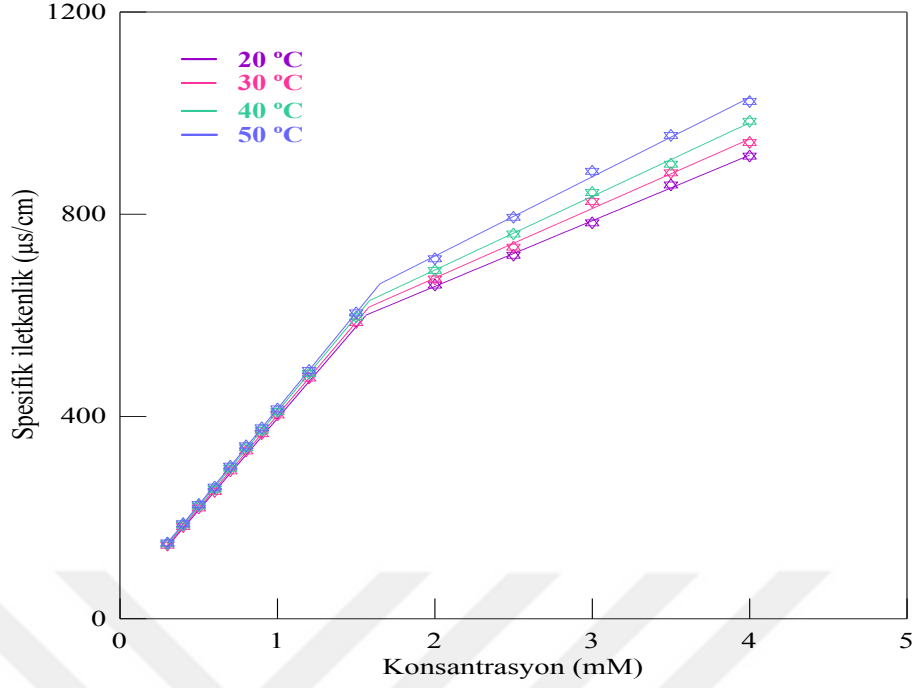
KYGAM Kodu	20°C		30°C		40°C		50°C	
	$\gamma_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\Pi_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\gamma_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\Pi_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\gamma_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\Pi_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\gamma_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$	$\Pi_{KMK}/$ $mN.m^{-1}$
im10-4-10	25.29	46.47	24.84	45.01	25.01	43.62	25.28	40.67
im12-4-12	28.95	42.81	25.44	44.41	23.45	45.18	23.64	42.31
im14-4-14	-	-	31.25	38.60	30.13	38.50	29.26	36.69
im10-6-10	34.15	37.61	33.67	36.18	32.19	36.44	31.38	34.57
im12-6-12	33.61	38.16	32.62	37.23	32.21	36.72	28.61	37.34
im14-6-14	-	-	29.17	40.68	27.85	40.78	26.97	38.98
im10-sp1-10	31.79	39.97	31.54	38.31	31.05	37.58	30.61	35.34
im12-sp1-12	37.98	33.78	37.77	32.08	35.57	33.06	35.83	30.12
im14-sp1-14	40.76	31.00	39.18	30.67	35.94	32.69	33.53	32.42
im10-sp2-10	-	-	34.54	35.31	33.64	34.99	32.68	33.27
im12-sp2-12	-	-	38.52	31.33	36.92	31.71	36.05	29.90
im14-sp2-14	-	-	-	-	36.42	32.21	34.85	31.10

Tablo 27. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

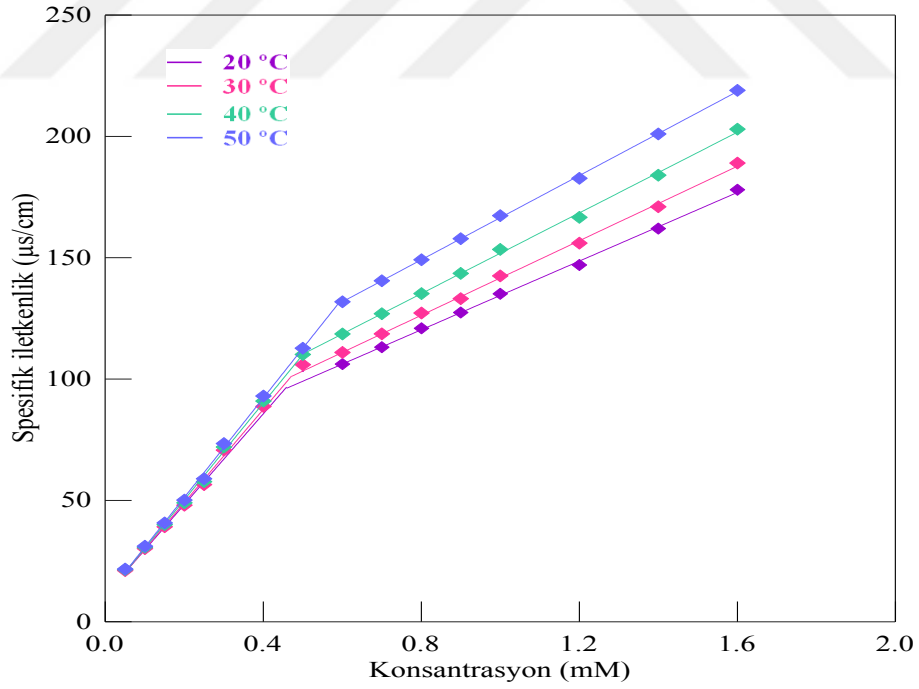
Konsantrasyon/mM	20°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	30°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	40°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	50°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.3	143	145	148	150
0.4	179	182	185	188
0.5	215	219	223	226
0.6	248	252	256	260
0.7	288	292	298	302
0.8	327	332	338	342
0.9	360	366	373	378
1.0	396	403	410	415
1.2	469	476	485	491
1.5	577	586	597	605
2.0	660	672	689	712
2.5	719	735	761	794
3.0	783	825	843	885
3.5	858	882	899	956
4.0	915	942	984	1023

Tablo 28. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	20°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	30°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	40°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	50°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.05	20.8	21.1	21.5	21.7
0.10	29.6	30.1	30.7	31.1
0.15	38.6	39.1	40.0	40.7
0.20	47.4	48.0	49.0	50.1
0.25	55.7	56.5	57.7	58.9
0.30	69.6	70.7	72.0	73.4
0.40	86.8	88.7	90.9	93.0
0.50	103	106	110	113
0.60	106	111	119	132
0.70	113	119	127	140
0.80	121	127	135	149
0.90	127	133	144	158
1.00	135	143	153	167
1.20	147	156	167	183
1.40	162	171	184	201



Şekil 44. Farklı sıcaklıklarda im10-4-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



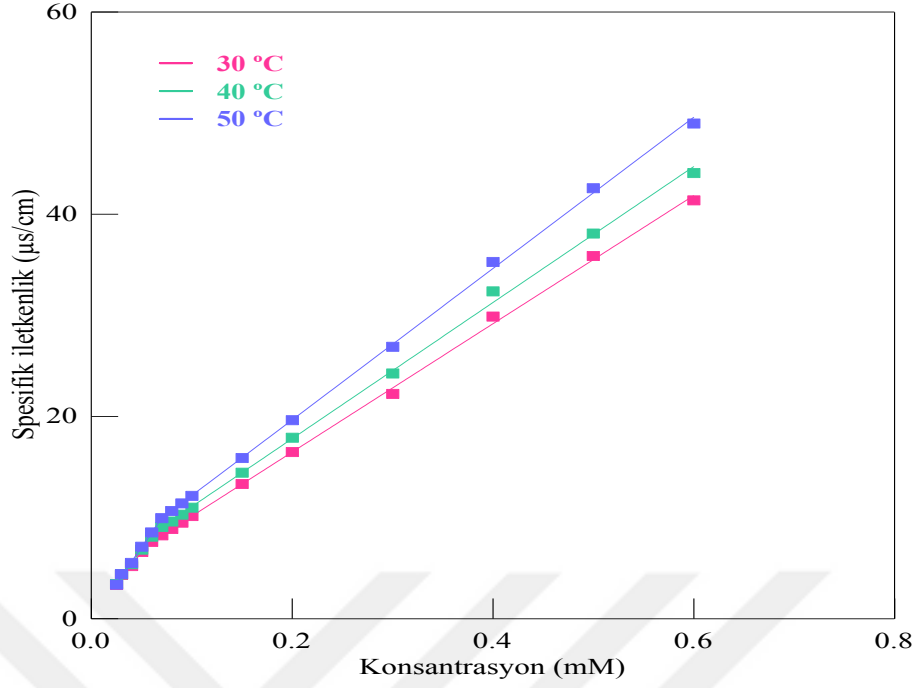
Şekil 45. Farklı sıcaklıklarda im12-4-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 29. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

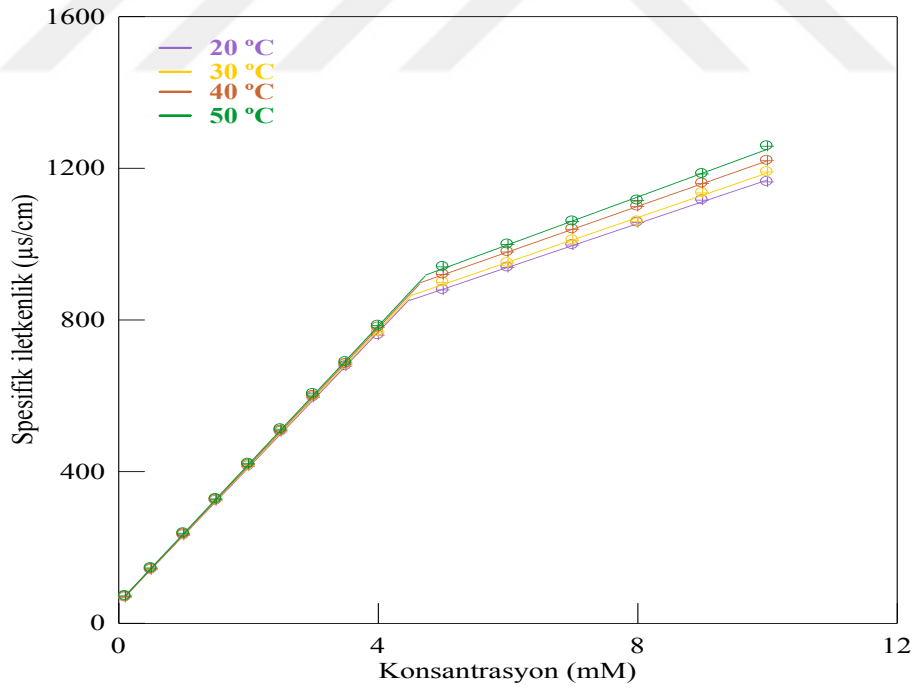
Konsantrasyon/mM	30°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	40°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	50°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.03	4.32	4.38	4.41
0.04	5.21	5.38	5.52
0.05	6.62	6.82	7.11
0.06	7.60	8.11	8.52
0.07	8.24	9.06	9.93
0.08	8.87	9.61	10.64
0.09	9.51	10.29	11.39
0.10	10.14	10.98	12.14
0.15	13.31	14.44	15.88
0.20	16.48	17.9	19.62
0.30	22.2	24.3	26.9
0.40	29.9	32.4	35.3
0.50	35.9	38.1	42.6
0.60	41.4	44.1	49.0

Tablo 30. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	30°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	40°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	50°C $\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.1	68.0	69.1	70.2
0.5	141	142	143
1.0	232	234	235
1.5	323	325	326
2.0	414	416	418
2.5	505	507	508
3.0	596	599	600
3.5	678	682	684
4.0	760	768	780
5.0	879	899	920
6.0	938	950	979
7.0	998	1010	1039
8.0	1057	1060	1099
9.0	1116	1135	1160
10.0	1164	1190	1220



Şekil 46. Farklı sıcaklıklarda im14-4-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



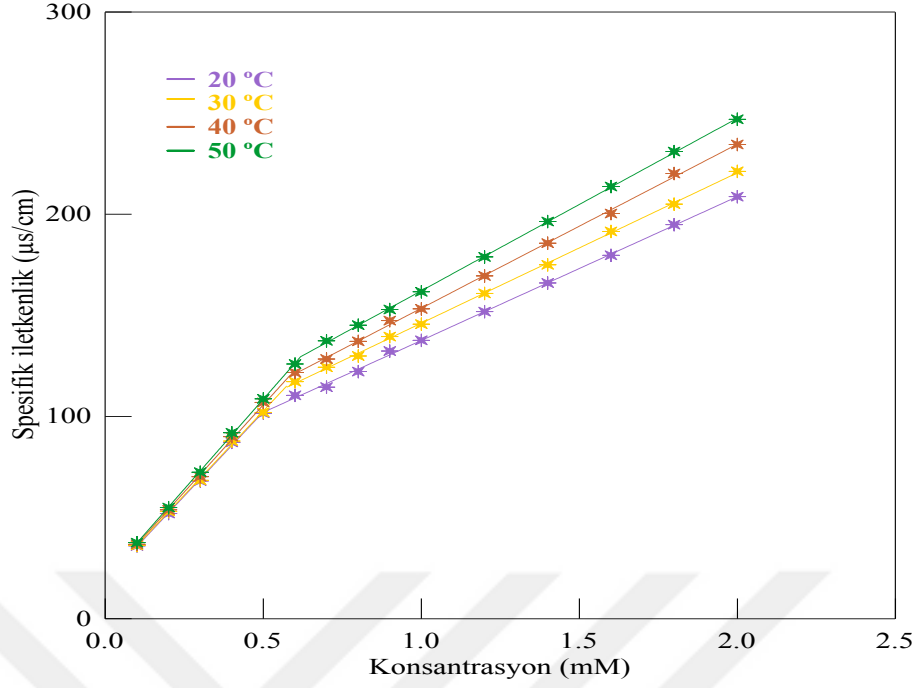
Şekil 47. Farklı sıcaklıklarda im10-6-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 31. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

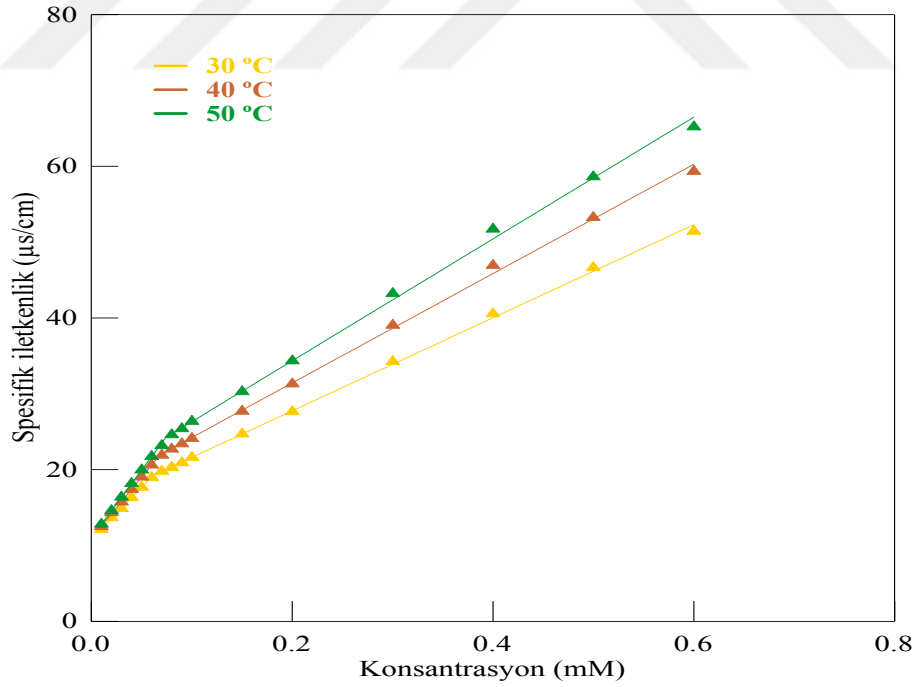
Konsantrasyon/mM	20°C	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.1	36.0	36.2	36.8	37.6
0.2	52.1	53.1	53.8	54.9
0.3	68.1	68.4	70.2	72.4
0.4	87.2	87.8	90.0	91.9
0.5	102	102	107	109
0.6	110	117	122	126
0.7	115	124	128	137
0.8	122	130	137	145
0.9	132	140	147	153
1.0	138	146	153	162
1.2	152	161	170	179
1.4	166	175	186	196
1.6	180	192	200	214
1.8	195	205	220	231
2.0	209	221	235	247

Tablo 32. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM' sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.01	12.12	12.49	12.81
0.02	13.65	14.31	14.58
0.03	14.87	15.72	16.38
0.04	16.30	17.40	18.16
0.05	17.67	19.02	19.95
0.06	18.97	20.6	21.7
0.07	19.78	21.9	23.2
0.08	20.3	22.7	24.6
0.09	20.9	23.4	25.4
0.10	21.6	24.1	26.4
0.15	24.7	27.7	30.3
0.20	27.6	31.3	34.3
0.30	34.3	39.0	43.2
0.40	40.5	46.9	51.7
0.50	46.6	53.2	58.6
0.60	51.4	59.3	65.2



Şekil 48. Farklı sıcaklıklarda im12-6-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



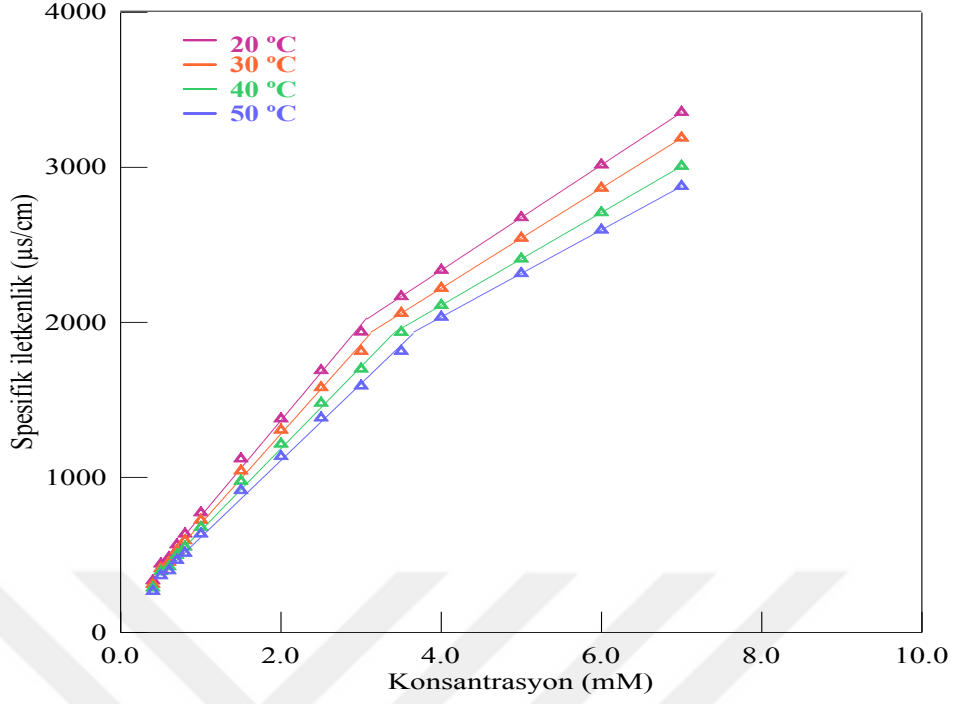
Şekil 49. Farklı sıcaklıklarda im14-6-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 33. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

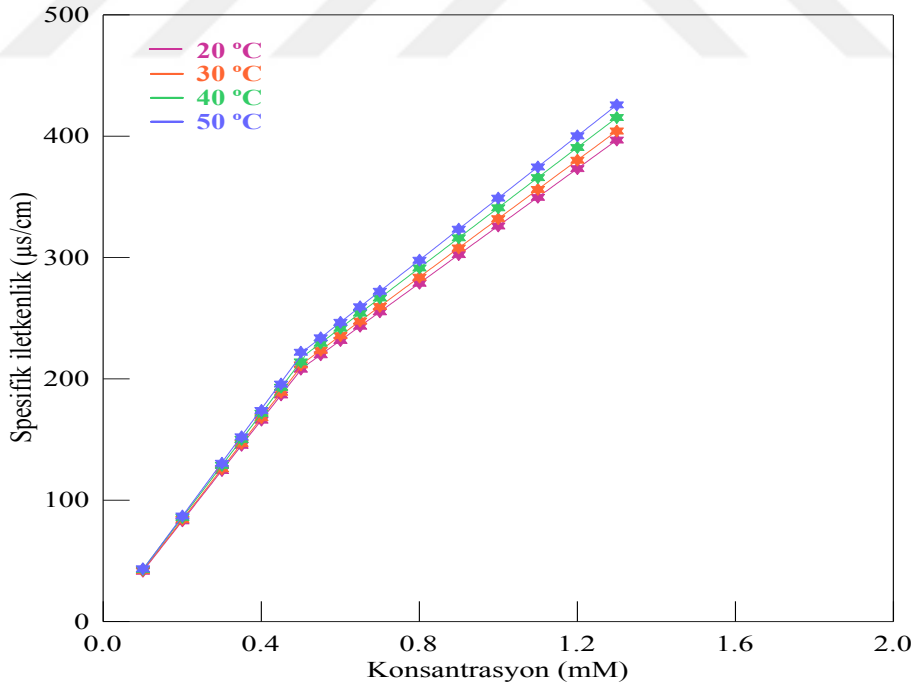
Konsantrasyon/mM	20°C	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.5	442	412	393	366
0.6	483	452	424	398
0.7	565	528	498	465
0.8	635	592	551	511
1.0	772	724	678	635
1.5	1120	1042	976	915
2.0	1378	1305	1215	1135
2.5	1689	1579	1479	1384
3.0	1938	1813	1699	1590
3.5	2167	2059	1936	1814
4.0	2336	2220	2110	2034
5.0	2676	2543	2409	2315
6.0	3015	2866	2708	2596
7.0	3355	3189	3007	2877

Tablo 34. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	20°C	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.10	41.5	42.1	42.9	43.5
0.20	83.1	84.1	85.8	87.1
0.30	125	126	129	131
0.35	145	147	150	152
0.40	166	168	172	174
0.45	187	189	193	196
0.50	208	212	214	222
0.55	220	224	229	234
0.60	232	236	242	247
0.65	243	248	254	259
0.70	255	260	267	272
0.80	279	284	291	298
0.90	302	308	316	323
1.00	326	332	341	349
1.10	350	356	366	375
1.20	373	380	391	400
1.30	397	404	415	426



Şekil 50. Farklı sıcaklıklarda im10-sp1-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



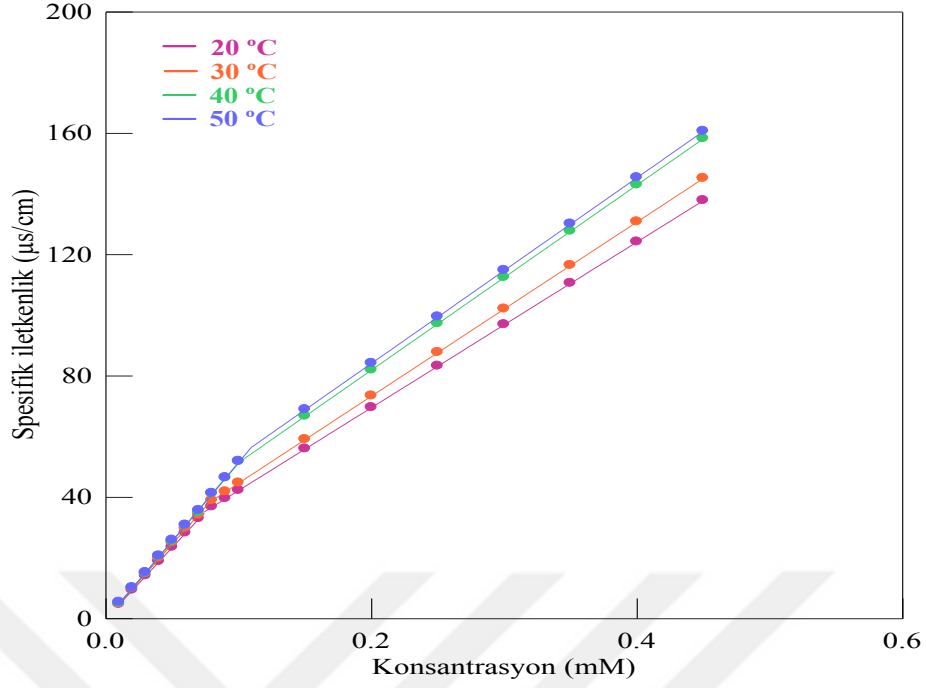
Şekil 51. Farklı sıcaklıklarda im12-sp1-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 35. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

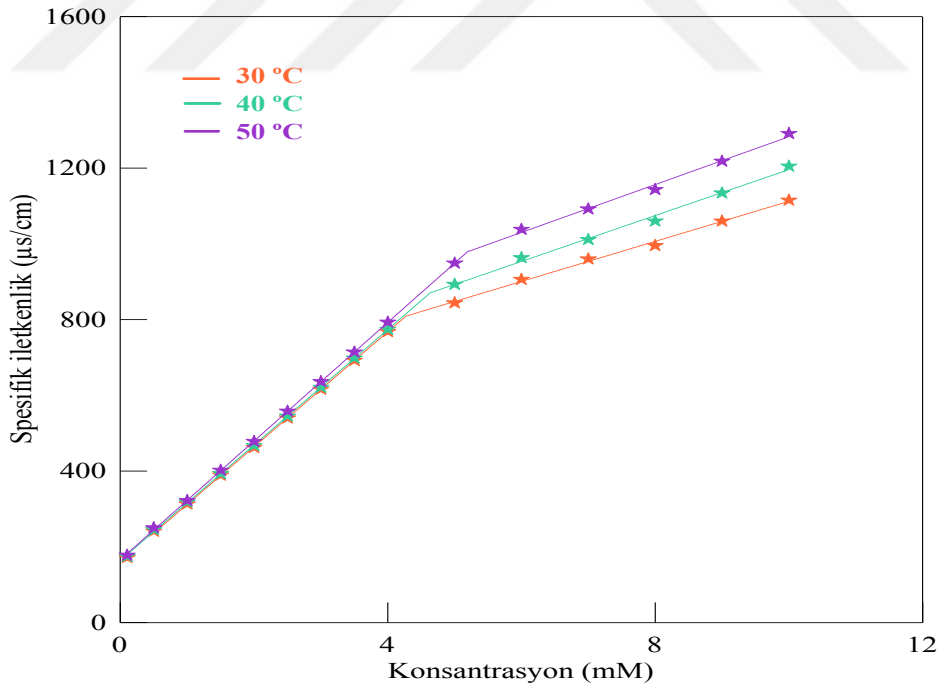
Konsantrasyon/mM	20°C	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.02	9.4	10.0	10.2	10.2
0.03	14.1	14.8	15.0	15.2
0.04	18.8	20.0	20.5	20.7
0.05	23.6	25.0	25.5	25.9
0.06	28.3	29.8	30.8	30.9
0.07	33.0	34.1	35.0	35.7
0.08	36.8	39.0	41.2	41.3
0.09	39.6	41.8	46.4	46.5
0.10	42.3	44.7	51.8	51.9
0.15	56.0	59.1	66.8	68.9
0.20	69.6	73.4	82.0	84.2
0.25	83.3	87.8	97.3	99.5
0.30	96.9	102	113	115
0.35	111	117	128	130
0.40	124	131	143	145
0.45	138	145	158	161

Tablo 36. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.1	171	175	178
0.5	241	245	250
1.0	313	318	322
1.5	389	393	402
2.0	462	467	478
2.5	540	545	558
3.0	616	621	636
3.5	692	698	714
4.0	768	774	793
5.0	844	893	949
6.0	906	963	1038
7.0	960	1011	1092
8.0	995	1060	1143
9.0	1060	1134	1218
10.0	1115	1205	1291



Şekil 52. Farklı sıcaklıklarda im14-sp1-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



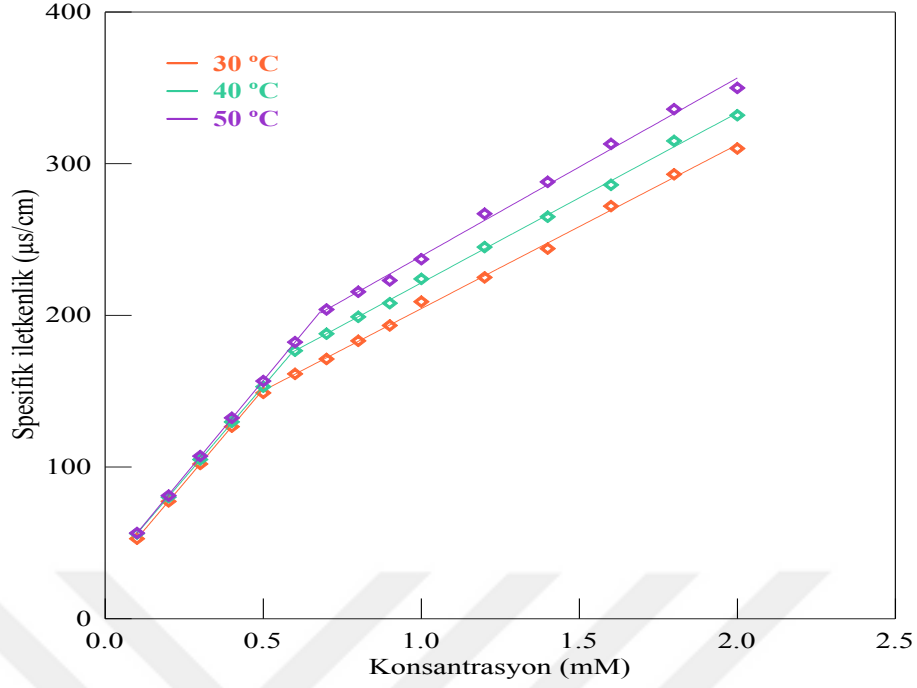
Şekil 53. Farklı sıcaklıklarda im10-sp2-10 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 37. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

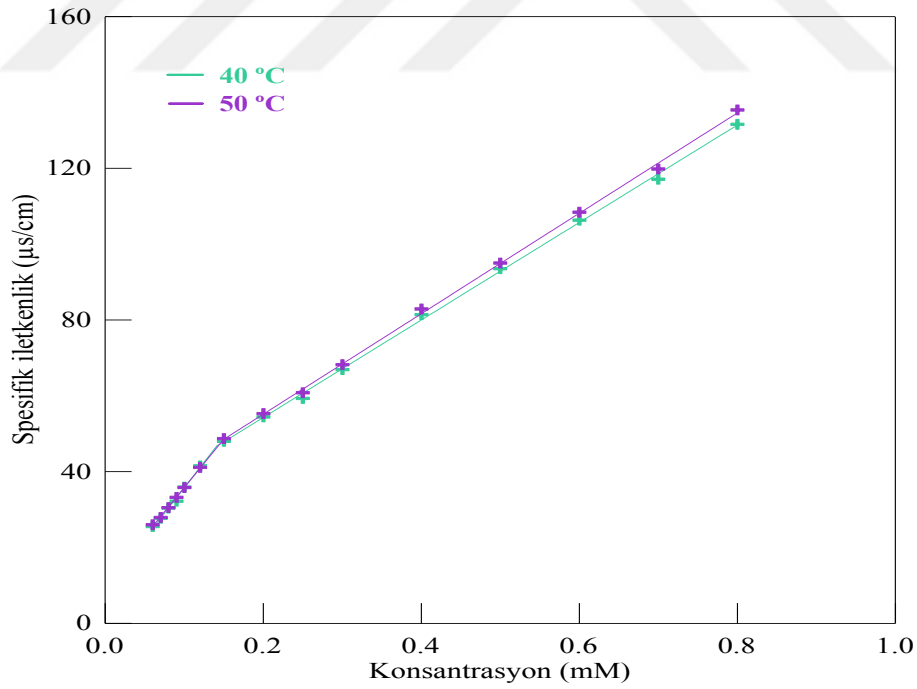
Konsantrasyon/mM	30°C	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.1	52.7	56.1	56.4
0.2	77.3	80.1	81.1
0.3	102	105	107
0.4	127	130	132
0.5	149	153	157
0.6	161	177	182
0.7	171	188	204
0.8	183	199	216
0.9	193	208	223
1.0	209	224	237
1.2	225	245	267
1.4	244	265	288
1.6	272	286	313
1.8	293	315	336
2.0	310	332	350

Tablo 38. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sinin değişik konsantrasyonlardaki spesifik iletkenlik değerleri

Konsantrasyon/mM	40°C	50°C
	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$	$\kappa/\mu\text{S.cm}^{-1}$
0.06	25.5	26.0
0.07	27.7	27.9
0.08	30.4	30.5
0.09	32.2	33.2
0.10	35.9	35.8
0.12	41.5	41.1
0.15	48.0	48.7
0.20	54.4	55.3
0.25	59.3	60.8
0.30	66.9	68.2
0.40	81.4	82.9
0.50	93.5	95.0
0.60	106	108
0.70	117	120
0.80	132	135



Şekil 54. Farklı sıcaklıklarda im12-sp2-12 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 55. Farklı sıcaklıklarda im14-sp2-14 kodlu KGYAM'sine ait spesifik iletkenlik ile konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 39. KGYAM'lerin farklı sıcaklıklarda spesifik iletkenlik yöntemi ile elde edilen KMK değerleri

KGYAM Kodu	KMK/M 20°C	KMK/M 30°C	KMK/M 40°C	KMK/M 50°C
im10-4-10	1.56×10^{-3}	1.58×10^{-3}	1.59×10^{-3}	1.65×10^{-3}
im12-4-12	4.59×10^{-4}	4.71×10^{-4}	5.00×10^{-4}	5.92×10^{-4}
im14-4-14	-	5.74×10^{-5}	6.35×10^{-5}	6.94×10^{-5}
im10-6-10	4.48×10^{-3}	4.52×10^{-3}	4.64×10^{-3}	4.72×10^{-3}
im12-6-12	5.12×10^{-4}	5.74×10^{-4}	5.84×10^{-4}	6.19×10^{-4}
im14-6-14	-	5.19×10^{-5}	5.79×10^{-5}	6.34×10^{-5}
im10-sp1-10	3.07×10^{-3}	3.12×10^{-3}	3.41×10^{-3}	3.65×10^{-3}
im12-sp1-12	4.95×10^{-4}	5.00×10^{-4}	5.10×10^{-4}	5.14×10^{-4}
im14-sp1-14	7.40×10^{-5}	7.75×10^{-5}	9.92×10^{-5}	1.10×10^{-4}
im10-sp2-10	-	4.27×10^{-3}	4.65×10^{-3}	5.21×10^{-3}
im12-sp2-12	-	4.89×10^{-4}	5.86×10^{-4}	6.81×10^{-4}
im14-sp2-14	-	-	1.42×10^{-4}	1.48×10^{-4}

Tablo 40. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin hesaplanan Termodinamik parametreleri

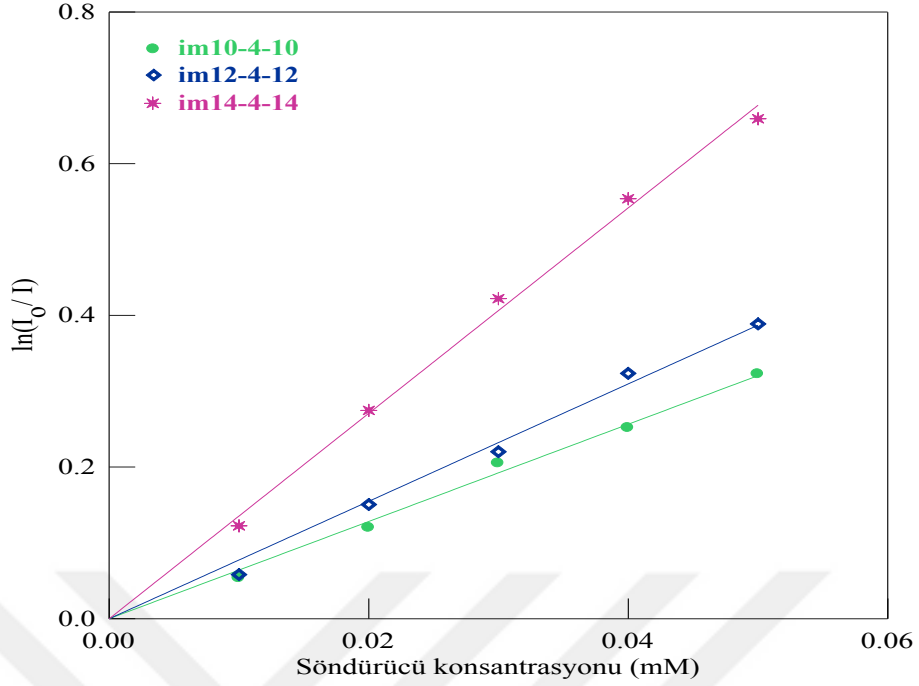
	α	ρ	$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)	$ T \Delta S_{\text{mis}}^{\circ} $ (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)
im10-4-10						
20°C	0.358	0.642	-58.33	-2.77	55.56	-85.93
30°C	0.374	0.627	-59.43	-2.93	56.51	-91.24
40°C	0.388	0.612	-60.55	-3.08	57.47	-96.59
50°C	0.413	0.587	-60.88	-3.21	57.67	-100.80
im12-4-12						
20°C	0.378	0.622	-63.99	-13.30	50.69	-84.54
30°C	0.399	0.601	-64.79	-13.96	50.83	-89.01
40°C	0.417	0.584	-65.54	-14.66	50.87	-99.39
50°C	0.423	0.577	-66.24	-15.52	50.72	-117.19
im14-4-14						
30°C	0.513	0.487	-68.55	-14.32	54.23	-86.66
40°C	0.516	0.484	-70.12	-15.25	54.87	-90.23
50°C	0.521	0.480	-71.54	-16.16	55.38	-91.62
im10-6-10						
20°C	0.323	0.678	-54.08	-3.03	51.05	-79.03
30°C	0.327	0.673	-55.65	-3.23	52.43	-82.59
40°C	0.331	0.669	-57.14	-3.43	53.71	-89.07
50°C	0.345	0.655	-58.15	-3.61	54.54	-91.04
im12-6-12						
20°C	0.427	0.573	-60.62	-9.04	51.58	-81.59
30°C	0.447	0.553	-60.94	-9.49	51.45	-85.83
40°C	0.471	0.530	-61.45	-9.90	51.54	-94.68
50°C	0.480	0.520	-62.50	-10.45	52.05	-95.12
im14-6-14						
30°C	0.446	0.554	-73.76	-16.10	57.65	-85.03
40°C	0.448	0.553	-75.49	-17.16	58.33	-88.45
50°C	0.450	0.550	-77.21	-18.23	58.98	-91.04

Tablo 41. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin hesaplanan Termodinamik parametreleri

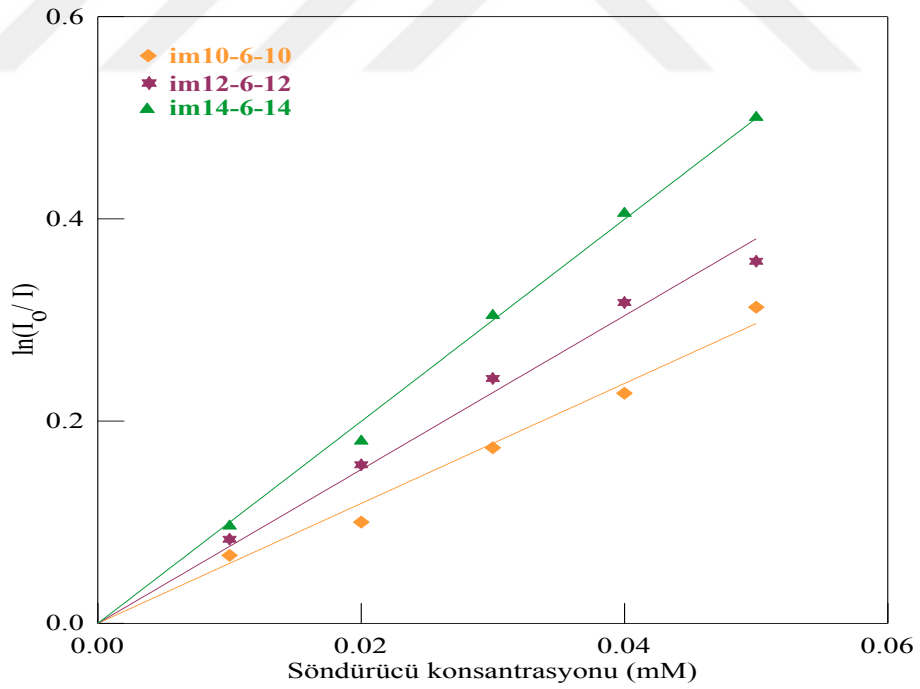
	α	ρ	$\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)	$ T\Delta S_{\text{mis}}^{\circ} $ (kJ.mol ⁻¹)	$\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ (kJ.mol ⁻¹)
im10-sp1-10						
20°C	0.550	0.450	-45.40	-8.28	37.11	-71.32
30°C	0.558	0.442	-46.49	-8.79	37.70	-77.88
40°C	0.565	0.435	-47.19	-9.30	37.89	-86.10
50°C	0.568	0.432	-48.23	-9.88	38.36	-92.62
im12-sp1-12						
20°C	0.569	0.431	-52.79	-9.71	43.07	-77.13
30°C	0.574	0.426	-54.21	-10.33	43.88	-82.78
40°C	0.579	0.421	-55.62	-10.96	44.66	-90.00
50°C	0.580	0.420	-57.30	-11.66	45.64	-100.61
im14-sp1-14						
20°C	0.580	0.420	-60.70	-18.94	41.76	-87.39
30°C	0.586	0.414	-62.14	-20.12	42.02	-98.37
40°C	0.590	0.410	-62.74	-21.37	41.36	-110.64
50°C	0.592	0.408	-64.07	-22.70	41.36	-108.48
im10-sp2-10						
30°C	0.348	0.652	-54.98	-17.60	37.38	-83.60
40°C	0.398	0.602	-53.87	-17.98	35.89	-84.50
50°C	0.404	0.596	-54.61	-19.04	35.57	-85.79
im12-sp2-12						
30°C	0.439	0.561	-62.27	-26.92	35.35	-84.06
40°C	0.461	0.539	-62.01	-28.13	33.88	-90.17
50°C	0.467	0.533	-62.78	-29.78	33.00	-98.06
im14-sp2-14						
40°C	0.480	0.520	-68.40	-	-	-98.82
50°C	0.518	0.482	-67.71	-	-	-101.00

Tablo 42. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin CPC konsantasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri

KGYAM Kodu	CPC Konsantrasyonu	I_0/I	$\ln(I_0/I)$
im10-4-10	1×10^{-5}	1.054	0.053
	2×10^{-5}	1.127	0.120
	3×10^{-5}	1.228	0.205
	4×10^{-5}	1.285	0.251
	5×10^{-5}	1.380	0.322
im12-4-12	1×10^{-5}	1.060	0.058
	2×10^{-5}	1.162	0.150
	3×10^{-5}	1.246	0.220
	4×10^{-5}	1.381	0.323
	5×10^{-5}	1.476	0.389
im14-4-14	1×10^{-5}	1.130	0.122
	2×10^{-5}	1.317	0.275
	3×10^{-5}	1.525	0.422
	4×10^{-5}	1.740	0.554
	5×10^{-5}	1.933	0.659
im10-6-10	1×10^{-5}	1.069	0.067
	2×10^{-5}	1.105	0.100
	3×10^{-5}	1.190	0.174
	4×10^{-5}	1.255	0.227
	5×10^{-5}	1.368	0.313
im12-6-12	1×10^{-5}	1.087	0.083
	2×10^{-5}	1.170	0.157
	3×10^{-5}	1.274	0.242
	4×10^{-5}	1.373	0.317
	5×10^{-5}	1.430	0.358
im14-6-14	1×10^{-5}	1.101	0.096
	2×10^{-5}	1.197	0.180
	3×10^{-5}	1.355	0.304
	4×10^{-5}	1.499	0.405
	5×10^{-5}	1.649	0.500



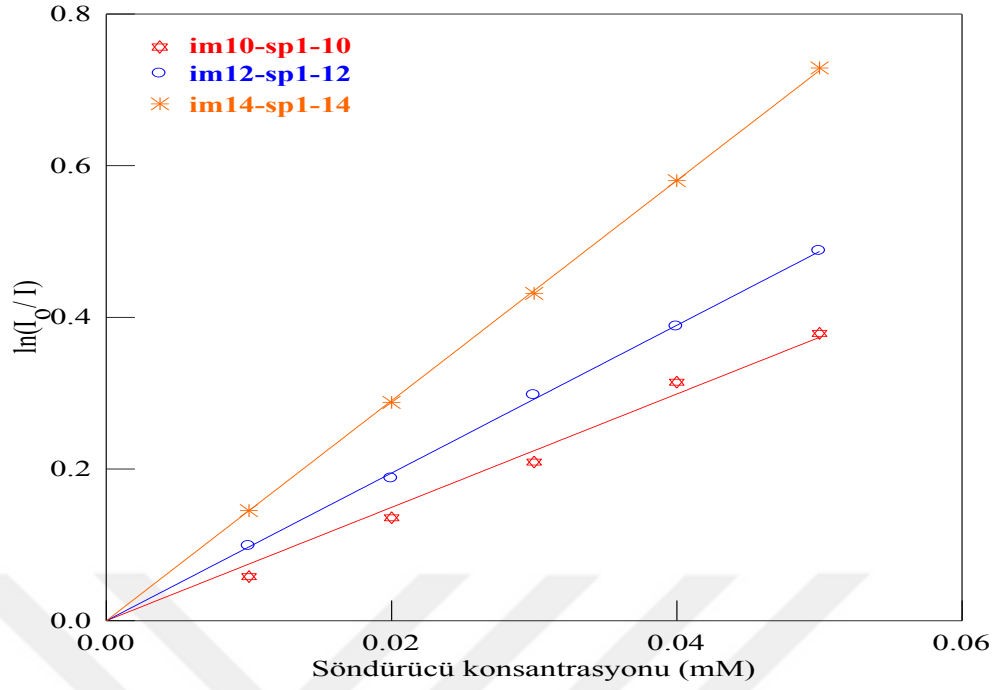
Şekil 56. im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki



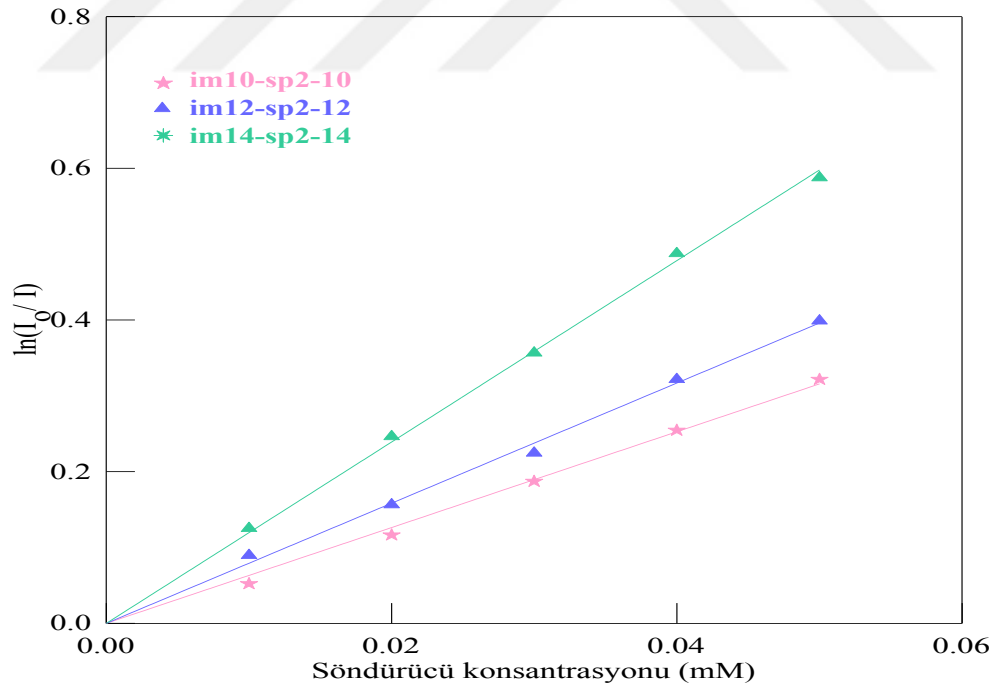
Şekil 57. im10-6-10, im12-6-12 ve im14-6-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki

Tablo 43. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin CPC konsantasyon, I₀/I ve ln(I₀/I) değerleri

KGYAM Kodu	CPC Konsantrasyonu	I₀/I	ln(I₀/I)
im10-sp1-10	1×10 ⁻⁵	1.060	0.058
	2×10 ⁻⁵	1.145	0.136
	3×10 ⁻⁵	1.233	0.209
	4×10 ⁻⁵	1.370	0.315
	5×10 ⁻⁵	1.461	0.379
im12-sp1-12	1×10 ⁻⁵	1.104	0.099
	2×10 ⁻⁵	1.206	0.188
	3×10 ⁻⁵	1.346	0.297
	4×10 ⁻⁵	1.474	0.388
	5×10 ⁻⁵	1.628	0.488
im14-sp1-14	1×10 ⁻⁵	1.156	0.145
	2×10 ⁻⁵	1.333	0.288
	3×10 ⁻⁵	1.540	0.432
	4×10 ⁻⁵	1.786	0.580
	5×10 ⁻⁵	2.073	0.729
im10-sp2-10	1×10 ⁻⁵	1.053	0.052
	2×10 ⁻⁵	1.123	0.116
	3×10 ⁻⁵	1.206	0.187
	4×10 ⁻⁵	1.290	0.255
	5×10 ⁻⁵	1.379	0.322
im12-sp2-12	1×10 ⁻⁵	1.094	0.090
	2×10 ⁻⁵	1.169	0.156
	3×10 ⁻⁵	1.252	0.225
	4×10 ⁻⁵	1.379	0.322
	5×10 ⁻⁵	1.490	0.399
im14-sp2-14	1×10 ⁻⁵	1.133	0.125
	2×10 ⁻⁵	1.279	0.246
	3×10 ⁻⁵	1.428	0.357
	4×10 ⁻⁵	1.628	0.488
	5×10 ⁻⁵	1.799	0.588



Şekil 58. im10-sp1-10, im12-sp1-12 ve im14-sp1-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki



Şekil 59. im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lere ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki

Tablo 44. KGYAM'lerin agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri

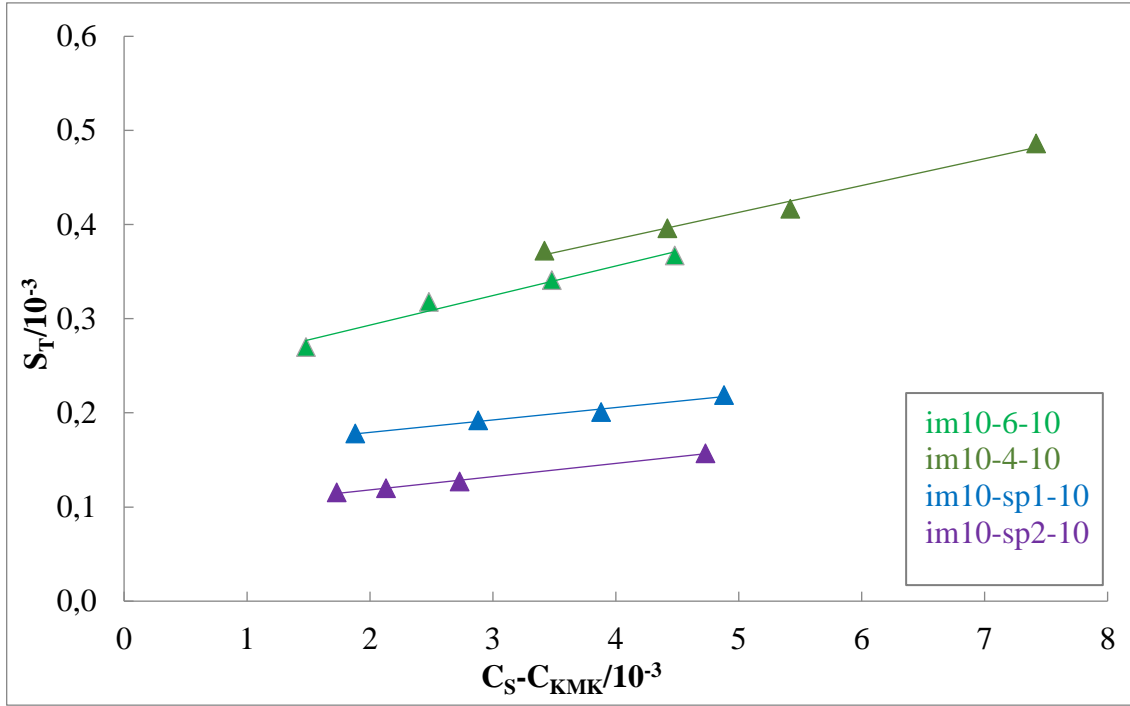
KGYAM Kodu	N_{agg}
im10-4-10	9
im12-4-12	16
im14-4-14	24
im10-6-10	8
im12-6-12	15
im14-6-14	19
im10-sp1-10	14
im12-sp1-12	19
im14-sp1-14	28
im10-sp2-10	10
im12-sp2-12	16
im14-sp2-14	22

Tablo 45. Hidrofobik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri

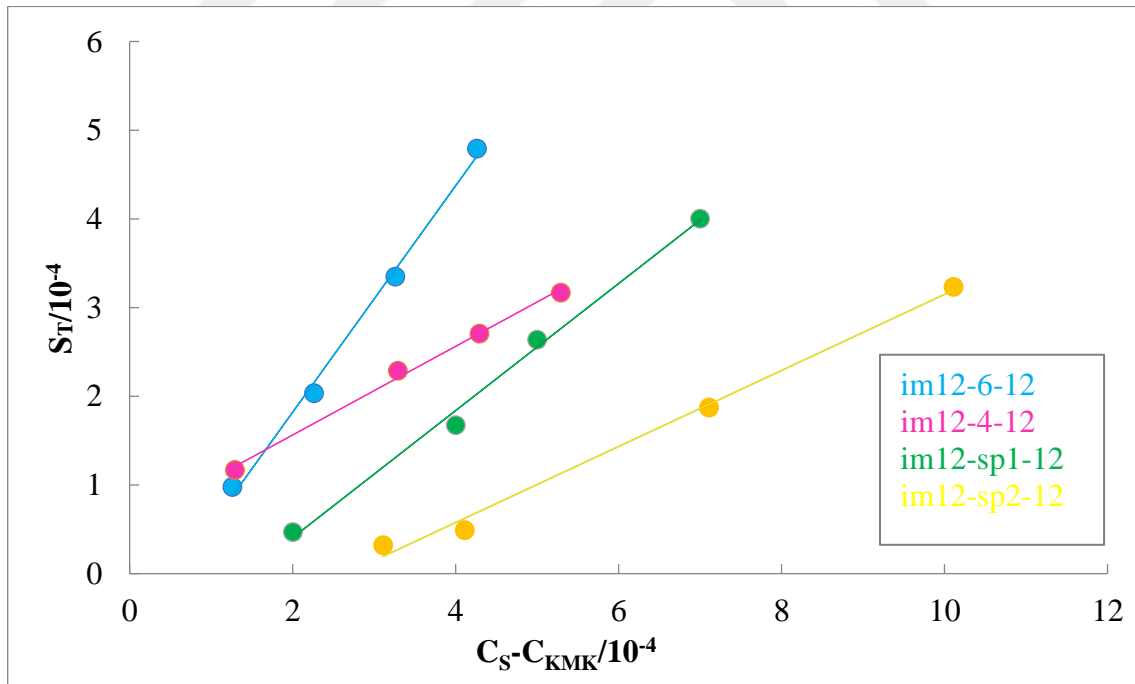
KGYAM Kodu	$S_T/10^{-4}$	$C_S-C_{KMK}/10^{-4}$
im10-4-10	3.72	34.20
	3.96	44.20
	4.17	54.20
	4.86	74.20
im12-4-12	1.17	1.29
	2.29	3.29
	2.71	4.29
	3.17	5.29
im14-4-14	0.14	0.33
	0.18	0.43
	0.22	0.93
	0.26	1.43
im10-6-10	2.70	14.80
	3.18	24.80
	3.41	34.80
	3.67	44.80
im12-6-12	0.98	1.26
	2.04	2.26
	3.35	3.26
	4.80	4.26
im14-6-14	0.25	1.98
	2.02	2.48
	2.98	2.98
	4.52	3.48

Tablo 46. Hidrofilik bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri

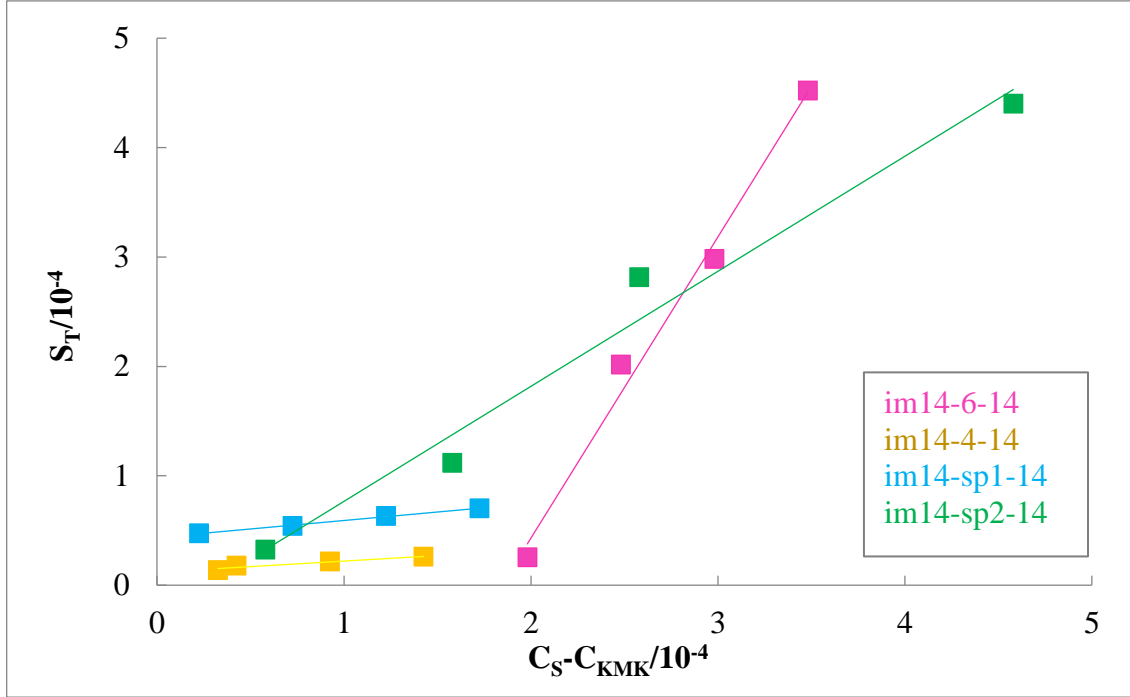
KGYAM Kodu	$S_T/10^{-4}$	$C_S-C_{KMK}/10^{-4}$
im10-sp1-10	1.78	18.80
	1.92	28.80
	2.01	38.80
	2.19	48.80
im12-sp1-12	0.47	2.00
	1.67	4.00
	2.64	5.00
	4.00	7.00
im14-sp1-14	0.47	0.23
	0.54	0.73
	0.63	1.23
	0.70	1.73
im10-sp2-10	1.15	17.30
	1.20	21.30
	1.27	27.30
	1.50	47.30
im12-sp2-12	0.32	3.11
	0.49	4.11
	1.87	7.11
	3.24	10.11
im14-sp2-14	0.32	0.58
	1.12	1.58
	2.81	2.58
	4.40	4.58



Şekil 60. im10 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki



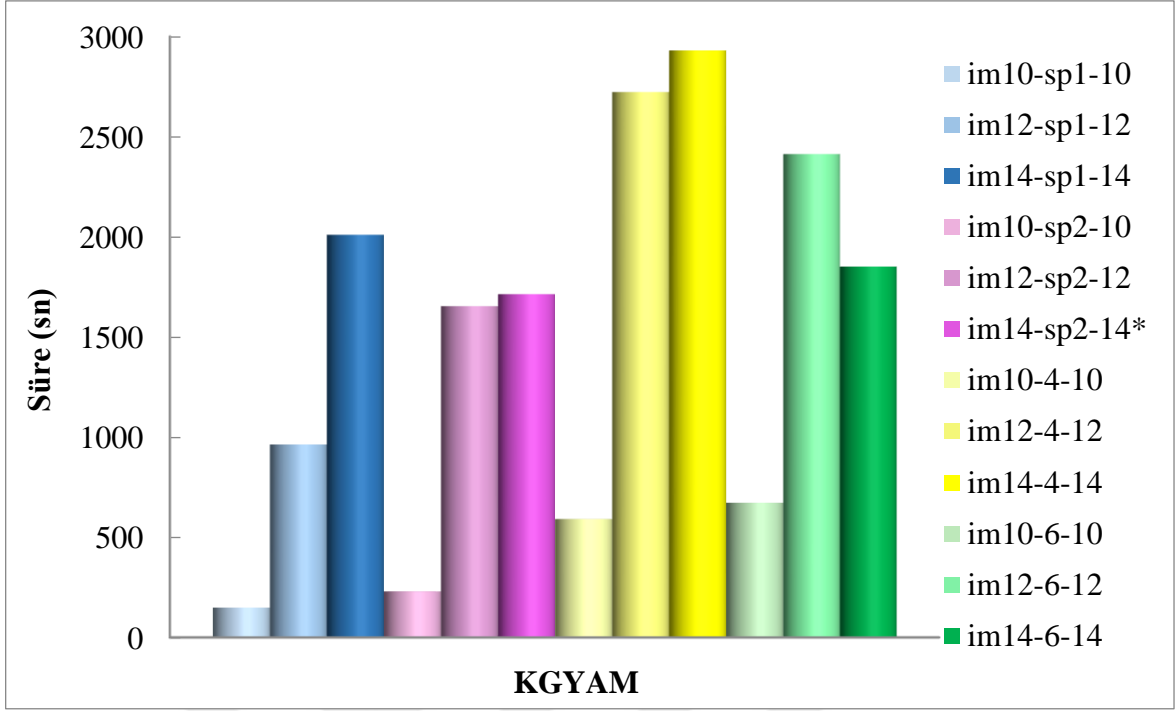
Şekil 61. im12 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile C_S-C_{KMK} değerleri arasındaki ilişki



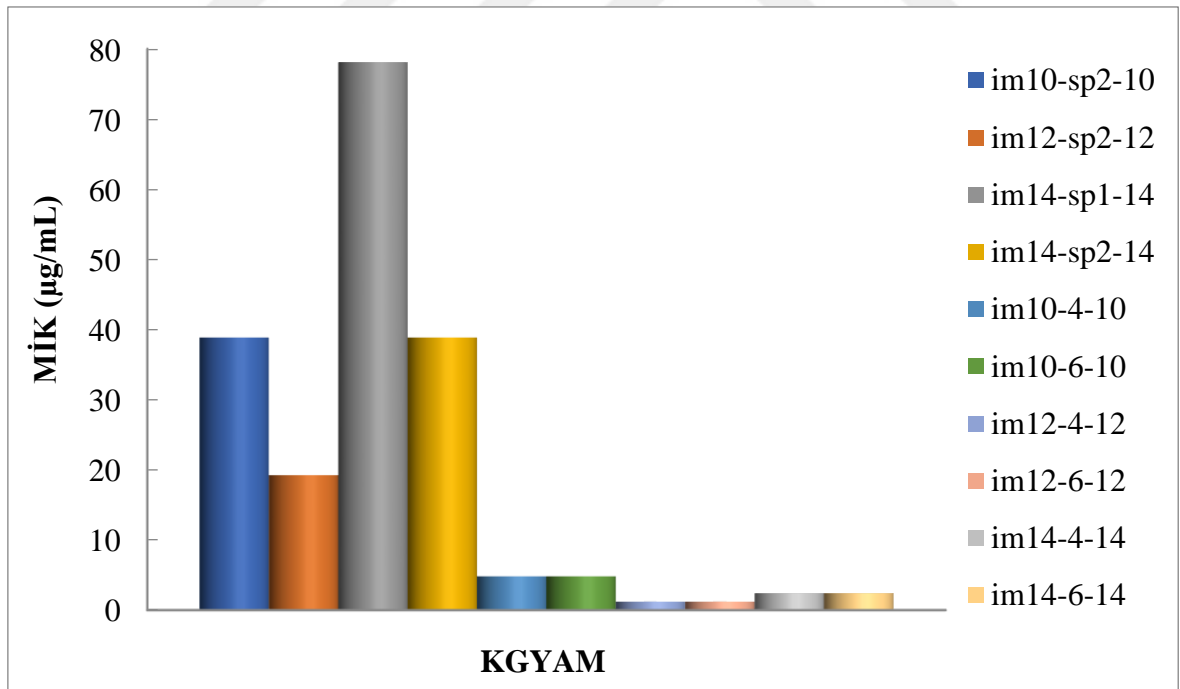
Şekil 62. im14 kodlu ile başlayan KGYAM'lerin S_T ile $C_S - C_{KMK}$ değerleri arasındaki ilişki

Tablo 47. KGYAM'lerin çözündürme gücü (SP) değerleri

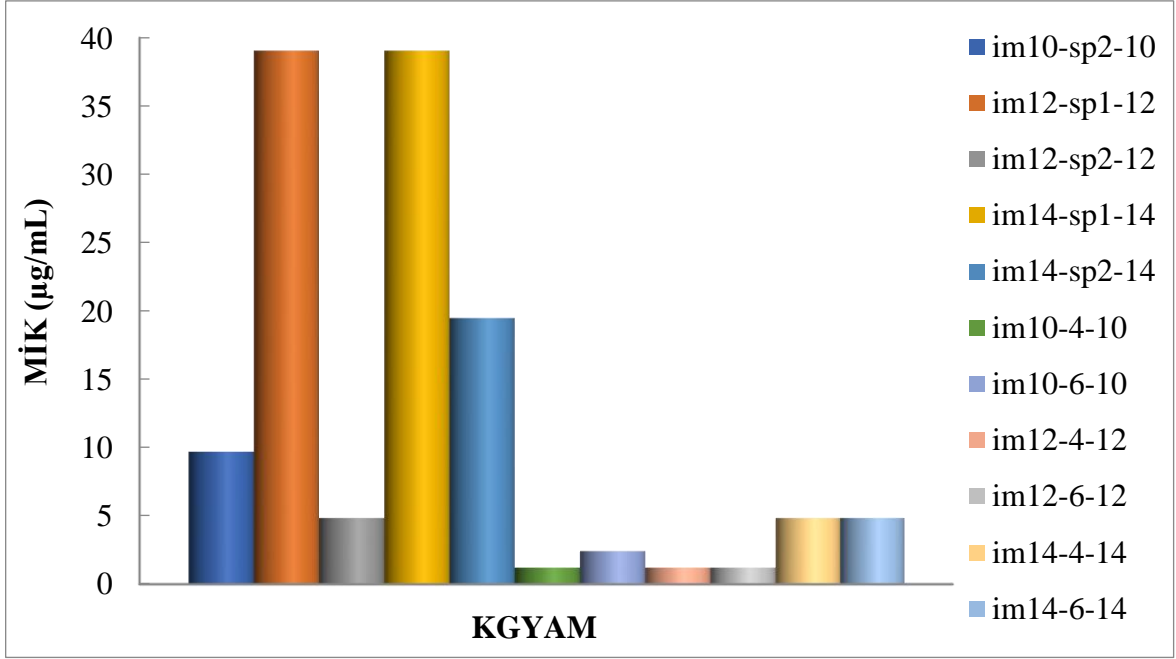
KGYAM Kodu	SP
im10-4-10	0.0314
im12-4-12	0.4999
im14-4-14	0.1006
im10-6-10	0.0285
im12-6-12	1.2765
im14-6-14	2.7528
im10-sp1-10	0.0132
im12-sp1-12	0.7164
im14-sp1-14	0.1551
im10-sp2-10	0.0141
im12-sp2-12	0.4289
im14-sp2-14	1.0516



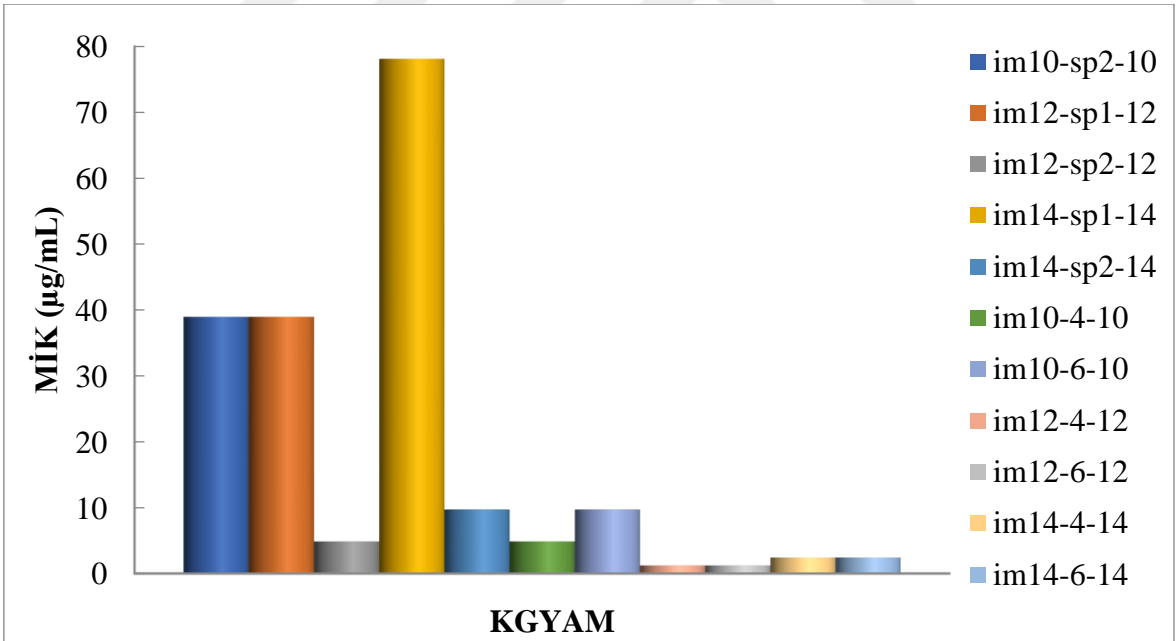
Şekil 63. KGYAM'lerin emülsifiye etme güçleri



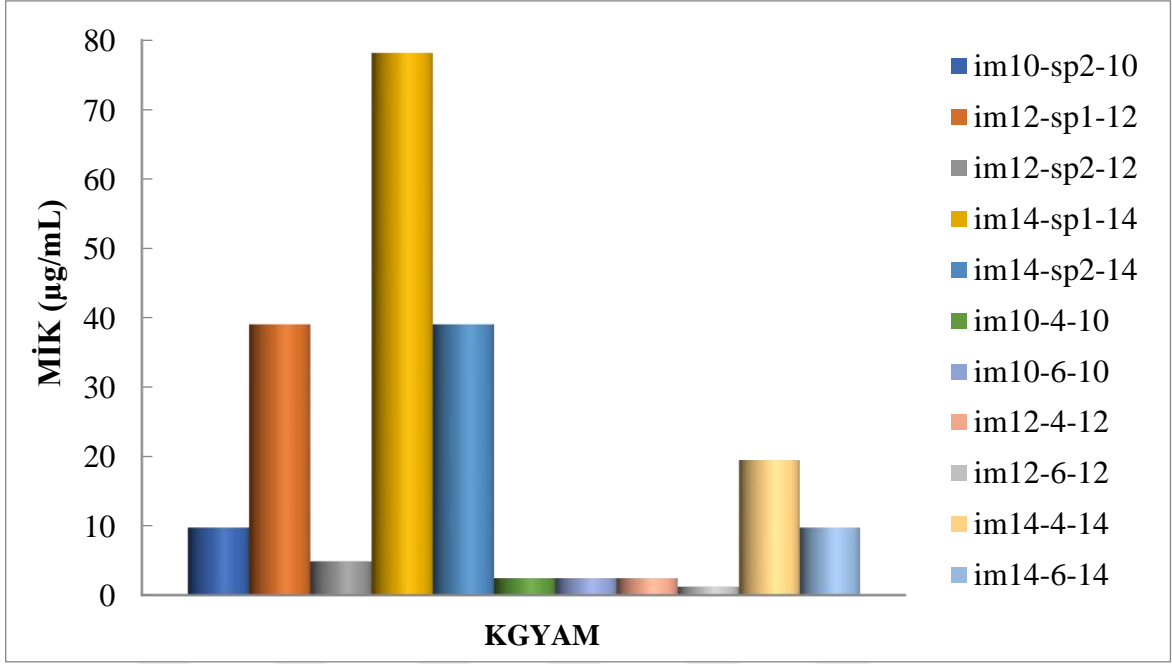
Şekil 64. KGYAM'lerin *B.s* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları



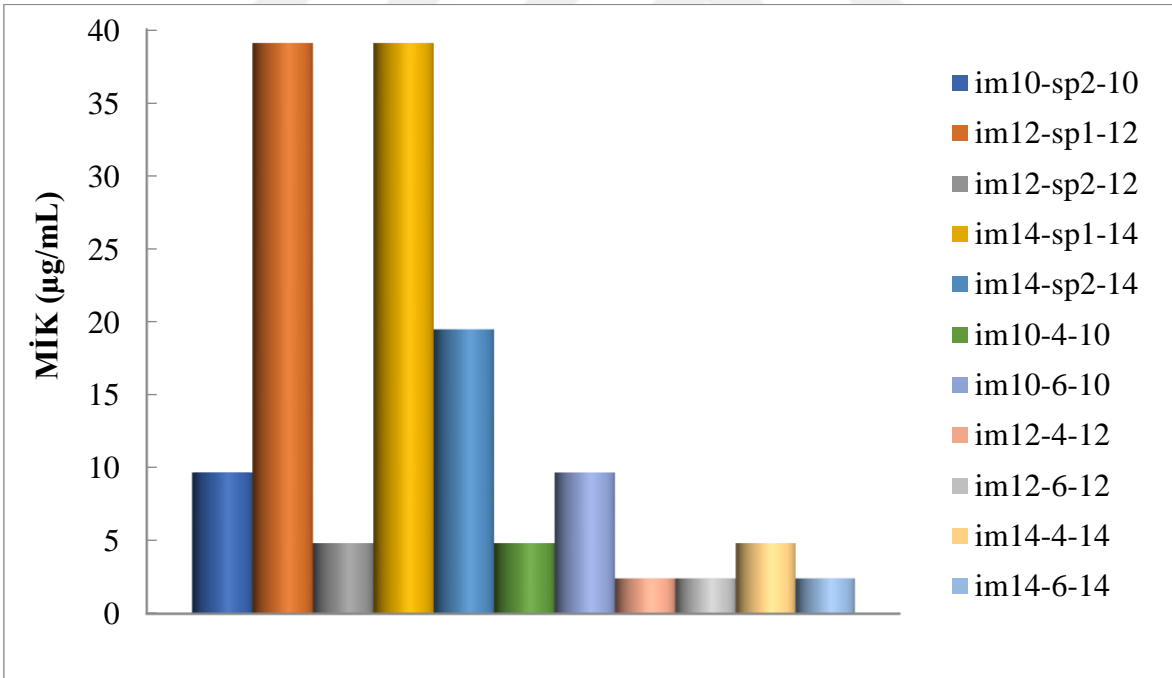
Şekil 65. KGYAM'lerin *S.a* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları



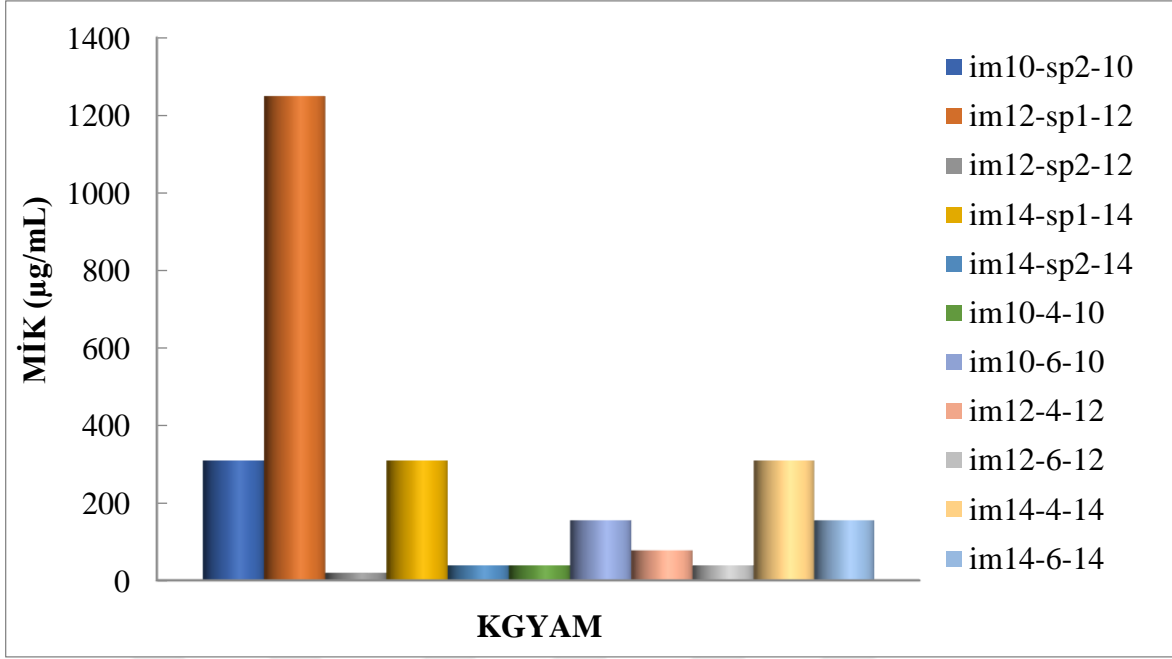
Şekil 66. KGYAM'lerin *E.f* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları



Şekil 67. KGYAM'lerin *E.c* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları



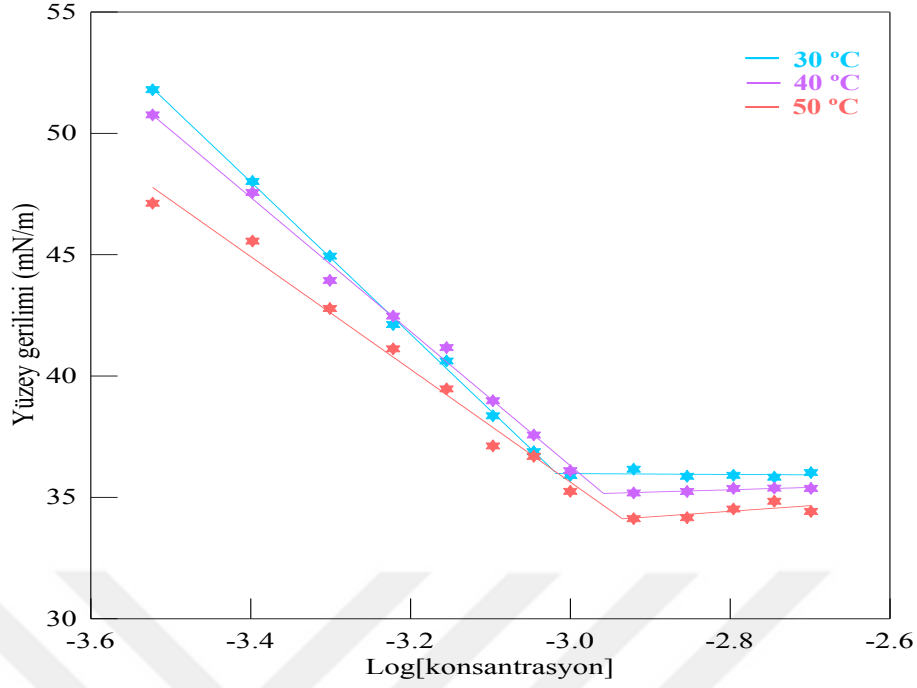
Şekil 68. KGYAM'lerin *Y.p* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları



Şekil 69. KGYAM'lerin *P.a* için sergilemiş oldukları minimal inhibisyon konsantrasyonları

Tablo 48. Farklı sıcaklıklarda CTAB'nin değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-3.52	51.80	50.76	47.12
-3.40	48.02	47.56	45.56
-3.30	44.94	43.94	42.78
-3.22	42.12	42.47	41.12
-3.15	40.62	41.17	39.47
-3.10	38.36	38.98	37.12
-3.05	36.88	37.57	36.69
-3.00	35.90	36.10	35.25
-2.92	36.16	35.18	34.12
-2.85	35.87	35.24	34.16
-2.80	35.91	35.37	34.52
-2.74	35.83	35.38	34.84
-2.70	36.02	35.37	34.42
-3.52	51.80	50.76	47.12
-3.40	48.02	47.56	45.56
-3.30	44.94	43.94	42.78



Şekil 70. Farklı sıcaklıklarda CTAB'ye ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 49. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.25/X_{im14-sp1-14}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

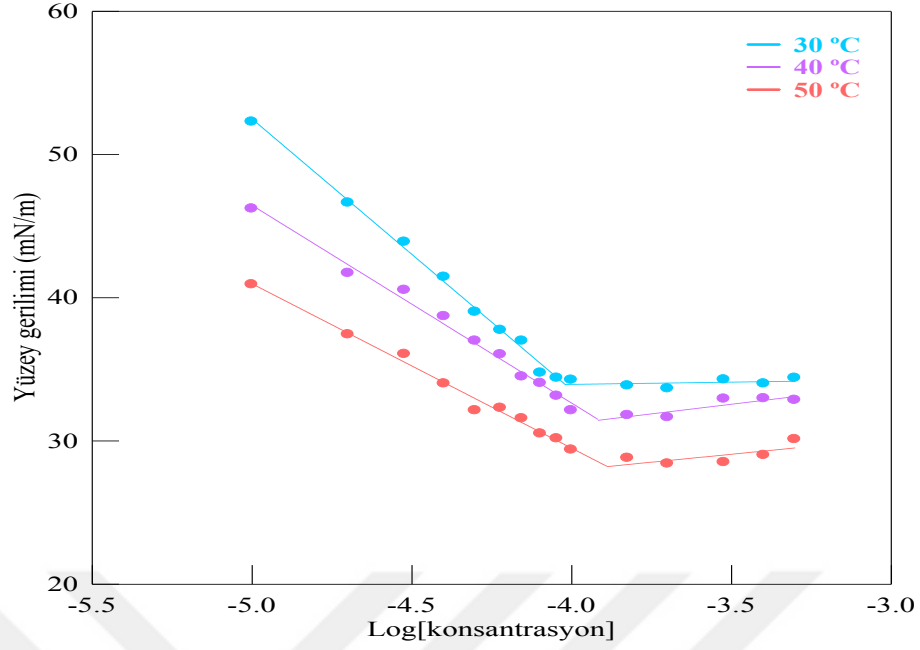
Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-5.00	52.27	46.21	40.91
-4.70	46.62	41.70	37.42
-4.52	43.88	40.52	36.05
-4.40	41.44	38.69	33.99
-4.30	39.00	36.98	32.12
-4.22	37.73	36.02	32.29
-4.15	36.98	34.48	31.56
-4.10	34.74	34.02	30.51
-4.05	34.39	33.13	30.16
-4.00	34.25	32.12	29.37
-3.82	33.85	31.78	28.81
-3.70	33.65	31.64	28.41
-3.52	34.27	32.93	28.52
-3.40	33.99	32.96	29.00
-3.30	34.38	32.84	30.10

Tablo 50. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.5/X_{im14-sp1-14}=0.5$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

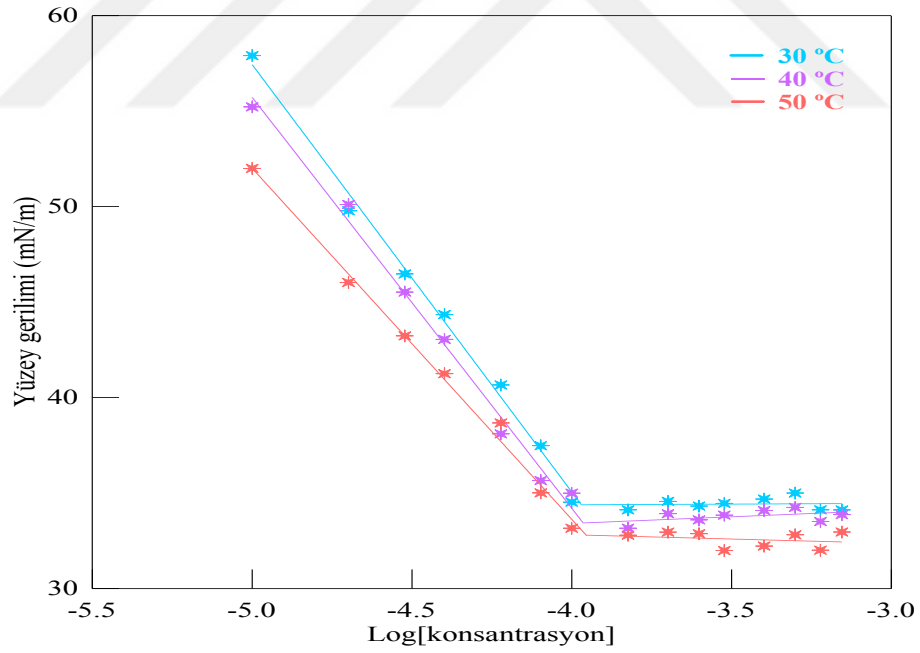
Log[konsantrasyon]	30°C y/mN.m ⁻¹	40°C y/mN.m ⁻¹	50°C y/mN.m ⁻¹
-5.00	57.91	55.22	52.00
-4.70	49.78	50.11	46.03
-4.52	46.47	45.52	43.23
-4.40	44.34	43.05	41.25
-4.22	40.66	38.10	38.67
-4.10	37.48	35.65	35.01
-4.00	34.52	34.99	33.16
-3.82	34.12	33.16	32.79
-3.70	34.56	33.92	32.95
-3.60	34.32	33.59	32.87
-3.52	34.46	33.84	31.99
-3.40	34.68	34.08	32.22
-3.30	35.02	34.25	32.81
-3.22	34.12	33.51	32.01
-3.15	34.11	33.87	32.96

Tablo 51. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.75/X_{im14-sp1-14}=0.25$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

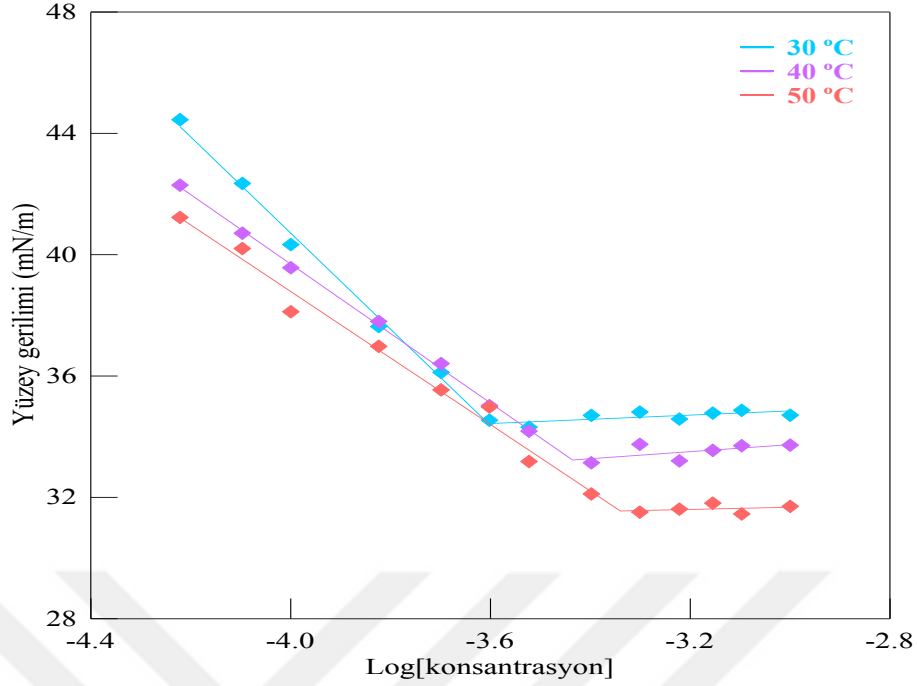
Log[konsantrasyon]	30°C y/mN.m ⁻¹	40°C y/mN.m ⁻¹	50°C y/mN.m ⁻¹
-4.22	44.45	42.29	41.23
-4.10	42.35	40.71	40.21
-4.00	40.33	39.57	38.12
-3.82	37.63	37.81	36.98
-3.70	36.12	36.41	35.54
-3.60	34.54	35.02	34.98
-3.52	34.31	34.18	33.18
-3.40	34.70	33.14	32.11
-3.30	34.81	33.75	31.51
-3.22	34.58	33.20	31.61
-3.15	34.78	33.55	31.81
-3.10	34.87	33.70	31.45
-3.00	34.71	33.72	31.71
-4.22	44.45	42.29	41.23
-4.10	42.35	40.71	40.21



Şekil 71. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.25/X_{im14-sp1-14}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 72. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.50/X_{im14-sp1-14}=0.50$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 73. Farklı sıcaklıklarda $X_{CTAB}=0.75/X_{im14-sp1-14}=0.25$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 52. Farklı sıcaklıklarda CTAB/im14-sp1-14 karışımlarının farklı mol kesirlerine ait KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri

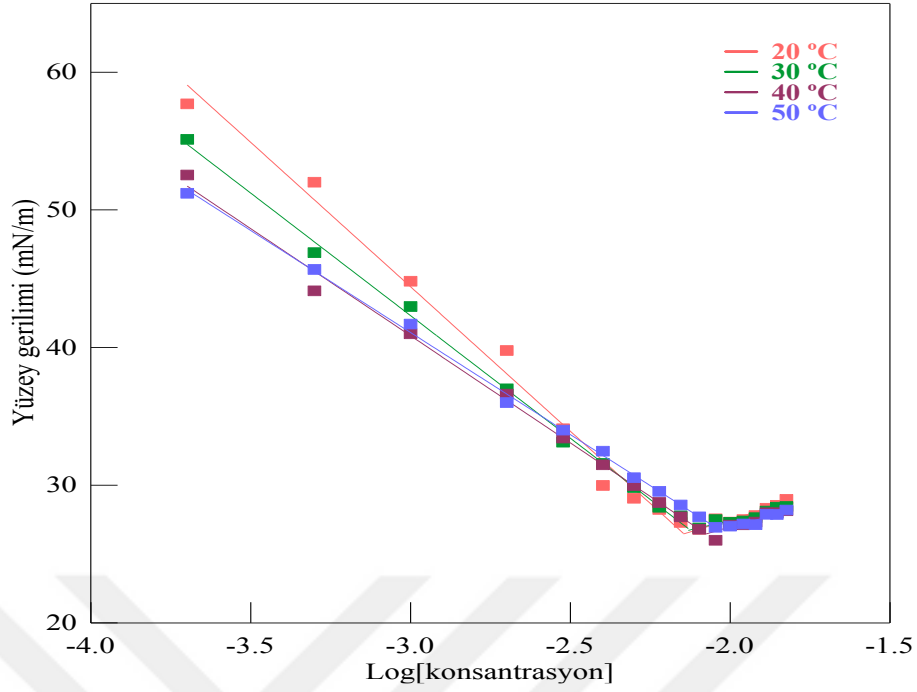
Sıcaklık	X_{CTAB}	KMK_{ideal} M	$KMK_{deneysel}$ M	X_1	β
30°C	0.00	-	7.43×10^{-5}	-	-
	0.25	9.66×10^{-5}	9.59×10^{-5}	0.0314	-0.24
	0.50	1.38×10^{-4}	1.07×10^{-4}	0.2092	-2.11
	0.75	2.41×10^{-4}	2.50×10^{-4}	0.1661	0.23
	1.00	-	9.57×10^{-4}	-	-
40°C	0.00	-	1.13×10^{-4}	-	-
	0.25	1.45×10^{-4}	1.21×10^{-4}	0.1504	-2.36
	0.50	2.04×10^{-4}	1.05×10^{-4}	0.3078	-3.89
	0.75	3.44×10^{-4}	3.66×10^{-4}	0.1970	0.37
	1.00	-	1.10×10^{-3}	-	-
50°C	0.00	-	1.20×10^{-4}	-	-
	0.25	1.54×10^{-4}	1.29×10^{-4}	0.1495	-2.33
	0.50	2.17×10^{-4}	1.11×10^{-4}	0.3130	-3.97
	0.75	3.66×10^{-4}	4.58×10^{-4}	0.0472	2.02
	1.00	-	1.20×10^{-3}	-	-

Tablo 53. Farklı sıcaklıklarda SDS'a değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

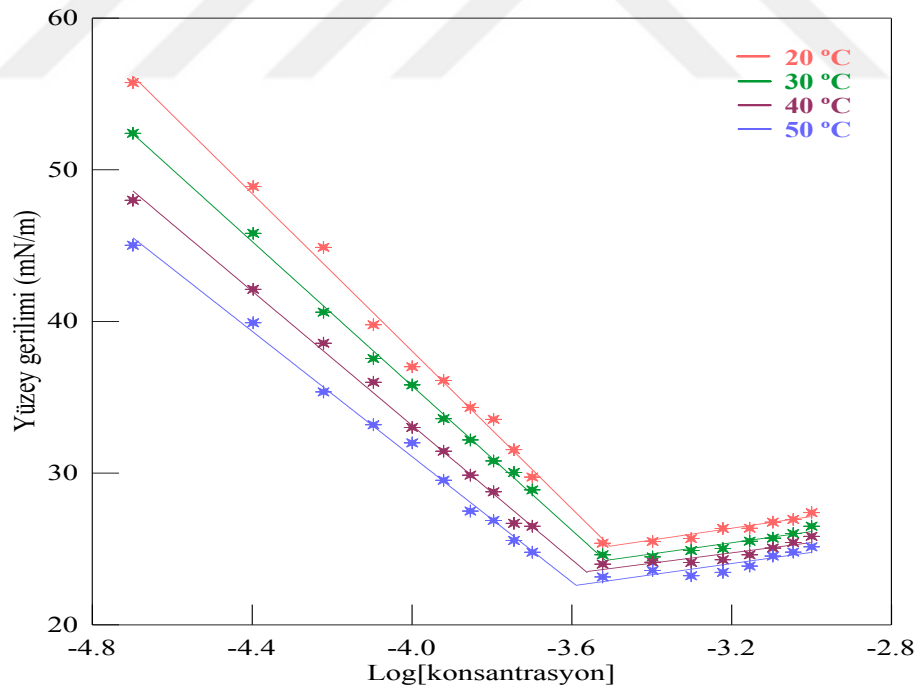
Log[konsantrasyon]	20°C $\gamma/mN.m^{-1}$	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-3.70	57.71	55.12	52.53	51.21
-3.30	52.01	46.89	44.12	45.67
-3.00	44.81	42.98	41.03	41.70
-2.70	39.78	37.00	36.62	36.00
-2.52	34.10	33.12	33.42	34.03
-2.40	29.98	31.58	31.48	32.47
-2.30	29.05	29.83	29.97	30.54
-2.22	28.24	28.41	28.74	29.55
-2.15	27.29	27.77	27.70	28.56
-2.10	26.80	26.90	26.81	27.70
-2.05	27.56	27.50	26.04	26.94
-2.00	27.32	27.31	27.10	27.02
-1.96	27.50	27.42	27.12	27.18
-1.92	27.79	27.64	27.32	27.13
-1.89	28.32	28.12	27.99	27.89
-1.85	28.54	28.42	28.03	27.87
-1.82	28.97	28.45	28.14	28.19

Tablo 54. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	20°C $\gamma/mN.m^{-1}$	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-4.70	55.75	52.41	47.99	45.02
-4.40	48.89	45.81	42.12	39.91
-4.22	44.88	40.61	38.56	35.35
-4.10	39.78	37.55	35.99	33.18
-4.00	37.01	35.81	33.01	31.99
-3.92	36.11	33.58	31.44	29.53
-3.85	34.33	32.18	29.86	27.50
-3.80	33.54	30.80	28.76	26.88
-3.74	31.54	30.04	26.69	25.56
-3.70	29.74	28.89	26.50	24.78
-3.52	25.38	24.61	24.00	23.15
-3.40	25.49	24.47	24.12	23.58
-3.30	25.68	24.89	24.11	23.23
-3.22	26.35	25.02	24.28	23.46
-3.15	26.36	25.51	24.61	23.87
-3.10	26.76	25.71	25.06	24.53
-3.05	26.94	26.01	25.42	24.79
-3.00	27.39	26.50	25.83	25.14



Şekil 74. Farklı sıcaklıklarda SDS'a ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



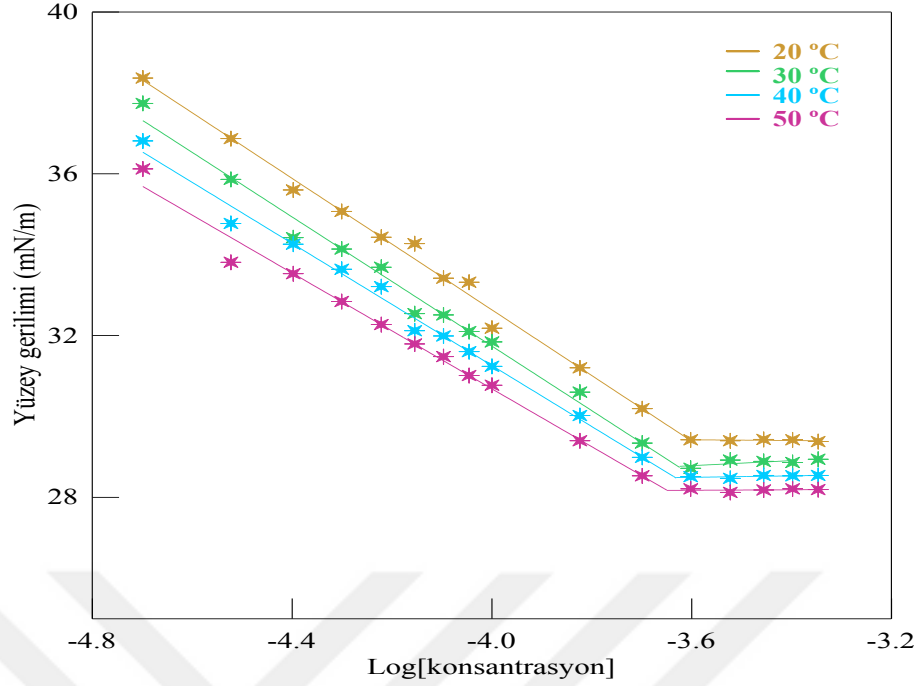
Şekil 75. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 55. Farklı sıcaklıklarda $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımının KMK_{ideal} , $KMK_{deneysel}$, X_1 ve β değerleri

Sıcaklık	KMK_{ideal} (M)	$KMK_{deneysel}$ (M)	X_1	β
20°C	6.60×10^{-4}	3.13×10^{-4}	0.2727	-24.76
30°C	7.44×10^{-4}	3.06×10^{-4}	0.2920	-26.24
40°C	7.59×10^{-4}	2.75×10^{-4}	0.3023	-27.05
50°C	8.05×10^{-4}	2.57×10^{-4}	0.3130	-27.94

Tablo 56. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100'e ait değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

Log[konsantrasyon]	20°C $\gamma/mN.m^{-1}$	30°C $\gamma/mN.m^{-1}$	40°C $\gamma/mN.m^{-1}$	50°C $\gamma/mN.m^{-1}$
-4.70	38.37	37.74	36.81	36.12
-4.52	36.87	35.86	34.77	33.81
-4.40	35.61	34.42	34.26	33.53
-4.30	35.07	34.14	33.64	32.84
-4.22	34.43	33.69	33.21	32.27
-4.15	34.27	32.54	32.12	31.79
-4.10	33.42	32.51	31.99	31.48
-4.05	33.32	32.11	31.60	31.01
-4.00	32.18	31.84	31.24	30.77
-3.82	31.20	30.61	30.02	29.42
-3.70	30.19	29.34	28.99	28.53
-3.60	29.42	28.72	28.51	28.21
-3.52	29.40	28.92	28.47	28.12
-3.46	29.43	28.89	28.54	28.18
-3.40	29.42	28.86	28.53	28.21
-3.35	29.38	28.94	28.54	28.19



Şekil 76. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100'e ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 57. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.25/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.75$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

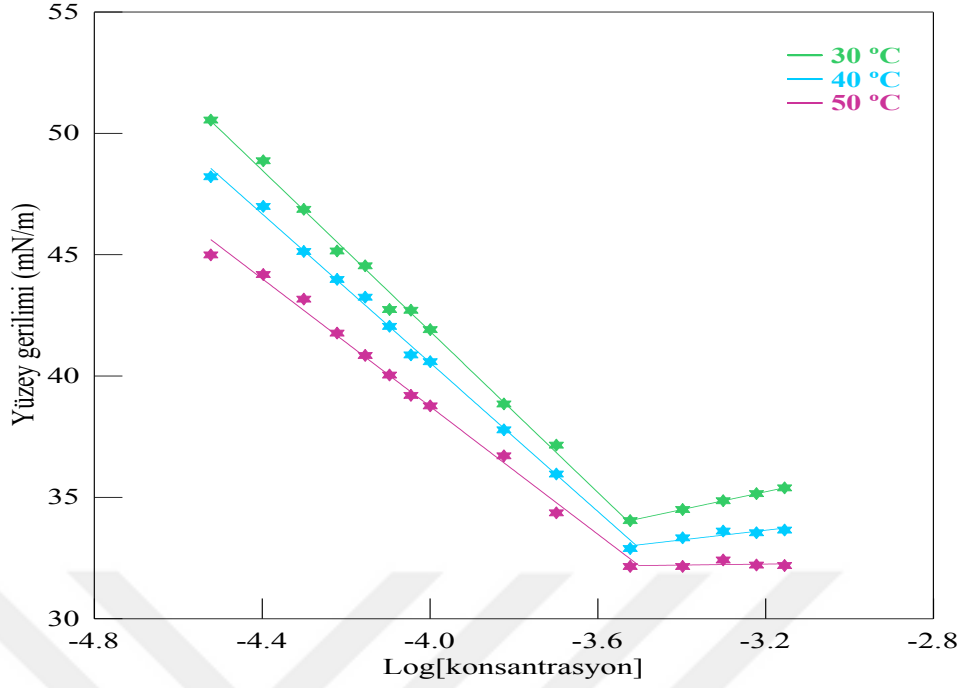
Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	40°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	50°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$
-4.52	50.55	48.21	44.99
-4.40	48.87	46.99	44.18
-4.30	46.87	45.13	43.17
-4.22	45.15	43.98	41.77
-4.15	44.54	43.25	40.85
-4.10	42.74	42.05	40.04
-4.05	42.71	40.87	39.20
-4.00	41.91	40.59	38.77
-3.82	38.85	37.78	36.71
-3.70	37.15	35.96	34.36
-3.52	34.04	32.89	32.15
-3.40	34.50	33.33	32.15
-3.30	34.86	33.61	32.42
-3.22	35.15	33.54	32.21
-3.15	35.39	33.65	32.19

Tablo 58. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.50/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.50$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

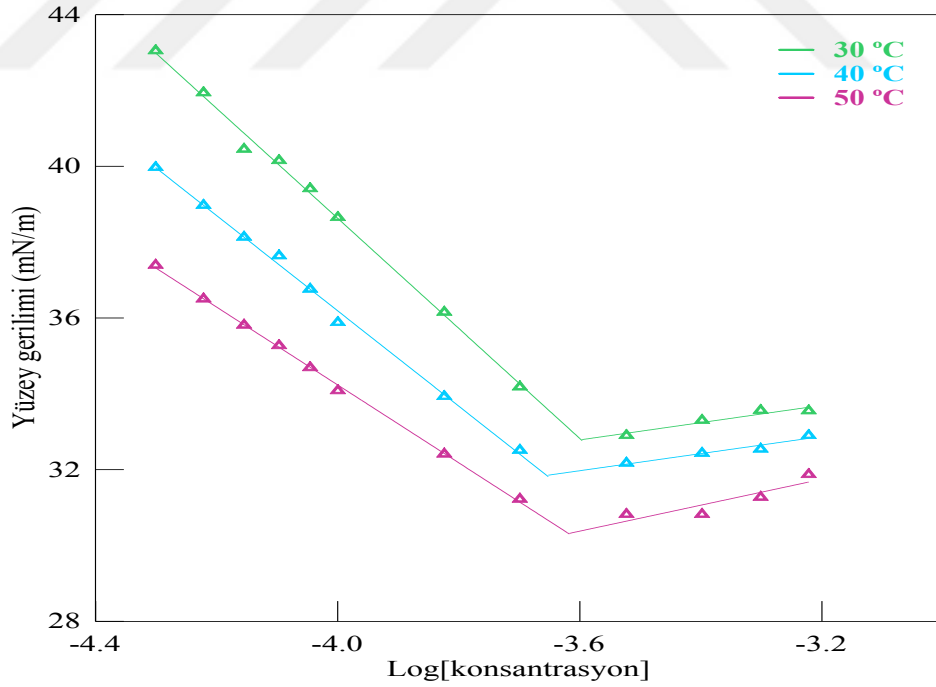
Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	40°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	50°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$
-4.30	43.05	39.97	37.39
-4.22	41.94	38.97	36.50
-4.15	40.45	38.13	35.81
-4.10	40.15	37.64	35.27
-4.05	39.41	36.76	34.69
-4.00	38.65	35.88	34.08
-3.82	36.15	33.93	32.41
-3.70	34.18	32.51	31.22
-3.52	32.90	32.17	30.82
-3.40	33.30	32.43	30.82
-3.30	33.56	32.54	31.27
-3.22	33.55	32.90	31.87

Tablo 59. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.75/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.25$ karışımının değişik konsantrasyonlardaki yüzey gerilimi değerleri

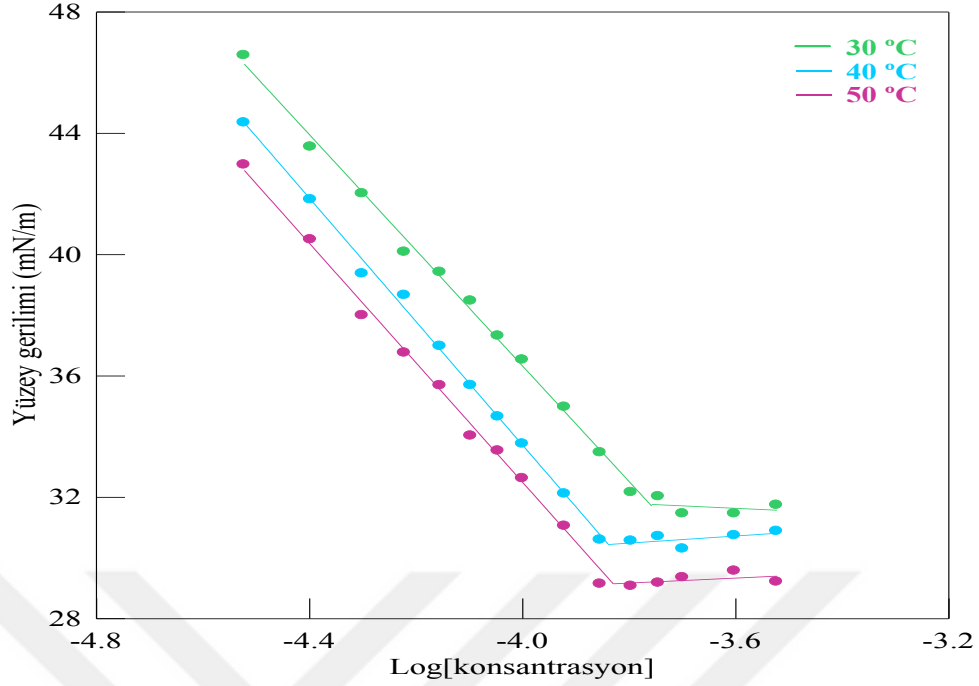
Log[konsantrasyon]	30°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	40°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$	50°C $\gamma/\text{mN.m}^{-1}$
-4.52	46.57	44.35	42.96
-4.40	43.55	41.81	40.49
-4.30	42.01	39.37	37.99
-4.22	40.08	38.66	36.76
-4.15	39.42	36.98	35.68
-4.10	38.47	35.69	34.02
-4.05	37.32	34.65	33.53
-4.00	36.53	33.76	32.62
-3.92	34.97	32.11	31.05
-3.85	33.47	30.59	29.14
-3.80	32.16	30.56	29.07
-3.74	32.02	30.71	29.17
-3.70	31.46	30.30	29.35
-3.60	31.46	30.74	29.57
-3.52	31.74	30.88	29.21



Şekil 77. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.25/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.75$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 78. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.50/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.50$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki



Şekil 79. Farklı sıcaklıklarda $X_{\text{TritonX-100}}=0.75/X_{\text{im12-sp2-12}}=0.25$ karışımına ait yüzey gerilimi ile logaritma konsantrasyon arasındaki ilişki

Tablo 60. Farklı sıcaklıklarda Triton X-100/im12-sp2-12 karışımlarının farklı mol kesirlerine ait KMK_{ideal} , KMK_{deneysel} , X_1 ve β değerleri

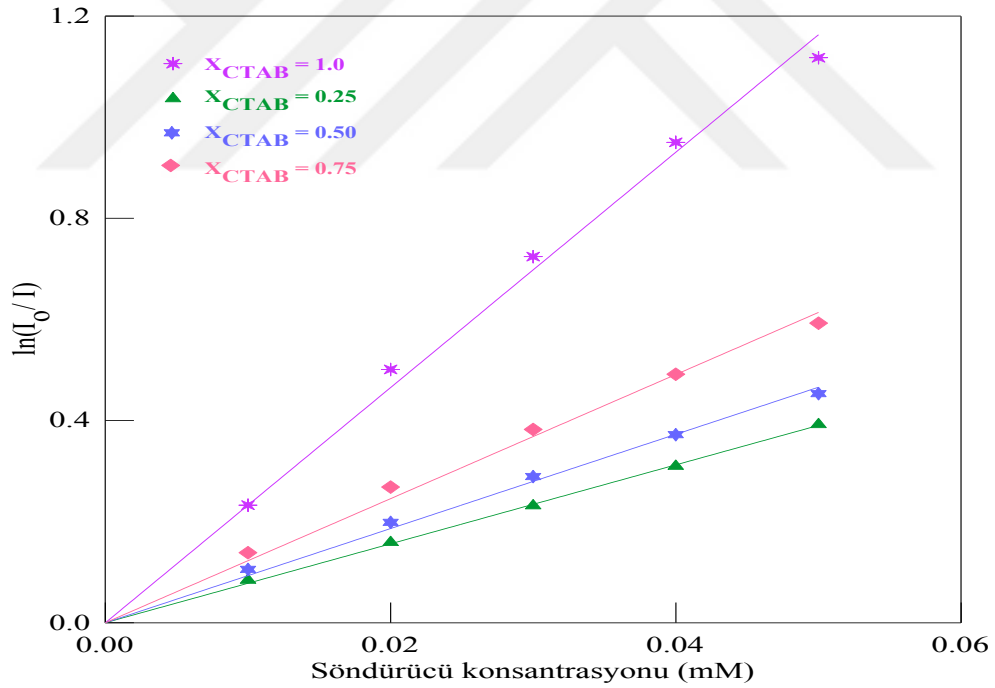
Sıcaklık	$X_{\text{Triton X-100}}$	KMK_{ideal} (M)	KMK_{deneysel} (M)	X_1	β
30°C	0.00	-	4.69×10^{-4}	-	-
	0.25	3.77×10^{-4}	3.02×10^{-4}	0.4284	-0.92
	0.50	3.16×10^{-4}	2.54×10^{-4}	0.6139	-0.94
	0.75	2.71×10^{-4}	1.75×10^{-4}	0.6943	-2.46
	1.00	-	2.38×10^{-4}	-	-
40°C	0.00	-	5.18×10^{-4}	-	-
	0.25	3.97×10^{-4}	3.09×10^{-4}	0.4498	-1.02
	0.50	3.22×10^{-4}	2.23×10^{-4}	0.6091	-1.61
	0.75	2.71×10^{-4}	1.45×10^{-4}	0.6719	-3.42
	1.00	-	2.34×10^{-4}	-	-
50°C	0.00	-	6.79×10^{-4}	-	-
	0.25	4.49×10^{-4}	3.13×10^{-4}	0.5022	-1.45
	0.50	3.36×10^{-4}	2.42×10^{-4}	0.6537	-1.55
	0.75	2.68×10^{-4}	1.48×10^{-4}	0.6946	-3.57
	1.00	-	2.23×10^{-4}	-	-

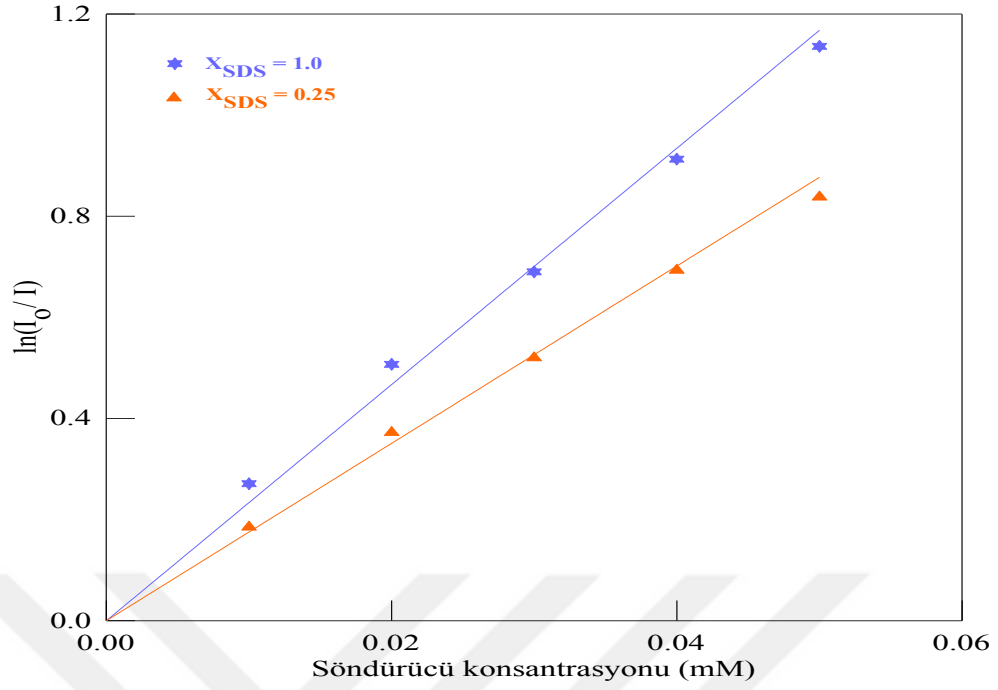
Tablo 61. Karışım sistemlerine ait CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri

Mol kesri	CPC Konsantrasyonu	I_0/I	$\ln(I_0/I)$
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$ 0.25/0.75	1×10^{-5}	1.088	0.084
	2×10^{-5}	1.172	0.159
	3×10^{-5}	1.260	0.231
	4×10^{-5}	1.363	0.309
	5×10^{-5}	1.480	0.392
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$ 0.50/0.50	1×10^{-5}	1.111	0.106
	2×10^{-5}	1.219	0.198
	3×10^{-5}	1.335	0.289
	4×10^{-5}	1.451	0.372
	5×10^{-5}	1.573	0.453
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$ 0.75/0.25	1×10^{-5}	1.149	0.139
	2×10^{-5}	1.308	0.268
	3×10^{-5}	1.466	0.382
	4×10^{-5}	1.635	0.491
	5×10^{-5}	1.809	0.593
$X_{SDS}/X_{im12-6-12}$ 0.25/0.75	1×10^{-5}	1.203	0.185
	2×10^{-5}	1.451	0.372
	3×10^{-5}	1.682	0.520
	4×10^{-5}	2.000	0.693
	5×10^{-5}	2.312	0.838
$X_{TritonX-100}/X_{im12-sp2-12}$ 0.25/0.75	1×10^{-5}	1.083	0.080
	2×10^{-5}	1.142	0.133
	3×10^{-5}	1.285	0.251
	4×10^{-5}	1.408	0.342
	5×10^{-5}	1.489	0.398
$X_{TritonX-100}/X_{im12-sp2-12}$ 0.50/0.50	1×10^{-5}	1.145	0.136
	2×10^{-5}	1.276	0.244
	3×10^{-5}	1.445	0.368
	4×10^{-5}	1.665	0.510
	5×10^{-5}	1.796	0.586
$X_{TritonX-100}/X_{im12-sp2-12}$ 0.75/0.25	1×10^{-5}	1.169	0.157
	2×10^{-5}	1.360	0.307
	3×10^{-5}	1.599	0.470
	4×10^{-5}	1.819	0.599
	5×10^{-5}	2.048	0.717

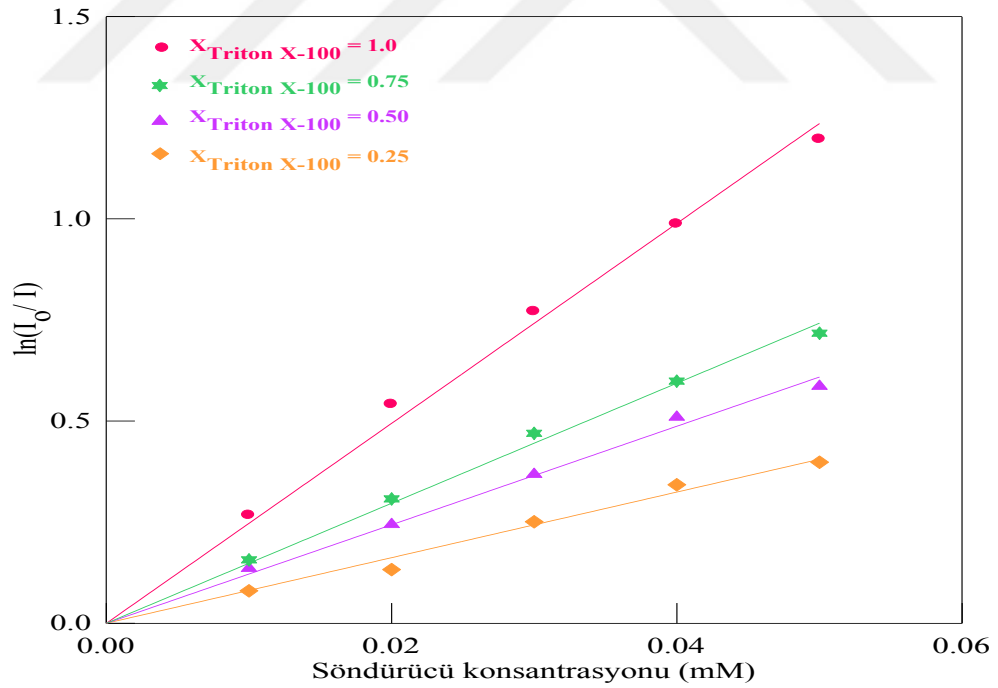
Tablo 62. Ticari yüzey aktif maddelere ait CPC konsantrasyon, I_0/I ve $\ln(I_0/I)$ değerleri

YAM	CPC Konsantrasyonu	I_0/I	$\ln(I_0/I)$
CTAB	1×10^{-5}	1.262	0.232
	2×10^{-5}	1.650	0.501
	3×10^{-5}	2.063	0.724
	4×10^{-5}	2.586	0.950
	5×10^{-5}	3.058	1.118
SDS	1×10^{-5}	1.311	0.271
	2×10^{-5}	1.661	0.507
	3×10^{-5}	1.993	0.690
	4×10^{-5}	2.492	0.913
	5×10^{-5}	3.115	1.136
Triton X-100	1×10^{-5}	1.306	0.267
	2×10^{-5}	1.718	0.541
	3×10^{-5}	2.161	0.771
	4×10^{-5}	2.684	0.987
	5×10^{-5}	3.309	1.197

Şekil 80. CTAB ve farklı mol kesirlerinde CTAB/im14-sp1-14 karışım sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki



Şekil 81. SDS ve $X_{\text{SDS}}/X_{\text{im12-6-12}}$ 0.25/0.75 karışımı sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki



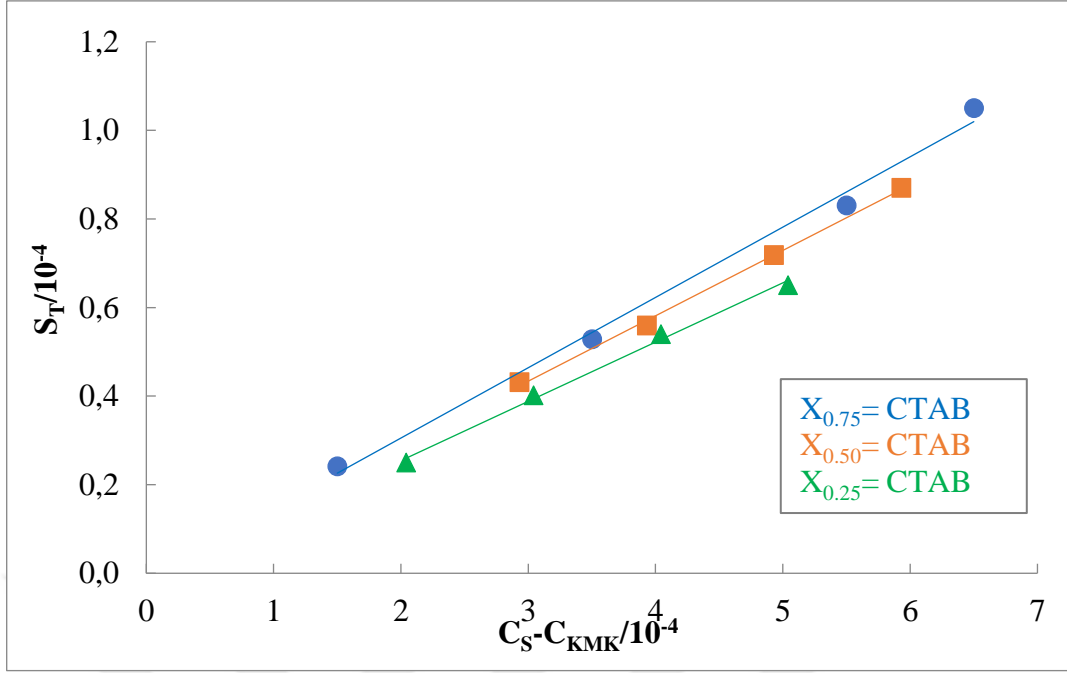
Şekil 82. Triton X-100 ve farklı mol kesirlerinde Triton X-100/im12-sp2-12 karışım sistemlerine ait $\ln(I_0/I)$ ile söndürücü konsantrasyonu arasındaki ilişki

Tablo 63. Ticari yüzey aktif maddelerin ve karışım sistemlerinin agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri

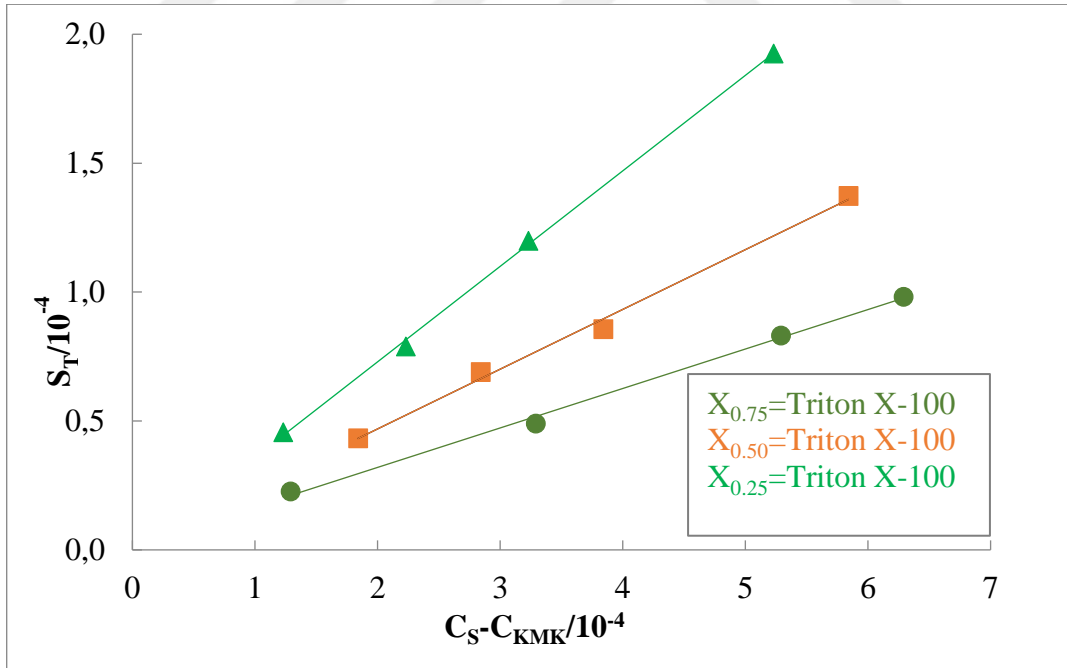
YAM/KGYAM Kodu	N_{agg}
CTAB	92
SDS	58
Triton X-100	105
XCTAB/Xim14-sp1-14 0.25/0.75	30
XCTAB/Xim14-sp1-14 0.50/0.50	35
XCTAB/Xim14-sp1-14 0.75/0.25	44
XSDS/Xim12-6-12 0.25/0.75	66
XTritonX-100/Xim12- sp2-12 0.25/0.75	34
XTritonX-100/Xim12- sp2-12 0.50/0.50	52
XTritonX-100/Xim12- sp2-12 0.75/0.25	63

Tablo 64. Karışım sistemlerinin S_T ve C_S-C_{KMK} değerleri

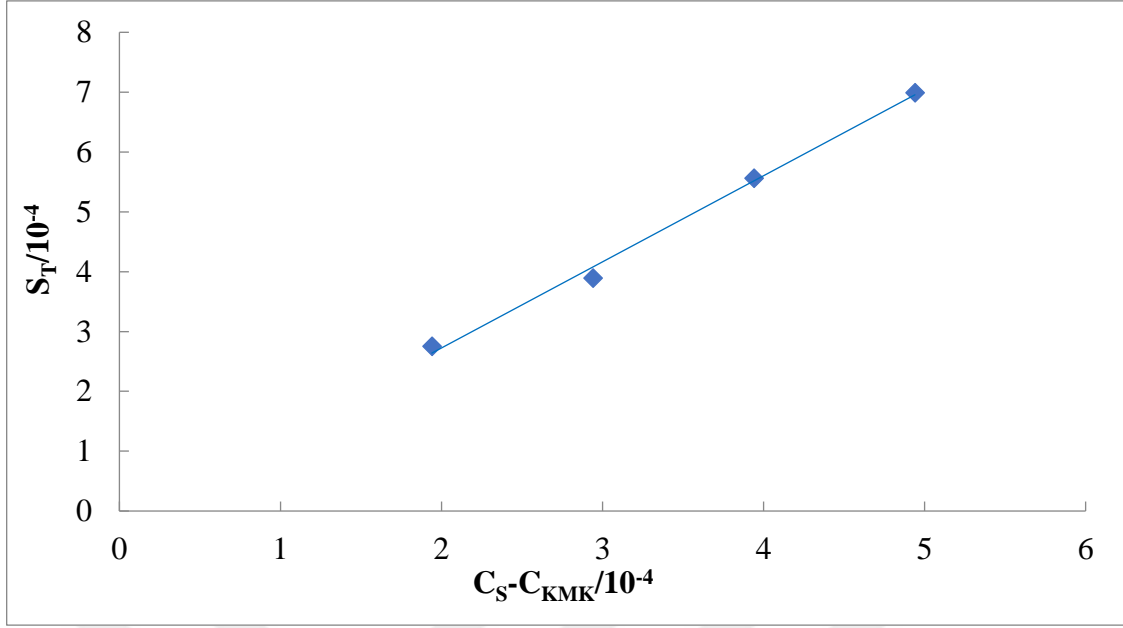
Mol kesri	$S_T/10^{-4}$	$C_S-C_{KMK}/10^{-4}$
	0.25	2.04
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$	0.40	3.04
0.25/0.75	0.54	4.04
	0.65	5.04
	0.43	2.93
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$	0.56	3.93
0.50/0.50	0.72	4.93
	0.87	5.93
	0.24	1.50
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$	0.53	3.50
0.75/0.25	0.83	5.50
	1.05	6.50
	2.75	1.94
$X_{SDS}/X_{im12-6-12}$	3.89	2.94
0.25/0.75	5.56	3.94
	6.99	4.94
	0.46	1.23
$X_{Triton X-100}/X_{im12-sp2-12}$	0.79	2.23
0.25/0.75	1.20	3.23
	1.93	5.23
	0.43	1.84
$X_{Triton X-100}/X_{im12-sp2-12}$	0.69	2.84
0.50/0.50	0.86	3.84
	1.37	5.84
	0.23	1.29
$X_{Triton X-100}/X_{im12-sp2-12}$	0.49	3.29
0.75/0.25	0.83	5.29
	0.98	6.29



Şekil 83. Farklı mol kesirlerinde CTAB ve im14-sp1-14 karışımlarına ait S_T ile $C_S - C_{KMK}$ değerleri arasındaki ilişki



Şekil 84. Farklı mol kesirlerinde Triton X-100 im12-sp2-12 karışımlarına ait S_T ile $C_S - C_{KMK}$ değerleri arasındaki ilişki



Şekil 85. $X_{SDS}=0.25/X_{im12-6-12}=0.75$ karışımlarına ait S_T ile $C_S - C_{KMK}$ değerleri arasındaki ilişki

Tablo 65. Karışımların çözündürme gücü (SP) değerleri

Mol kesri	SP
$X_{Triton X-100}/X_{im12-sp2-12}$	
0.25/0.75	0.3704
0.50/0.50	0.2318
0.75/0.25	0.1531
$X_{CTAB}/X_{im14-sp1-14}$	
0.25/0.75	0.1338
0.50/0.50	0.1476
0.75/0.25	0.1587
$X_{SDS}/X_{im12-6-12}$	
0.25/0.75	1.439

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İyonik yapılı YAM'lerin sudaki çözünürlükleri sıcaklığa önemli derecede bağlıdır. Krafft sıcaklıklarının altında YAM'ler sınırlı çözünürlüğe sahiptir ve sıcaklığın artması ile bu sınırlı çözünürlükte artış gözlemlenir. T_K altındaki sıcaklıklarda, YAM'nin hidrate kristalleri ve serbest YAM molekülleri süspansiyon içerisinde denge halinde iken, sistemdeki toplam çözünürlük, serbest YAM moleküllerinin çözünürlüğü ile belirlenmektedir [78]. Sistem sıcaklığı T_K değerine ulaştığında ise miseller meydana gelmeye başlar. Bu nokta ile sistemin çözünürlüğü, sistemde serbest YAM moleküllerinden çok daha fazla miktarda bulunan misellerin çözünürlüğü ile belirlenir. Hidrate kristallerin çözünmesi ile sistem dengesi, hidrate kristallerden misel agregatlarına doğru bir kayma gösterir. Bunun sonucu olarak da miseller ve serbest YAM molekülleri arasında yeni bir denge meydana gelir [51]. Misellerin meydana geldiği ve monomerler ile dengede bulunduğu Krafft sıcaklığı aynı zamanda hidrate katı YAM'lerin erime sıcaklığı olarak da adlandırılmaktadır [79]. T_K ve üzeri sıcaklıklarda YAM çözeltisi maksimum performans sergiler ve düşük konsantrasyonlarda etkili biçimde işlev görür. Bu nedenle, oda koşullarında ve daha düşük sıcaklıklarda T_K değerine sahip YAM'ler endüstriyel uygulamalar için kullanım açısından avantaj oluşturmaktadırlar [80].

12 adet KGYAM'nin Krafft sıcaklıkları toplu olarak Tablo 10'da yer verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, KGYAM'lerin kuyruk kısımlarına ait hidrokarbon zincir uzunluklarının ve bağlayıcı grup yapılarının T_K üzerinde etkili olduğu gözlemlenmiştir. im12-sp1-12 (T_K : 11.2°C) ve im12-sp2-12 (T_K : 27.5°C) kodlu bileşikler aynı zincir uzunluğuna fakat farklı bağlayıcı gruba sahip KGYAM'lerdir. Bu iki madde sırası ile sp1 ve sp2 olarak kodladığımız polar bağlayıcı grupları içerirler. sp1 bağlayıcı grubu, ester fonksiyonel gruplar arasında iki karbon atomu barındırırken, sp2 bağlayıcı grubu dört karbon atomunu içermektedir. Hidrofilik bağlayıcı gruplar arasındaki bu yapısal farklılık T_K değerinde yaklaşık 16°C gibi önemli bir değişime neden olmuştur. im14-sp1-14 (T_K : 20.5°C) ve im14-sp2-14 (T_K : 35.7°C) kodlu KGYAM'ler de yine aynı şekilde yukarıda bahsedilen polar bağlayıcı gruplara sahiptir. Burada im14 kodu ile başlayan KGYAM'ler ile im12 kodu ile başlayan KGYAM'ler arasındaki fark, kuyruk kısımlarında fazladan –CH₂CH₂– gruplarını ihtiva etmeleridir. Kuyruk uzunluğundaki bu artışı ile birlikte T_K değerlerinde 9.3°C ve 8.2°C'lik artışlar gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde,

polar bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerde T_K üzerinde hem bağlayıcı grubun hem de zincir uzunluğunun önemli etkiye sahip olduğu söylenebilir. Ayrıca bu tip bağlayıcı grup içeren KGYAM'lerde bağlayıcı grup bileşiğinin merkez kısmındaki hidrokarbon sayısının T_K üzerine etkisinin, kuyruk kısmındaki hidrokarbon sayısındaki artıştan daha etkili olduğu görülmüştür.

Aynı zincir uzunluklarına sahip, apolar özellikteki düz hidrokarbon zincirinden meydana gelen farklı bağlayıcı grupları içeren im12-4-12 ve im12-6-12 kodlu KGYAM'lerine ait T_K değerleri sırası ile 15.3°C ve 12.3°C olarak bulunmuştur. Apolar yapılı bağlayıcı gruptaki karbon atomu sayısındaki iki birimlik artışın T_K üzerin etkisi -3°C 'dir. Bağlayıcı grup karbon sayısı arttırıldığında YAM'nin hidrofobikliğinin artmasının yanı sıra polar baş gruplar arasındaki mesafe de arttığından bu baş gruplar arasındaki coulomb kuvvetlerinin azalması da gerçekleşir. Bu duruma ek olarak aynı zamanda baş gruplar ile Br iyonları arasındaki etkileşimler de azalır. Bahsedilen bu durumların aynı anda meydana gelmesi birbirlerinin etkilerini dengelemiştir. Dolayısıyla, hidrofobik bağlayıcı grupların karbon sayısındaki artışın T_K üzerinde çok büyük değişikliklere sebep olmamasının nedeni bu şekilde açıklanabilir. im12-4-12 ile im14-4-14 kodlu KGYAM'lerin T_K değerleri sırası ile 15.3°C ve 25.7°C 'dir. Hidrokarbon zincir uzunluğunun artışı ile T_K değerinde yaklaşık 10°C 'lik artış gerçekleştiği görülmektedir. Sentezlenen tüm KGYAM'lerin T_K değerleri kuyruk kısımlarına ait hidrokarbon zincir uzunluğunun artışı ile artmıştır. T_K değerindeki değişiklikler, çözeltideki serbest haldeki KGYAM moleküllerinin çözünürlüklerindeki değişimlerden veya süspansiyon içerisinde bulunan katı formdaki hidrate kristallerin kararlılıklarındaki değişimlerden kaynaklanabilir [81]. Birçok araştırmacı tarafından farklı YAM ve KGYAM'ler kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda da zincir uzunluğunun artması ile T_K değerlerinde artış gözlemlendiği literatürde yer almaktadır [82-83].

Elde edilen Krafft sıcaklıkları değerlendirildiğinde, 7 adet KGYAM'nin (im10-sp1-10, im12-sp1-12, im14-sp1-14, im10-4-10, im10-6-10, im12-4-12 ve im12-6-12), sahip olduğu düşük T_K değerleri sebebiyle soğuk sularda da kullanılabilme potansiyeline sahip oldukları görülmektedir. im10-sp2-10, im12-sp2-12, im14-4-14 ve im14-6-14 kodlu KGYAM'lerin T_K değerleri, yukarıda belirtilen KGYAM'lerin T_K değerlerine kıyasla yüksek olmasına rağmen ticari olarak yaygın halde kullanılan setiltrimetilamonyum bromür (CTAB) ve oktiltrimetilamonyum bromür (OTAB) gibi ticari katyonik monomerik YAM'lerin ve değişik fonksiyonel gruplu KGYAM'lerin T_K 'larına yakın veya daha

düşüktür [84-90]. T_K değerleri ile alakalı genel bir değerlendirme yapıldığında, ilgili tez çalışmasında sentezlenen KGYAM'lerin çoğunun düşük T_K değeri sergilemesi, kullanım ve uygulama alanı açısından geniş sıcaklık skalasına sahip olmaları sebebi ile diğer monomerik ve gemini YAM'lere kıyasla avantaj oluşturmaktadır.

12 adet KGYAM'nin farklı sıcaklıklardaki KMK değerleri Tablo 23 ve 39'da yer almaktadır. Yüzey gerilimi ve spesifik iletkenlik tayin metotları ile gerçekleştirilen KMK tayini deneyleri; T_K altında misel oluşumu gerçekleşmediği veya çok sınırlı olduğu için her bir maddenin kendine özgü T_K değeri göz önüne alınarak, o değerin üzerindeki sıcaklıklarda yapılmıştır. Bu sebeple, im14-sp2-14 kodlu KGYAM'nin T_K değeri 35.7°C olduğundan bu maddenin 20°C ve 30°C 'deki ölçümleri gerçekleştirilmemiştir. Aynı sebepten dolayı im10-sp2-10, im12-sp2-12, im14-4-14 ve im14-6-14 kodlu KGYAM'lerin T_K değerleri 20°C 'nin üzerinde olduğu için bu maddelere ait ölçümler 30°C 'den itibaren gerçekleştirilmiştir.

Tablo 23 ve 39'da yer alan sonuçlar değerlendirilirken, maddelerin yapısal farklılıkları ile sergilemiş oldukları KMK değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu incelemeler yapılırken sıcaklığın da KMK üzerinde etkiye sahip olması sebebi ile farklı maddeler arasındaki kıyaslamalar aynı sıcaklıklardaki KMK değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. KGYAM'lerin KMK değerleri yukarıda bahsedildiği gibi iki farklı metot ile belirlenmiştir. İki farklı metot kullanılarak, belirlenen KMK değerlerinin teyidi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yüzey gerilimi tayin metodu ile çözelti sistemlerinin sıvı/hava ara yüzey özellikleri belirlenmiş, spesifik iletkenlik metoduyla da bu sistemlerin bazı termodinamik parametreleri hesaplanmıştır. Yüzey gerilimi tayin metodu ve spesifik iletkenlik tayin metodu ile elde edilen KMK değerleri birbirleri ile uyumlu olmakla beraber, yüzey gerilimi tayin metodu ile elde edilen KMK değerlerinin, spesifik iletkenlik metodu ile elde edilen KMK değerlerine kıyasla nispeten daha düşük olduğu gözlenmiştir. KMK belirlenmesinde, yüzey gerilim metodu sonuçlarının spesifik iletkenlik metodu sonuçlarına kıyasla çok daha hassas olması sebebiyle KMK'ların da nispeten daha düşük değerlerde bulunması diğer araştırmacıların literatürde mevcut olan çalışmalarında da görülmüştür [91-93].

Bağlayıcı grup olarak 1,4 dibromobütan hidrofobik zincirini içeren im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu KGYAM'lerin yüzey gerilim tayin metodu ile 30°C 'deki KMK değerleri sırası ile 1.34×10^{-3} , 4.17×10^{-4} ve 5.49×10^{-5} M olarak bulunmuştur. Aynı hidrofobik bağlayıcı gruba fakat kuyruk kısımlarında farklı zincir uzunluklarına sahip bu KGYAM'lerin KMK değerlerinde, zincir uzunluğunun artması ile azalma gerçekleştiği görülmüştür. Bağlayıcı grup olarak 1,6 dibromoheksanı içeren im10-6-10, im12-6-12 ve

im14-6-14 kodlu KGYAM'lerin yüzey gerilim tayin metodu ile 30°C'deki KMK değerleri sırası ile 4.47×10^{-3} , 5.72×10^{-4} ve 4.70×10^{-5} M olarak bulunmuştur. Yine bu maddelerde de zincir uzunluklarındaki artışın KMK değeri üzerinde azaltıcı etkiye sahip olduğu görülmektedir. Aynı hidrokarbon zincir uzunluklarına sahip farklı apolar bağlayıcı grup içeren, yukarıda bahsedilen bu maddelerin KMK değerleri birbiri ile kıyaslandığında ise (im12-4-12/im12-6-12 ve im14-4-14/im14-6-14) hidrofobik özelliğe sahip bağlayıcı gruplarda, bağlayıcı gruba ait hidrokarbon sayısındaki artışın KMK üzerinde zayıf etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Zincir uzunluğu daha kısa olan im10-4-10 ve im10-6-10 kodlu KGYAM'lerin KMK değerleri üzerinde ise bağlayıcı grup etkisinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu maddelerde, bağlayıcı grup zincir uzunluğundaki artış KMK değerinin yaklaşık olarak üç kat artmasına neden olmuştur. Bu durum, kuyruk kısmındaki zincir uzunluğunun dolayısıyla hidrofobikliğin azalması ile bağlayıcı grupların misel oluşum prosesindeki termodinamik katkılarının daha etkili hale gelmiş olmasından kaynaklanabilir. sp2 bağlayıcı grubunu içeren im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lerin 40°C'deki KMK değerleri sırası ile 4.67×10^{-3} , 5.18×10^{-4} ve 9.27×10^{-5} M olarak bulunmuştur. im10-sp2-10 ile im12-sp2-12 kodlu KGYAM'lerin KMK değerleri kıyaslandığında zincir uzunluğundaki iki birimlik artışın KMK değerinde on kat azalmaya, im12-sp2-12 ile im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lerde ise zincir uzunluğundaki bu artışın KMK değerinde beş kat azalmaya neden olduğu görülmüştür.

12 adet KGYAM'nin tümünü kapsayan genel bir değerlendirme yapıldığında, maddelerin kuyruk kısımlarındaki hidrokarbon zincir uzunluklarının artması ile KMK değerlerinde azalmaların gerçekleştiği görülmüştür. Bu durumun sebebi, zincir uzunluğunun artması ile hidrofobikliğin artması buna bağlı olarak da çözültide çözünen KGYAM'lerin su hava ara yüzeyine yönelme isteklerinin artması olarak düşünülmüştür. Yüzey tabakasında meydana gelen tek tabakalı adsorpsiyonun hızlı bir şekilde tamamlanması ile çözültideki serbest KGYAM molekülleri bir araya gelerek daha düşük KMK değerlerinde misel oluşumu sergilemişlerdir. YAM miselleri için geliştirilen Tanford modeline göre, misel oluşum prosesinde standart serbest enerji değişimi üç temel katkıdan meydana gelir. Bu katkıların birincisi hidrokarbon kuyruk kısımlarından, ikincisi polar baş grupları arasındaki itici kuvvetlerden, üçüncüsü ise misel içerisindeki hidrokarbon zincir yoğunluğu ile misel çekirdeğindeki az miktarda bulunan su arasındaki etkileşimden kaynaklanmaktadır. Bu katkıların birincisi standart serbest enerji değişimine negatif olarak katkı sağlarken, diğer ikisi pozitif olarak etki sunar. Bununla birlikte birinci katkının büyüklüğü diğer iki katkının

büyükliğünden oldukça fazla olduğundan misel oluşum prosesinde standart serbest enerji değişimi negatif olacaktır [94]. Bu nedenle, bir YAM'nin kuyruk kısmına ait zincir uzunluğunun artması ile standart serbest enerji değişimine olan negatif katkı artacağından dolayı, daha düşük konsantrasyonlarda misel oluşumu gerçekleşmiştir. Dolayısıyla KGYAM'lerin zincir uzunluklarının artması ile daha düşük KMK değeri sergilemeleri termodinamik açıdan desteklenen bir durumdur.

KMK belirleme çalışmaları farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilmiş olup sıcaklığın KMK üzerine etkisi de incelenmiştir. Veriler değerlendirildiğinde, sıcaklık artışı ile tüm KGYAM'lerin KMK değerlerinin arttığı görülmektedir. Literatür çalışmalarında, YAM'lerin sıcaklık artışı ile KMK değerlerinde U şekline benzer önce bir azalış sonra bir artış olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar KMK'nun sıcaklıkla değişiminin, iki zıt etkinin rekabeti sonucu olarak ortaya çıktığını öngörmektedir. Birinci etkiye göre, hidrokarbon zinciri etrafındaki sıralı su yapısı kırılabilir ve bu durum serbest YAM moleküllerinin çözünürlüğünü arttırabilir (diğer bir ifade ile çözünmezliğini azaltabilir). Bu nedenle de misel oluşumu sistem için istenmeyen bir hal alabilir. İkinci etkiye göre ise; polar baş grup çevresindeki hidrofilik hidrasyon derecesi azalabilir ve buna bağlı olarak da misel oluşumu sistem tarafından tercih edilebilir. İlgili tez çalışması kapsamında incelenen KGYAM'lerde sıcaklık etkisinin yukarıda belirtilen birinci duruma uyduğu görülmektedir. Sıcaklık artışı ile KMK değerlerinde elde ettiğimiz artış yönündeki değişim, diğer araştırmacılar tarafından farklı YAM ve KGYAM'ler ile yapılan çalışmaların büyük bir bölümünde de gözlenmiştir [95-98].

Genel olarak, KGYAM'lerin KMK değerlerinin literatürdeki [12, 99-101] imizadol baş gruplu YAM ve KGYAM'lerin KMK değerlerinden çok daha düşük konsantrasyonlara sahip olduklarını görmekteyiz. Bu sonuç, ilgili tez çalışmasında sentezlenen KGYAM'lerin düşük konsantrasyonlarda misel oluşturarak yüzey aktivitesine sahip olabildiklerini göstermektedir. Özellikle kuyruk kısmında im12 ve im14 kodlu zincir uzunluğuna sahip maddelerin düşük KMK değerleri sergilemesi; tez çalışmasına başlamadan önce öngörülen potansiyeli karşılar niteliktedir.

12 adet KGYAM'nin sıvı/hava ara yüzey özelliklerine ait veriler toplu olarak Tablo 24-26'da yer almaktadır. Ara yüzey özelliklerine ait incelemeler yapılır iken, maddelerin yapısal farklılıklarının bu özellikler üzerine etkisini net olarak ortaya koyabilmek adına aynı sıcaklıklardaki değerler kıyaslanmıştır. Yüzey doygunluğundaki ara yüzeyin birim alanı başına adsorbe olan maksimum YAM miktarı Γ_{maks} ile ifade edilmektedir. A_{min} ise bir

YAM'nin sıvı/hava ara yüzeyinde adsorplanırken bu madde moleküllerinin ara yüzeyde ne kadar sıkı istiflenip istiflenmedikleri hakkında bizlere bilgi veren bir parametredir. Yapısal olarak aynı iskelete sahip hidrofilik bağlayıcı grup içeren im10-sp1-10, im12-sp1-12 ve 14-sp1-14 kodlu KGYAM'lerin 30°C'de A_{\min} değerleri sırasıyla 123.6, 138.2 ve 196.2 Å² olarak bulunmuştur. Birim madde başına düşen yüzey alanının, hidrofobik zincir uzunluğunun artması ile arttığı görülmektedir. Bu sebeple de Γ_{\max} değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Hidrofilik bağlayıcı grup içerisindeki -CH₂CH₂- birimin artırılması ile elde edilen im10-sp2-10, im12-sp2-12 ve im14-sp2-14 kodlu KGYAM'lerin 40°C'deki A_{\min} değerleri sırasıyla 145.4, 147.5 ve 156.9 Å² olarak hesaplanmıştır. Aynı maddelere ait Γ_{\max} değerleri ise sırasıyla 11.4×10^{-7} , 11.3×10^{-7} ve 10.6×10^{-7} mol.m⁻² olarak bulunmuştur. Elde edilen bu A_{\min} ve Γ_{\max} değerleri incelendiğinde sp1 ve sp2 gruplarını barındıran KGYAM'lerin benzer davranışlar sergiledikleri görülmüştür. sp1 ve sp2 gruplarındaki polar özelliğe sahip olan -O-C=O yapısındaki eşleşmemiş elektron çifti içeren oksijen atomlarının varlığı ile yukarıda bahsedilen KGYAM'lerin su ile kolayca hidrojen bağı yapmalarının, sıvı/hava ara yüzey özellikleri üzerinde değişime sebebiyet verdiği görülmüştür. Diğer araştırmacılar tarafından ester bağlayıcı gruplu ve düz kuarterner yapıları KGYAM'ler ile gerçekleştirilen bir çalışmada da benzer sonuçlar elde edildiği literatürde mevcuttur [92].

im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu KGYAM'lerin 30°C'deki Γ_{\max} değerleri incelendiğinde de sırası ile 14.2×10^{-7} , 18.3×10^{-7} ve 21.3×10^{-7} mol.m⁻² olarak, A_{\min} değerleri ise 117.4, 90.6 ve 77.9 Å² olarak hesaplanmıştır. A_{\min} değerlerinin maddelerin zincir uzunluklarının artması ile azalması ve buna bağlı olarak da Γ_{\max} değerlerinin artması, bu maddelerin yüzey alanında daha sıkı istiflenmeye yöneldiklerini simgelemektedir. Diğer bir ifadeyle, zincir uzunluğunun artması ile daha sıkı istiflenme sonucu ara yüzeyin birim alanı başına adsorplanan KGYAM miktarının arttığı doğrulanmaktadır. im10-6-10, im12-6-12 ve im14-6-14 kodlu maddeler, im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu maddelere benzer şekilde davranış sergilemişlerdir. Aynı bağlayıcı gruba sahip maddelerde zincir uzunluğunun artması ile sıvı/hava ara yüzeyinde daha sıkı istiflenmenin gerçekleştiğini belirten diğer çalışmalar literatürde bulunmaktadır [83, 102]. Ara yüzeyde adsorplanma özelliklerine ait genel bir değerlendirme yapıldığında, Γ_{\max} ve A_{\min} değerleri üzerinde bağlayıcı grup polaritelerinin etkili olduğu söylenebilir. Apolar özellikli bağlayıcı grup içeren maddelerde zincir uzunluğunun artışı ile daha fazla molekül ara yüzeye adsorplanma isteği duyarken, polar bağlayıcı grupları içeren maddelerde ise bu istek ters şekilde gerçekleşmiştir. Bu farklılığın sebebi, bağlayıcı grup esnekliği ve buna bağlı olarak da farklı

şekilde adsorpsiyon yöneliminin gerçekleşmesi ile alakalı olabilir. Sıcaklığın artışına paralel olarak çalışılan tüm maddelerde genellikle Γ_{maks} değerlerinin düştüğü gözlenmiştir. Bu durum, sıcaklığın artışı ile KGYAM moleküllerinin hareketlerinin artması ve buna bağlı olarak da KGYAM'lerin istiflenme kapasitelerinin sıcaklıkla bozulması olarak değerlendirilmiştir.

Π_{KMK} , yüzey geriliminin maksimum azalmasının bir göstergesidir ve suyun yüzey gerilimini düşürmek için YAM'nin etkinliğini değerlendirmek için kullanılabilir. Bu değer yüksek olması YAM'nin etkinliğinin bir işareti olarak algılanmaktadır. γ_{KMK} ise bir YAM'nin KMK değerinde sahip olduğu yüzey gerilim değerini ifade etmektedir. KGYAM'lerin Π_{KMK} ve γ_{KMK} değerleri toplu olarak Tablo 26'da yer almaktadır. γ_{KMK} değerleri incelendiğinde, KGYAM'lerin suyun yüzey gerilimini KMK değerlerinde kuvvetli şekilde düşürdüğü görülmektedir. Dolayısıyla, γ_{KMK} değerlerine bağlı olarak hesaplanan Π_{KMK} değerleri; beklenildiği gibi yüksek çıkmıştır. Π_{KMK} değerinin yüksek olması su/hava ara yüzeyinde adsorplanma isteğinin de yüksek olması anlamını taşımaktadır [103]. Zincir uzunluğu veya bağlayıcı grup yapıları dikkate alınarak Π_{KMK} ve γ_{KMK} değerleri için genel bir korelasyon ilişkisi kurulamamıştır. Bu değerler üzerinde maddelerin kendi karakteristik moleküler hareketlerinin etkili olduğu söylenebilir.

Karşıt iyonların bağlanma derecesi olarak tanımlanan ρ , karşıt iyonların iyonlaşma derecesi olarak tanımlanan α ile olan $\rho=1-\alpha$ ilişkisinden kolaylıkla hesaplanabilmektedir. α ise spesifik iletkenlik yöntemi ile KMK tayini deneylerinde elde edilen iki doğrunun eğiminden hesaplanmaktadır (S_2/S_1). S_1 ve S_2 terimleri sırası ile misel oluşumu öncesi ve misel oluşumu sonrasında, konsantrasyonun bir fonksiyonu olarak ölçülmüş spesifik iletkenlik değerlerinden elde edilen doğruların eğimlerini simgelemektedir. ρ değeri önemli bir parametre olarak görülür ve Stern tabakasında misel yüzeyine bağlı karşıt iyonları gösterir. Bu karşıt iyonlar misel oluşumuna engel olmak isteyen baş gruplar arasındaki elektrostatik itme kuvvetlerini dengeleyen iyonlardır [104]. KGYAM'lerin α ve ρ değerleri Tablo 40 ve 41'de yer almaktadır. Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında tüm KGYAM'ler için sıcaklığın artışı ile ρ değerlerinin azaldığı görülmüştür. Bu duruma sebep olacak iki neden geçerli olabilir. Birincisi misellerin yüzeyine karşıt iyonların bağlanma prosesinin ekzotermik olduğu düşüncesidir (karşıt iyon bağlanması zıt yükler arasında bir elektrostatik etkileşime sebep olur). İkincisi ise sıcaklığın artışı ile KGYAM misellerinin termal hareketlerinin artması ve buna bağlı olarak da misel yüzeyindeki karşıt iyonların yüzeyden çözeltiye transferinin gerçekleşmesidir.

KGYAM'lerde polar baş grupların birbirlerine bağlayıcı gruplar ile bağlanmış olması, bu maddelerin birbirlerine yakınlaşmasını monomerik türlere göre daha fazla zorlaştırır ve bu durum KGYAM'lerde misel yüzeyindeki pozitif yük yoğunluğunun daha az olması ile sonuçlanır. Böylece karşıt iyonların bu yüzeye olan ilgisi azalır. KGYAM'lerin hidrofobik zincir uzunluklarının artması ile karşıt iyon bağlanma derecelerinin azaldığı görülmüştür. Literatürde bispiridinyum KGYAM'ler ile gerçekleştirilen çalışmalarda da alkil zincir uzunluğunun artması ile ρ değerlerinin azaldığı belirtilmiştir [104-106]. Düşük α değeri misel yüzeyine karşıt iyonların daha güçlü bağlanmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumun sebebi ise baş grupların daha sıkı istiflenerek misel-çözelti ara yüzeyinde daha yüksek yüzey yük yoğunluğuna sebep oldukları şeklinde yorumlanmıştır [107].

Negatif $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ değeri, misel oluşum prosesinin termodinamik açıdan istemli olduğunu göstermektedir. Negatif $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ değerinin ana kaynağı sistemin entropi değişim değerindeki pozitif artıştan kaynaklanmaktadır. Çalışılan KGYAM'lerin hesaplanan termodinamik parametreleri Tablo 40 ve 41'de yer almaktadır. Hidrofobik zincir uzunluğunun artması ile genel olarak $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ değerlerinin negatif yönde artış sergilediği görülmektedir. Bu durum alkil zincirleri arasındaki etkileşimin artması ile misel oluşumunun daha kolay gerçekleştiğini belirtmektedir. Bu etkileşimler hidrofobik olup sistemde entropi katkısının kaynağını oluşturmaktadır.

İlgili çalışmada $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değerlerinin tüm sıcaklıklarda negatif olduğu görülmektedir. Bu durum, misel oluşum proseslerinin ekzotermik olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca, sıcaklığın artışı ile genellikle entalpi değişim değerlerinde negatif yönde artışlar gerçekleşmiştir. GYAM'ler için $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ üzerine iki katkının olduğu bilinmektedir. Bunlardan birincisi endotermik olup alkil zinciri etrafındaki su yapısının bozulması ile bağlantılı katkıdır. İkincisi ise ekzotermik olup bir misel içerisinde alkil zincirlerinin yoğunlaşmasından kaynaklanan katkıdır. Sıcaklığın artması ilk katkıyı en aza indirirken ikinci katkı üzerinde önemli bir etkiye sebebiyet vermez. Sonuç olarak, $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ sıcaklık arttıkça daha ekzotermik hale gelir. Daha uzun zincir kısımlarına sahip maddelerde, hidrofobik etkileşimlerin artması sebebi ile daha ekzotermik $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değerleri elde edilir. Bu konu ile ilgili çalışmalar daha detaylı incelendiğinde, misel oluşum prosesi esnasında $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değerinin; hidrofobik etkileşimlerden, elektrostatik etkileşimlerden, polar grupların hidrasyonundan, misellere karşıt iyonların bağlanma derecesinden ve proses esnasında kuyruk kısımlarında ve bağlayıcı gruplarda meydana gelebilecek konformasyonel değişikliklerden kaynaklanan entalpilerdeki değişikliklerin birleşik bir etkisi olduğu

belirtilmiştir [108,109]. Çalışılan KGYAM'ler için $T\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ değerleri pozitif olup sıcaklığa bağlı değerlerdir. Sıcaklığın artışı ile birlikte $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ değerleri negatif yönde artış gösterirken $T\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ değerlerinin hem azaldığı hem de arttığı gözlenmiştir. Entalpi ve entropinin $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ 'ne katkısı zıt şekilde gerçekleşmektedir. Sıcaklığın artması ile $\Delta H_{\text{mis}}^{\circ}$ katkısı artarken $T\Delta S_{\text{mis}}^{\circ}$ 'nin katkısı azalır. Bu sebeple, düşük sıcaklıklarda misel oluşum prosesi entropi tarafından yönetilirken, sıcaklığın artması ile entalpi katkısı baskın hale geldiğinden yönetim entalpiye kayar. Entalpi ve entropi arasındaki denge, sıcaklık ile $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ 'nin üzerinde küçük değişikliklere sebep olur. Bu arada, artan hidrofobik zincir uzunluğu ile $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ daha istemli misel oluşum isteğine işaret ederek daha negatif değerler alır.

12 adet KGYAM'nin $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ değerleri toplu olarak Tablo 40-41'de verilmiştir. Bu tablo incelendiğinde KGYAM'lerin su/hava ara yüzeyinde gerçekleştirdikleri adsorpsiyon prosesinin istemli olarak kendiliğinden gerçekleştiği görülmektedir. Tüm KGYAM'ler için sıcaklığın artışı ile $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ değerleri daha negatif olmuştur. Negatif yönde artışlar, bazı seriler için hidrofobik zincir uzunluklarının artışı ile de gözlenmiştir. Ayrıca, $\Delta G_{\text{ads}}^{\circ}$ değerlerinin $\Delta G_{\text{mis}}^{\circ}$ değerlerinden daha negatif bulunması KGYAM'lerin su/hava ara yüzeyinin tamamen tek ve/veya çok tabakalı adsorpsiyon ile kaplandıktan sonra misel oluşturma eğilimde olduklarına işaret etmektedir.

12 adet KGYAM'nin ortalama olarak belirlenen agregasyon sayısı (N_{agg}) değerleri Tablo 44'de toplu olarak yer almaktadır. Hidrofobik ve hidrofilik bağlayıcı grupları içeren KGYAM serilerinin tümünde kuyruk kısımlarındaki hidrofobik zincir uzunluklarının artışı ile N_{agg} değerlerinde artış gözlenmiştir. KGYAM'lerin agregasyon sayıları, monomerik yapıya sahip YAM'lerin agregasyon sayılarından daha düşük bulunmuştur. Bu durum, yapılarında bağlayıcı grup içermeleri nedeni ile KGYAM'lerin monomerik türlere kıyasla daha sıkı istiflenememelerinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 44 incelendiğinde sp1 hidrofilik bağlayıcı grubu içeren KGYAM'lerin en yüksek N_{agg} değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu durumun sebebi, ester yapıya sahip bağlayıcı grubun esnekliği nedeni ile daha fazla monomerin bir araya gelmesine müsaade etmesi şeklinde yorumlanmıştır. Nitekim, literatürde farklı YAM'ler ile gerçekleştirilen çalışmalarda da oksijen atomu içeren esnek bağlayıcı grupların hidrasyonunun gerçekleşmesi ile baş gruplar arasındaki coulomb itmelerinin önüne geçildiğinden ve bu durumun daha sıkı istiflenmiş agregatlar meydana gelmesine yardımcı olduğundan bahsedilmiştir [110]. Hem hidrofilik hem de hidrofobik bağlayıcı gruplarda, bağlayıcı grup hidrokarbon sayısının artışı ile birlikte N_{agg} değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. Bu durumun

sebebi ise baş gruplar arasındaki mesafelerin artması ile agregat oluşumunda sıkı istiflenmenin gerçekleşmiyor olmasıdır. Düşük hidrokarbonlu bağlayıcı grupların daha sıkı istiflenerek daha fazla monomer içerdikleri düşünülmektedir. Fakat bu tür çalışmalarda, misel sistemlerinin monodispers yapıda olduğu farz edilmektedir. Gerçekte monodispers yapı var olmadığından bir miseli oluşturan monomer sayısını net olarak belirlemek çok zordur. Eğer sistemde polidispersite az ise belirlenen agregasyon sayısı değerleri ortalama olarak kabul edilmektedir [111]. Misel şekillerini de içeren, misel boyutlarını ve istiflenme biçimlerini net olarak ortaya koyabilmek için geçirimli elektron mikroskobu (TEM) ile detaylı çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Suda çözünme özelliği çok az veya hiç olmayan maddelerin suda çözünür hale getirilmesinde YAM'ler oldukça etkilidir. Çözünürlüğü sınırlı olan bu maddelerin YAM sulu çözeltileri içerisinde çözündürülmesi; deterjan, yağ geri kazanımı, ilaç taşınımı ve boyama tekstili gibi birçok endüstriyel uygulamalar için önemlidir [56]. KGYAM'lerin çözündürme gücü (SP) değerleri Tablo 47'de yer almaktadır. Çözündürme gücü parametresinin belirlenmesi için gerçekleştirilen deneylerde, suda çözünme özelliği neredeyse hiç bulunmayan Sudan III boyası kullanılmıştır. Her bir KGYAM için KMK değerinin üzerindeki konsantrasyonlarda gerçekleştirilen çalışmalarda, KGYAM konsantrasyonunun artması ile birlikte çözünen Sudan III boya miktarının da arttığı gözlenmiştir (Şekil 60-62).

Hidrofilik bağlayıcı grup olarak sp2 ve hidrofobik bağlayıcı grup olarak 1,6 dibromoheksanı içeren KGYAM'lerin SP değerleri kuyruk kısımlarındaki hidrokarbon zincir uzunluklarının artmasıyla birlikte artmıştır. Bahsedilen serilere ait bu KGYAM'lerin N_{agg} değerleri diğer serilere göre nispeten daha düşük olarak belirlenmiştir. Misel boyutunun büyük olması, misel çekirdeğinde yüksek çözündürme işleminin gerçekleşmesine yardımcı olabilir. Bununla birlikte çok sıkı istiflenme zıt etki de yaratabilmektedir. İstiflenmenin diğer KGYAM'lere kıyasla daha gevşek oluşumu ile boyanın misel içerisine girişinin daha kolay gerçekleştiği düşünülebilir. Çözündürme gücü sonuçları ile bu KGYAM serilerinin sahip oldukları N_{agg} değerleri arasında bir korelasyon ilişkisi gözlenmiştir. Hidrofilik bağlayıcı grup sp1 ve hidrofobik bağlayıcı grup 1,4 dibromobütanı içeren KGYAM'lerin ise SP değerlerinin zincir uzunluğunun artışı ile beraber sürekli bir artış göstermediği belirlenmiştir. im10-4-10, im12-4-12 ve im14-4-14 kodlu KGYAM'lerin SP değerleri sırası ile 0.0314, 0.4999, 0.1006 olarak bulunmuştur. im10-sp1-10, im12-sp1-12 ve im14-sp1-14 kodlu KGYAM'lerin SP değerleri ise sırasıyla 0.0132, 0.7164 ve 0.1551 olarak

bulunmuştur. Belirtilen bağlayıcı grupları (sp1 ve 1,4 dibromobütan) içeren maddelerde ise zincir uzunluğunun artışı ile SP değerleri önce artmış, daha sonra da düşüş sergilemiştir. Bu durum, im14 kodlu ile başlayan ve yukarıdaki bağlayıcı grupları (sp1 ve 1,4 dibromobütan) ihtiva eden KGYAM'lerde, agregasyon oluşumunda sıkı istiflenmenin gerçekleşmesi ile boyanın misel içerisine girişinin zorlanması olarak yorumlanmıştır. Bahsedilen bu KGYAM'lerde (sp1 ve 1,4 dibromobütan bağlayıcı gruplarını içeren) ise çözündürme kapasitesi sonuçları ile KGYAM'lerin sahip oldukları N_{agg} değerleri arasında net bir korelasyon ilişkisi gözlenmemiştir. YAM'lerin çözündürme güçleri üzerine N_{agg} haricinde etki edebilen faktörler neden olmuş olabilir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, bir YAM'nin hidrokarbon zincir uzunluğu ne kadar uzun olursa, genellikle çözündürme özelliğinin de o kadar iyi olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, çözünen bileşiğin misel içerisindeki konumunun (çözünme bölgesinin), çözünen bileşiğin ve YAM'nin kimyasal yapısının da çözündürme özelliği üzerinde önemli derecede etkili olduğundan bahsedilmiştir [112]. Misel yüzeyi, hidrofilik baş grupların arası ve misel çekirdeği gibi çözüdürenin gerçekleşebileceği farklı bölgeler mevcuttur. Çözünmenin gerçekleştiği bölge, organik çözünenin çözünme derecesini önemli derecede etkilemektedir. sp1 bağlayıcı gruplarında ester fonksiyonel gruplarının sp2 bağlayıcı gruba göre birbirine daha yakın olması, bu iskeletteki KGYAM'lerin daha polar özellik sergileyebileceği düşüncesini oluşturmuştur. Bu sebeple de ester gruplarının Sudan III boyasına ait hidroksil grubu veya azot atomları ile hidrojen bağlarının daha kolay gerçekleştiğini ve boyanın çözünme yerinin misel çekirdeğinde değil de palaside bölgesi (YAM baş grupları ile hidrofobik zincirler arasındaki bölge) olarak adlandırılan bölgede gerçekleşmiş olabileceğini düşündürmüştür. Çözünme bölgesi değişikliği, KGYAM'lerin çözündürme kapasitesi sonuçlarındaki farklılıklara neden olmuş olabilir.

Bir emülsiyon oluştururken; emülsifiyer, çözünürlüğüne bağlı olarak su veya organik çözücüde çözünür. Ardından yüzey deformasyonuna ve ekleme sırasında bir fazdan diğerine geçiş ile büyük damlacıklar meydana gelene kadar çalkalama işlemi uygulanır. Bu işlemin ardından gelen basamak oluşan damlacıkların bozulması işlemidir. Kararlı bir emülsiyon oluşturmak için su/yağ ara fazında yeterli miktarda adsorbe olan emülsifiyer bulunmalıdır. Emülsiyonlar içerisinde emülsifiyer olarak da adlandırılan YAM'ler; ara yüzey gerilimini ve dolayısıyla iki karışmayan faz arasındaki ara yüzeyin toplam serbest enerjisini düşürürler. Emülsifiyerler; damlalar arasında bir elektrostatik veya sterik itme oluşturmaları sebebi ile iki fazın birleşmesini önlerler. Gerçekleştirdiğimiz deneysel çalışmalarda, parafin

yağı/KGYAM içeren sulu çözelti karışımlarının ayrılma süreleri Şekil 63’de verilmiştir. Bu sürenin uzun olması maddenin emülsifiye etme gücünün yüksek, kısa olması zayıf olduğunu göstermektedir. Veriler değerlendirildiğinde ilgili tez çalışmasında en kısa zincir uzunluklarına sahip im10-sp1-10 (2 dak 28 sn), im10-sp2-10 (3 dak 49 sn), im10-4-10 (9 dak 49 sn) ve im10-6-10 (11 dak 10 sn) kodlu KGYAM’lerin ayrılma sürelerinin diğer KGYAM’lere kıyasla daha kısa olduğu görülmektedir. En kısa hidrokarbon zincir uzunluğuna sahip bu KGYAM’ler kendi aralarında kıyaslandıklarında ise, hidrofilik bağlayıcı gruba sahip im10-sp1-10 ve im10-sp2-10 kodlu KGYAM’lerin ayrılma sürelerinin, hidrofobik bağlayıcı gruba sahip im10-4-10 ve im10-6-10 kodlu KGYAM’lerin ayrılma sürelerinden daha kısa olduğu gözlenmiştir. Hidrofilik bağlayıcı grubun polar özelliğe sahip olması sebebi ile polar bağlayıcı gruplu bu maddelerin sulu faza yönelme isteklerinin daha güçlü olduğu görülmüştür. Bu sebeple de ayrılma sürelerinin diğerlerine oranla daha hızlı gerçekleştiği düşünülmektedir. Ayrıca, tez çalışmasında en kısa hidrokarbon zincir uzunluğuna sahip bu KGYAM’ler ile oluşturulan emülsiyonlar fiziksel olarak incelendiğinde, emülsiyon bölgesindeki damlacıklar belirgin şekilde gözle görülmektedir. Fakat hidrokarbon zincir uzunluğu daha uzun olan ve farklı tip bağlayıcı gruplar içeren diğer KGYAM’lerde ise emülsiyon bölgesindeki damlacıkların gözle net olarak görülmeyecek kadar küçük ve sıkı istiflenmiş olduğu belirlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda, emülsiyon damlacıklarının büyük ve belirgin olduğu sistemlerde ayrılma sürelerinin erken, küçük ve sıkı olduğu sistemlerde ise geç gerçekleştiği sonucuna varılmıştır.

Hidrokarbon zincir uzunluğunun artması ile ayrılma sürelerinin de artmış olduğu yine Şekil 63’de görülmektedir. Bunun nedeni olarak, damlacıklar arasında hidrokarbon zincir uzunluklarının artması ile sterik itmelerin daha etkili bir hal aldığı ve bu sebeple de bu maddelerin ayrılma sürelerinin arttığı ve nispeten daha kararlı emülsiyonlar oluştuğu düşünülebilir. Ayrılma süreleri literatür ile kıyaslandığında, KGYAM’lerimizin ayrılma sürelerinin literatürdeki diğer maddelerin ayrılma sürelerinden genel itibari ile çok daha uzun olduğu görülmüştür [89, 113, 114].

Gram-pozitif ve gram-negatif bakteriler ile gerçekleştirilen çalışmalarda KGYAM’lerin çoğunun düşük MİK değerleri sergilediği görülmüştür. *E.c*, *B.s* ve *S.a* bakterilerine karşı KGYAM’lerin sergilemiş oldukları en düşük MİK değeri 1.22 µg/mL olarak bulunmuştur. *E.c* için im12-6-12 kodlu KGYAM, *B.s* için im12-4-12 ve im12-6-12 kodlu KGYAM’ler ve *S.a* için ise im10-4-10, im12-4-12 ve im12-6-12 kodlu KGYAM’ler yukarıda belirtilen en düşük MİK değerini sergilemişlerdir. *Y.p*, *P.a* ve *E.f* bakterilerine karşı

KGYAM'lerin sergilemiş oldukları en düşük MİK değerleri sırası ile 2.44 µg/mL, 19.53 µg/mL ve 1.22 µg/mL olarak belirlenmiştir. *Y.p* için im12-4-12, im12-6-12 ve im14-6-14 kodlu KGYAM'ler, *P.a* için im12-sp2-12 kodlu KGYAM ve *E.f* için im12-4-12 ve im12-6-12 kodlu KGYAM'ler yukarıda belirtilen en düşük MİK değerlerine sahiptirler. KGYAM'lerin tümünü kapsayan genel bir değerlendirme yapıldığında, KGYAM'lerin gram-pozitif (*B.s*, *S.a* ve *E.f*) bakteriler üzerindeki öldürücü etkilerinin nispeten daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Şekil 64-69). Gram-pozitif ve gram-negatif bakterilerinin hücre zarı yapılarındaki farklılığın bu duruma neden olduğu düşünülmektedir. Gram-pozitif bakteriler gözenekli ve tek katlı dış tabakaya sahip iken gram-negatif bakterilerin dış zarlarının dış tabakasının neredeyse tamamen çift tabakalı olup polisakkarid ve proteinlerden meydana gelmesi amfifilik bileşiklerin girişini kısıtlamaktadır. Bu durum, gram-negatif bakterileri gram-pozitif bakterilere kıyasla daha dirençli kılmaktadır [115]. Ayrıca gram-pozitif bakteriler hücre duvarlarında peptidoglikan bulundurmaları sebebi ile gram-negatif bakterilere kıyasla daha tehlikelidirler [116]. Bu nedenle gram-pozitif bakteriler üzerinde öldürücü etkinin daha aktif gözlemlenmesi kayda değerdir.

Sadece tek tür bileşenden oluşan YAM sulu çözeltilerinde misel oluşum prosesindeki baskın etki hidrofobik zincir etkileşimlerinden kaynaklanırken, farklı türde YAM'ler içeren karışım sistemlerinde ise polar baş gruplar arasındaki baskın elektrostatik etkileşimler bu sistem çözeltilerini ideallikten saptırabilir [37]. Karışım çözeltilerinde ideallikten sapma sonucunda meydana gelebilecek olan sinerjik ve antagonist etkileşimlerin varlığını araştırmak amacıyla katyonik, anyonik ve iyonik olmayan monomerik yapılu ticari YAM'ler ile KGYAM'lerin karışımları oluşturulmuştur. Karışım sistemlerine geçilmeden önce bu sistemlerde kullanılacak olan ticari YAM'lerin saf hallerine ait KMK değerleri belirlenmiş ve bu değerlerin literatür ile uyumlu olduğu belirlenmiştir [117-119]. Katyonik monomerik YAM olan CTAB ile im14-sp1-14 kodlu KGYAM'nin 0.25, 0.50 ve 0.75 mol kesirlerinde gerçekleştirilen karışımlarının, farklı sıcaklıklardaki yüzey gerilim tayin metodu ile elde edilen KMK değerleri Tablo 52'de yer almaktadır. Bu karışım çözeltilerine ait Eşitlik 1 kullanılarak elde edilen KMK_{ideal} değerleri, Eşitlik 2 kullanılarak Maple V Release 4 programı ile hesaplatılan X_1 değerleri ve Eşitlik 3 kullanılarak elde edilen β değerleri de yine aynı tabloda gösterilmiştir. Negatif β değeri, YAM'ler arasında çekici etkileşim olduğunu simgelemektedir. 0.25 ve 0.50 mol kesirlerinde β değerleri negatif olarak elde edilse de bu durumun sinerjik etki olarak adlandırılabilmesi için gerekli olan ikinci koşul sağlanamamıştır. İkinci koşul, karışımın KMK değerinin karışımı oluşturan bileşenlerin

KMK değerlerinden daha düşük olması durumudur. Bu nedenle, çalışılan tüm mol kesirlerinde ilgili karışım sistemlerinin genel itibari ile ideale yakın davranış sergilediği söylenebilir. İdeal çözelti gibi davranış sergileyen bu çözeltilerde, karışımı oluşturan türlerin polar baş gruplarının aynı yüke sahip olması sinerjik etkinin önüne geçmiş olabilir.

Anyonik baş gruplu, monomerik yapılı ve yaygın olarak kullanılan SDS ile im12-6-12 kodlu KGYAM karışımı tek mol kesrinde ($X_{SDS}:0.25$) çalışılabilmiştir. 0.5 ve 0.75 mol kesri karışımlarında çözeltilerin görünümü şeffaftan opağa kaymıştır. Katyonik-anyonik karışım sistemleri için yapılan literatür araştırmalarında aşağıda belirtilen bilgilere rastlanmıştır. Eş molar konsantrasyondaki katyonik-anyonik karışımların çoğunda çökelti meydana gelir. Burada genellikle lameller yapıya sahip yeni bir kat-anyonik YAM meydana gelir [120]. Bu oluşum bir faz olarak oluşur. Oluşan çökelti, YAM'lerden birinin konsantrasyonunun artırılması ile yeniden çözündürülebilir ve böylece tekrar misel oluşumu sağlanabilir. Kat-anyonik çökelti, sadece eş molar bileşimlerin yakınında veya Krafft sıcaklıklarının altındaki örneklerde bulunmasına rağmen doğru karışım bileşenlerinin seçilmesi ile çökelti önlenir. Sonuç olarak, herhangi bir çökelti meydana gelmez. Çökelti yerine büyük miseller veya sıvı kristal faz oluşabilir [121].

SDS ve im12-6-12 kodlu KGYAM karışımının ($X_{SDS}:0.25$) farklı sıcaklıklardaki yüzey gerilimi tayin metodu ile elde edilen KMK değerleri Tablo 55'de verilmiştir. Bu karışım sisteminde kuvvetli bir sinerjik etkinin varlığı gözlenmiştir. Karışımı oluşturan bileşenlerinden SDS'a ait KMK değerleri 20°C için 7.14×10^{-3} , 30°C için 7.40×10^{-3} , 40°C için 8.41×10^{-3} ve 50°C için 9.14×10^{-3} M olarak bulunmuştur. im12-6-12 kodlu KGYAM'nin saf haline ait farklı sıcaklıktaki KMK değerleri ise Tablo 23'de verilmiştir. β değerleri tüm sıcaklıklarda negatif olarak hesaplanmış ve karışım sisteminin farklı sıcaklıklardaki KMK değerleri, karışım sistemini oluşturan SDS ve im12-6-12 kodlu KGYAM'nin KMK değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu sistem, sinerjik etkinin varlığını, gerekli tüm koşulları sağlayarak ortaya koymuştur. β etkileşim parametresinin negatif oluşu, bileşenler arasındaki etkileşimde çekme kuvvetlerinin baskın olduğunu, pozitif oluşu ise bileşenler arasındaki etkileşimde itme kuvvetlerinin baskın olduğunu simgelemektedir. Bu karışım sisteminde, Anyonik-KGYAM'ler arasındaki sinerjik etkinin sebebi; zıt yüklü polar baş grupları arasındaki kuvvetli elektrostatik etkileşimlerdir. Ek olarak, karışık misel oluşumundaki itici güç entropideki büyük artıştır. Bu artışın sebebi ise her iki YAM'ye ait karşıt iyonların serbest bırakılmasıdır [121]. Ayrıca imidazol halkasındaki azotun kuarternize olması ile birlikte en asidik C-H grubuna ait hidrojen ile sülfat grubunun oksijen

atomları arasında meydana gelebilecek hidrojen bağı etkileşimleri de sinerjik etkiye katkı sunmuş olabilir.

İyonik olmayan monomerik türdeki Triton X-100 ile 12-sp2-12 kodlu KGYAM karışım sistemleri 0.25, 0.50 ve 0.75 olacak şekilde üç farklı mol kesrinde gerçekleştirilmiştir. Etkileşimler ile ilgili parametreler Tablo 60'da yer almaktadır. Triton X-100 mol kesrinin artması ile (0.25'den 0.75'e) karışım sisteminde ideallikten sapma gözlenmiştir. $X_{\text{TritonX-100}}$ 0.25 ve 0.50 olduğunda, β değerleri negatif olarak elde edilmiş ve sıcaklığın artması ile bu negatif değerler de artış gözlenmiştir. Fakat çalışılan iki mol kesrinde de elde edilen KMK değerleri, hesaplanan KMK_{ideal} değerlerinden her ne kadar düşük bulunmuş olsa da karışım sistemini oluşturan bileşenlerin kendi KMK değerleri arasında elde edilmiştir. Dolayısıyla, sistemde sinerjik etki oluşumu tam anlamı ile gerçekleşmemiştir.

$X_{\text{TritonX-100}}$ 0.75 olduğu durumda ise diğer mol kesirlerine kıyasla daha negatif bulunan β değerlerine, çalışılan tüm sıcaklıklarda belirlenen KMK değerleri, sinerjik etkileşimin meydana geldiğine dair destekte bulunmuştur. Karışım sisteminin KMK değerleri bu sistemi oluşturan bileşenlerin KMK değerlerinden daha düşük değerlerde elde edilmiştir. Bu sistemlerdeki etkileşimlerin nedeninin farklı türdeki YAM molekülleri arasında meydana gelen çekici etkileşimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Diğer araştırmacılar, bu tür sistemler için iyonik YAM'ler arasına yerleşmiş olan iyonik olmayan YAM moleküllerinin, iyonik YAM baş grupları arasındaki itici güçlerin önüne geçebileceğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte iyonik ve iyonik olmayan YAM molekülleri arasında iyon-dipol etkileşimleri ile ek bir çekici kuvvet oluşumunun gerçekleşebileceğine işaret etmişlerdir [2]. Bu öngörülere ek olarak bağlayıcı gruptaki ester fonksiyonel gruplar ile Triton X-100 arasında gerçekleşebilecek hidrojen bağlarının da bu etkileşime katkı sunduğu düşünülebilir. Meydana gelen bu sinerjik etkileşimin katyonik-anyonik karışım sisteminde gözlenen etkileşimden daha zayıf olduğu söylenebilir. Bu söylemin temeli, katyonik-anyonik karışım sistemindeki KMK değeri azalışının çok daha belirgin gözlenmesi ve β etkileşim parametresi değerlerinin çok daha negatif elde edilmiş olmaslarından kaynaklanmaktadır.

Ticari YAM'lerin belirlenen ortalama agregasyon sayıları Tablo 63'de yer almaktadır. Floresans ölçümleri 30°C'de gerçekleştirilmiştir. CTAB, SDS ve Triton X-100'ün N_{agg} değerleri sırası ile 92, 58 ve 105 olarak belirlenmiştir. Ticari YAM için belirlenen N_{agg} değerlerini literatürdeki diğer çalışma sonuçları da desteklemektedir [122-125]. CTAB ve im14-sp1-14 karışımları ile 0.25, 0.50 ve 0.75 mol kesirlerinde çalışmalar

gerçekleştirilmiştir. İlgili karışımlar için belirlenen N_{agg} değerleri sırası ile 30, 35 ve 44'dür. Karışımı oluşturan bileşenlerin pozitif yüklü polar baş gruplara sahip olması bu baş gruplar arasında itme kuvvetlerinin meydana gelmesine sebep olmuştur. Bu nedenden ötürü de karışım miselleri sıkı istiflenmeyi tercih etmemişlerdir. SDS ve im12-6-12 kodlu KGYAM karışımının tek mol kesrinde gerçekleştirilen çalışmasında N_{agg} değeri 66 olarak bulunmuştur. Karışımın N_{agg} değeri karışımı oluşturan bileşenlerin N_{agg} değerlerinden daha yüksektir ve karışımın oluşturulması ile daha hacimli misellerin meydana geldiğini simgelemektedir. Misel hacimlerindeki artışın en kuvvetli sebebi pozitif ve negatif yüklü polar baş gruplar arasındaki çekici etkileşimlerdir.

Triton X-100 ile im12-sp2-12 KGYAM'sinin üç farklı mol kesrinde gerçekleştirilen karışımlarına ait N_{agg} değerleri $X_{Triton X-100}$ 0.25 için 34, 0.50 için 52 ve 0.75 için 63 olarak belirlenmiştir. İyonik olmayan türdeki Triton X-100 ile im12-sp2-12 kodlu KGYAM arasındaki etkileşimlerin sebebi KGYAM'nin baş grubu ve bağlayıcı grubu ile Triton X-100'ün sahip olduğu eşleşmemiş elektron çifti içeren oksijen atomları arasındaki hidrojen bağlarının oluşumudur. Diğer bir sebep ise Triton X-100'ün sahip olduğu aromatik halkadaki π bağları ile KGYAM arasında gerçekleşen coulomb etkileşimlerdir.

Anyonik, katyonik ve iyonik olmayan ticari YAM'ler ile farklı mol kesirlerinde ve 30°C'de boya çözündürme deneyleri gerçekleştirilmiş ve çözündürme gücü (SP) değerleri (Tablo 65) belirlenmiştir. Monomerik YAM çözeltilerine kıyasla ikili karışım sistemleri ve KGYAM sistemleri Sudan III boyasının çözündürülmesinde daha yüksek SP değeri sergilemişlerdir. Karışım sistemlerinin SP değerlerinin yüksek olması bu misellerin büyük hacimlerinden kaynaklanabilir. KGYAM'ler, CTAB ve Triton X-100 YAM'leri; anyonik YAM SDS'ye kıyasla Sudan III boyası için daha yüksek çözündürme verimliliği sergilemişlerdir. Bu durumun, pozitif yüklü baş gruplar ile Sudan III boyasının π elektronları arasında gerçekleşen etkileşimler nedeni ile olduğu düşünülmektedir. Boyanın π elektronları ile anyonik gruplar arasındaki itici etkileşimler çözündürmenin gerçekleşmesi için uygun değildir.

KGYAM-CTAB karışımlarında baş grupları pozitif yüklü yapıların karışımı gerçekleşeceğinden, bu baş grupları arasında oluşacak elektrostatik itmeler sonucundan sıkı bir istiflenmenin gerçekleşmediğinden bahsetmiştik. Bu durumda nispeten gevşek yapılı karışık misellerin meydana gelmesi ile misel çekirdek alanının büyük olması sebebi ile çekirdekte bulunan bileşiğin çözünürlüğü arttırılmıştır. Mutlak β değeri daha yüksek olan karışık YAM sistemlerinde, misel yoğun bir şekilde paketlenir ve çözünme kabiliyetini

azaltabilir, ancak karışım sisteminin azaltılmış KMK'nu çözüldürmeyi artıran misellerin sayısını arttırdığından SP değerleri yüksek çıkmıştır. Karışım sistemlerindeki etkileşimlerin yanında boyanın misel içerisindeki çözünme bölgesinin de SP sonuçları üzerinde önemli etkiye sahip olduğu düşünülmüştür. Genel olarak karışım sistemleri ile gerçekleştirilen çözüldürme çalışmaları etkili veriler ile sonuçlanmıştır.



5. ÖNERİLER

İlgili tez çalışmasında sentezlenen KGYAM'lerin saf hallerine ve ticari YAM'ler ile farklı mol kesirlerindeki karışım sistemlerine ait fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu KGYAM'lerin sahip oldukları fizikokimyasal özellikler üzerine organik/ inorganik tuzların ve organik çözücü etkilerinin araştırılması ve bu karışım sistemlerinde oluşan etkileşim türlerinin belirlenmesini içeren çalışmalar gerçekleştirilebilir.

KGYAM'lerin imidazol halkalarını ve hidrokarbon zincirlerini içermeleri ve suda çözünebilme özelliğine sahip olmaları nedeni ile biyolojik aktivite çalışmalarında lipaz inhibitörü olarak kullanılabilme potansiyellerine sahip oldukları düşünülmektedir.

Emülsiyonlar oluşturulurken kullanılan emülsifiyerin yapısı kadar emülsiyon oluşturma prosesi ve yardımcı maddeler de önemlidir. Uygun emülsiyon oluşturma teknikleri kullanılarak yukarıda bahsedilen KGYAM'ler ile ileride yapılabilecek çalışmalar için mikro veya nano saydam emülsiyonlar elde edilebileceği ve bu emülsiyonların çok yüksek kararlılığa sahip olabileceği öngörüsündeyiz.

Düşük N_{agg} sergilemeleri sebebi ile KGYAM'lerin oluşturdukları misellerin nano boyutta olduğu düşünülmektedir. TEM ile gerçekleştirilecek çalışmalar ile misel şekillerinin ve boyutlarının tanımlanması ile birlikte suda çözünme özelliği az olan veya çözünme özelliği hiç sergilemeyen ilaç etken maddeler için taşıyıcı sistem olarak kullanılabilme özellikleri incelenebilir.

Çalışma materyali olarak kullanılan KGYAM'ler aynı monomerik parçaların bir bağlayıcı grup ile birleştirilmesi sonucu elde edilmiştir. Diğer bir ifade ile aynı zincir uzunluğuna sahip monomerik parçalar birleştirilerek simetrik olarak elde edilmişlerdir. İleriki çalışmalarda bu kuyruk kısmını oluşturan zincir uzunlukları farklı olacak şekilde heterogemini yapıları KGYAM'ler sentezlenebilir ve bu farklılıkların fizikokimyasal özellikler üzerine etkileri araştırılabilir.

6. KAYNAKLAR

1. Batıgöç, Ç., Yüzey Aktif Maddelerin Etkileşimlerinin ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2010.
2. Lee, Y., S., Self-Assembly and Nanotechnology A Force Balance Approach, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey, 2008.
3. Sarıkaya, İ., Bilgen, S. ve Akbaş, H., Investigation of Mixing Behavior of both a Conventional Surfactant and Different Inorganic Salts with a Cationic Gemini Surfactant in Aqueous Solution, Journal of Surfactants and Detergents, 22 (2019) 1319–1330.
4. Alam, M.S., Nareshkumar, V., Vijayakumar, N., Madhavan, K. ve Mandal, A.B., Effect of additives on the cloud point of mixed surfactant (non-ionic Triton X-114 + cationic gemini 16-6-16) solutions, Journal of Molecular Liquids, 194 (2014) 206–211.
5. Khan, F., Siddiqui, U.S., Rub, M.A., Khan, I.A. ve Kabir-ud-Din., Micellization and interfacial properties of cationic gemini surfactant (12–4–12) in the presence of additives in aqueous electrolyte solution: A tensiometric study, Journal of Molecular Liquids, 191 (2014) 29–36.
6. Myers, D., Surfactant Science and Technology, Third Edition, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, New Jersey, 2006.
7. Hepworth, P., Chemistry and Technology of Surfactants, Farn, R.J., First Edition, 133, Blackwell Publishing Ltd., UK, 2006.
8. Rosen, M., J., Surfactants and Interfacial Phenomena, Third Edition, 16, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey, 2004.
9. Hibbs, J., Chemistry and Technology of Surfactants, First Edition, 91, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2006.
10. Schmitt, T., M., Analysis of Surfactant, Second Edition, Marcel Dekker Inc., New York, 2001.
11. Schramm, L.L., Stasiuk, E.N. ve Marangoni, D., G., Surfactants and their applications, Annual Reports Section C, 99 (2003) 3–48.
12. Ao, M., Xu, G., Zhu, Y. ve Bai, Y., Synthesis and properties of ionic liquid-type Gemini imidazolium Surfactants, Journal of Colloid and Interface Science, 326 (2008) 490–495.
13. Bhadani, A. ve Singh, S., Synthesis and Properties of Thioether Spacer Containing Gemini Imidazolium Surfactants, Langmuir, 27 (2011) 14033–14044.

14. Bhadani, A., Singh, S., Kamboj, R. ve Chauhan V., Synthesis and self aggregation properties of ester-functionalized heterocyclic pyrrolidinium surfactants, Colloid and Polymer Science, 291 (2013) 2289–2297.
15. Bhadani, A., Kataria, H. ve Singh, S., Synthesis, characterization and comparative evaluation of phenoxy ring containing long chain gemini imidazolium and pyridinium amphiphiles, Journal of Colloid and Interface Science, 361 (2011) 33-41.
16. Zhuang, L.H., Yu, K.H., Wang, G.W. ve Yao, C., Synthesis and properties of novel ester-containing gemini imidazolium surfactants, Journal of Colloid and Interface Science, 408 (2013) 94–100.
17. Anderson, J.L., Ding, R., Ellern, A. ve Armstrong, D.W., Structure and Properties of High Stability Geminal Dicationic Ionic Liquids, Journal of the American Chemical Society, 127 (2005) 593-604.
18. Shen, J., Song, L., Xin, X., Wu, D., Wang, S., Chen, R. ve Xu, G., Self-assembled supramolecular hydrogel induced by γ -cyclodextrin and ionic liquid-type imidazolium gemini surfactant, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 509 (2016) 512–520.
19. Ao, M., Huang, P., Xu, G., Yang, X. ve Wang, Y., Aggregation and thermodynamic properties of ionic liquid-type gemini imidazolium surfactants with different spacer length, Colloid and Polymer Science, 287 (2009) 395–402.
20. Adak, S., Datta, S., Bhattacharya, S. ve Banerjee, R., Role of spacer length in interaction between novel gemini imidazolium surfactants and *Rhizopus oryzae* lipase, International Journal of Biological Macromolecules, 81 (2015) 560–567.
21. Sadanandhan, A.M., Khatri, P.K. ve Jain, S.L., A novel series of cyclophosphazene derivatives containing imidazolium ionic liquids with variable alkyl groups and their physicochemical properties, Journal of Molecular Liquids, 295 (2019) 111722.
22. Bhadani, A., Misono, T., Singh, S., Sakai, K., Sakai, H. ve Abe, M., Structural diversity, physicochemical properties and application of imidazolium surfactants: Recent advances, Advances in Colloid and Interface Science, 231 (2016) 36–58.
23. Gecol, H., Chemistry and Technology of Surfactants, Farn, R.J., First Edition, 24, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2006.
24. Geçgel, Ü., Polimer-Surfaktant Etkileşimi, Doktora Tezi, T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2008.
25. Holmberg, K., Jönsson, B., Kronberg, B. ve Lindman, B., Surfactants and Polymers in Aqueous Solution, Second Edition, A John Wiley & Sons Inc. Publication, London, 2002.
26. Lakowicz, J., R., Principles of Fluorescence Spectroscopy, Library of Congress Cataloging in Publication Data, London, 1983.

27. Piñeiro, L., Novo, M. ve Al-Soufi, W., Fluorescence Emission of Pyrene in Surfactant Solutions, Advances in Colloid and Interface Science, 1 (2015) 1-12.
28. Tummino, P.J. ve Gafni, A., Determination of the aggregation number of detergent micelles using steady-state fluorescence quenching, Biophysical Society, 64 (1993) 1580-1587.
29. ISO 4311, Anionic and non-ionic surface active agents-Determination of critical micellization-Method by measuring surface tension with a plate, stirrup or ring, Institute of Standards and Industrial Research of Iran, First Edition, June, 1979.
30. Evans, H.C., Alkyl sulphates. Part 1. Critical micelle concentrations of the sodium salts, Journal of the Chemical Society, 78 (1956) 579-86.
31. Schick, M.J., Surface film of nonionic detergents. I. Surface tension study, Journal of Colloid and Interface Science, 17 (1962) 801-13.
32. Ray, A. ve Nemethy, G., Effects of ionic protein denaturants on micelle formation by nonionic detergents, Journal of the American Chemical Society, 93,25 (1971) 6787-93.
33. Schick, M.J. ve Fowkes, F.M., Foam stabilizing additives for synthetic detergents, Interaction of additives and detergents in mixed micelles. The Journal of Physical Chemistry A, 61 (1957) 1062-68.
34. Tadros, T., F., Applied Surfactants Principles and Applications, First Edition, Wiley-Vch Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 2005.
35. Clint, J., H., Surfactant Aggregation, Springer Science+Business Media, New York, 1992.
36. Ali, A., Farooq, U., Uzair, S. ve Patel, R., Conductometric and tensiometric studies on the mixed micellar systems of surface-active ionic liquid and cationic surfactants in aqueous medium, Journal of Molecular Liquids, 223 (2016) 589-602.
37. Holland, P.M. ve Rubingh, D.N., Mixed Surfactant Systems An Overview, Journal of the American Chemical Society, 501 (1992) 2-30.
38. Farooq, U., Ali, A., Patel, R. ve Malik, N.A., Self-aggregation of ionic liquid- ationic surfactant mixed micelles in water and in diethylene glycol-water mixtures: Conductometric, tensiometric, and spectroscopic studies, Journal of Molecular Liquids, 234 (2017) 452-462.
39. Akbaş, H., Kocaoğlu, S., Boz, M. ve Dikmen, A., A novel cationic Gemini surfactant with amide group: synthesis and micellization behavior in aqueous solutions, Colloid and Polymer Science, 294 (2016) 1439-1451.

40. Bhattarai, A., Studies of the Micellization of Cationic–Anionic Surfactant Systems in Water and Methanol–Water Mixed Solvents, Journal of Solution Chemistry, 44 (2015) 2090–2105.
41. Pal, A. ve Punia, R., Effect of chain length and counter-ion on interaction study of mixed micellar system of isoquinoline-based surface active ionic liquid and cationic surfactants in aqueous medium, Colloid and Polymer Science, 297 (2019) 1541–1557.
42. Zana, R. ve Xia, J., Gemini Surfactants Synthesis, First Edition, Marcel Dekker Inc., New York, 2003.
43. Cates, M.E. ve Candau, S.J., Statics and Dynamics of Worm- like Surfactant Micelles, Journal of Physics: Condensed Matter, 2 (1990) 68-69.
44. Hassan, S., Rowe, W. ve Tiddy, G.J.T., Surfactant Liquid Crystals, Handbook of Applied Surface and Colloid Chemistry, 1, 465 – 508, John Wiley & Sons, Manchester, 2002.
45. Kato, T., Microstructures of Nonionic Surfactant- Water Systems: From Dilute Micellar Solution to Liquid Crystal Phase, Surfactant Science Series, Second Edition, Marcel Dekker, 2003.
46. Piispanen, P., S., Synthesis and Characterization of Surfactants Based on Natural Products, PhD Thesis, Kungl Tekniska Högskolan, Stockholm, 2002.
47. McBain, J.W. ve Swain, R.C., Measurements of adsorption at the air–water interface by the microtome method, Proceedings of the Royal Society A, 154 (1936) 608–23.
48. Wilson, A., Epstein, M.B. ve Ross, J., The adsorption of sodium lauryl sulfate and lauryl alcohol at the air–liquid interface, Journal of Colloid and Interface Science, 12 (1957) 345–55.
49. Nilsson, G., The adsorption of tritiated sodium dodecyl sulfate at the solution surface measured with a windowless, high humidity gas flow proportional counter, The Journal of Physical Chemistry A, 61 (1957) 1135–42.
50. Aiad, I., Emam, D., El-Deeb, A. ve Abd-Alrahman, E., Novel Imidazolium-Based Gemini Surfactants: Synthesis, Surface Properties, Corrosion Inhibition and Biocidal Activity Against Sulfate-Reducing Bacteria, Journal of Surfactants and Detergents, 16 (2013) 927–935.
51. Ibatullina, M.R., Zhil'tsova, E.P., Lukashenko, S.S., Anuar, M.M., Kuttyreva, M.P. ve Zakharova, L.Y., Krafft Temperature of 1-Alkyl-4-Aza-1-Azoniabicyclo[2.2.2]octane Bromide Complexes with Transition Metal Salts, Russian Journal of Physical Chemistry A, 92,4 (2018) 799–803.
52. Bakshi, M.S. ve Sood, R., Cationic surfactant–poly(amido amine) dendrimer interactions studied by Krafft temperature measurements, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 233 (2004) 203–210.

53. Roy, J.C. ve Aktaruzzaman, M.N.I.G., The Effect of NaCl on the Krafft Temperature and Related Behavior of Cetyltrimethylammonium Bromide in Aqueous Solution, Journal of Surfactants and Detergents, 17 (2014) 231–242.
54. Adıgüzel, R., Heteroatom içeren ligandların metal komplekslerinin sentezi ve kompleksleşmeye yüzey aktif madde misellerinin etkisinin incelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, Ankara, 2008.
55. Rosen, M., J., Surfactants and Interfacial Phenomena, Fourth Edition, A John Wiley & Sons Inc. Publication, New York, 2012.
56. Singh, R., Solubilization of Organic Dyes in Surfactant Micelles, Chalmers University of Technology Gothenburg, Master Thesis, Sweden, 2012.
57. Tehrani-Bagha, A.R. ve Holmberg, K., Solubilization of Hydrophobic Dyes in Surfactant Solutions, Materials, 6 (2013) 580-608.
58. Tadros, T.F., Emulsion Formation, Stability, and Rheology, Emulsion Formation and Stability, First Edition, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Published, Weinheim, 2013.
59. Mohamed, A.I.A., Sultan, A.S., Hussein, I.A. ve Al-Muntasheri, G.A., Influence of Surfactant Structure on the Stability of Water-in-Oil Emulsions under High-Temperature High-Salinity Conditions, Hindawi Journal of Chemistry, 5471376 (2017) 1-11.
60. Schmiedel, P. ve Rybinski, W., V., Chemistry and Technology of Surfactants, Farn, R.J., First Edition, 69, Blackwell Publishing Ltd., Oxford, 2006.
61. Adheeb Usaid, A.S., Premkumar, J. ve Ranganathan, T.V., Emulsion and it's Applications in Food Processing – A Review, International Journal of Engineering Research and Applications, 4,4 (2014) 241-2.
62. Smulders, E., Rahse, W., Rybinski, V., Steber, W.J., Sung, E. ve Wiebel, F., Laundry Detergents, First Edition, Wiley-VCH & Verlag GmbH., Hilden, 2002.
63. Prud'homme, R. ve Khan, S., A., Foams: Theory, Measurements and Applications, Surfactant Science Series, 57, Dekker, New York, 1996.
64. Kronberg, B., Holmberg, K. ve Lindman, B., Surface Chemistry of Surfactants and polymers, First Edition, 26 September 2014, John Wiley & Sons, Ltd. United Kingdom.
65. Boz, M. ve Baştürk, S.S., Phase Transfer Catalysis with Quaternary Ammonium Type Gemini Surfactants: O-Alkylation of Isovannillin, Journal of Surfactants and Detergents, 19 (2016) 663–671.

66. Vautier-Giongo, C. ve Bales, B.L., Estimate of the Ionization Degree of Ionic Micelles Based on Krafft Temperature Measurements, The Journal of Physical Chemistry B, 107 (2003) 5398-5403.
67. Singh, S., Parikh, K., Kumar, S., Aswal, V.K. ve Kumar, S., Spacer nature and composition as key factors for structural tailoring of anionic/cationic mixed gemini micelles: Interaction and solubilization studies, Journal of Molecular Liquids, 279 (2019) 108–119.
68. Luo, S., Jiang, N. ve Wang, Y., Effects of Molecular Structure and Temperature on Micellization of Cationic Ammonium Gemini Surfactants in Aqueous Solution, Journal of Surfactants and Detergents, 22 (2019) 431–439.
69. Li, Y., Lai, L., Mei, P., Zhang, W.X., Li, Y.H., Cheng, L., Wang, Y.Q. ve Liu, Y., Surface properties and solubility enhancement of Gemini/conventional surfactant mixtures based on sulfonate Gemini surfactant, Journal of Molecular Liquids, 276 (2019) 488–496.
70. Parikh, K., Mistry, B., Jana, S., Gajaria, T., Gupta, S., Devkar, R.V. ve Kumar, S., Isosorbide spacer containing gemini surfactants: surface and biochemical study, Colloid and Polymer Science, 293 (2015) 1437-1446.
71. Rosen, M.J. ve Aronson, S., Standard free energies of adsorption of Surfactants at the aqueous solution/air interface from surface tension data in the vicinity of the critical micelle concentration, Colloids and Surfaces, 3 (1981) 201-208.
72. Turro, N.J. ve Yekta, A., Luminescent Probes for Detergent Solutions. A Simple Procedure for Determination of the Mean Aggregation Number of Micelles, Journal of the American Chemical Society, 100 (1978) 18.
73. Ansari, W.H., Fatma, N., Panda, M. ve Kabir-ud-Din., Solubilization of polycyclic aromatic hydrocarbons by novel biodegradable cationic gemini surfactant ethane-1,2-diyl bis(N,N-dimethyl-N-hexadecylammoniumacetoxo) dichloride and its binary mixtures with conventional Surfactants, Soft Matter, 9 (2013) 1478–1487.
74. Kothekar, S.C., Ware, A.M., Waghmare, J.T. ve Momin, S.A., Comparative Analysis of the Properties of Tween-20, Tween-60, Tween-80, Arlacel-60, and Arlacel-80, Journal of Dispersion Science and Technology, 28 (2007) 477-484.
75. Negm, N.A. ve Tawfik, S.M., Characterization, surface properties and biological activity of some synthesized anionic Surfactants, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20 (2014) 4463-4472.
76. Sayed, G.H., Ghuiba, F.M., Abdou, M.I., Badr, E.A., Tawfik, S.M. ve Negm, N.A.M., Synthesis, Surface, Thermodynamic Properties of Some Biodegradable Vanillin-Modified Polyoxyethylene Surfactants, Journal of Surfactants and Detergents, 15 (2012) 735–743.

77. Clinical and Laboratory Standards Institute. Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. Approved Standard-Ninth Edition. CLSI document M07-A9, Wayne, PA, 2012.
78. Hirata, H., Ohira, A. ve Iimura, N., Measurements of the Krafft Point of Surfactant Molecular Complexes: Insights into the Intricacies of Solubilization, Langmuir, 12 (1996) 6044.
79. Patra, N., Mal, A., Dey, A. ve Ghosh, S., Influence of solvent, electrolytes, β -CD, OTAB on the krafft temperature and aggregation of sodium tetradecyl sulfate, Journal of Molecular Liquids, 280 (2019) 307-313.
80. Sharker, K.K., Islam, M.N. ve Das, S., Counterion Effect on Krafft Temperature and Related Properties of Octadecyltrimethylammonium Bromide, Journal of Surfactants and Detergents, 20 (2017) 923–932.
81. Davey, T.W., Ducker, W.A., Hayman, A.R. ve Simpson, J., Krafft Temperature Depression in Quaternary Ammonium Bromide Surfactants, Langmuir, 14 (1998) 3210-3213.
82. Zana, R., Alkanediyl- α,ω -bis(dimethylalkylammonium bromide) Surfactants: II. Krafft Temperature and Melting Temperature, Journal of Colloid and Interface Science, 252 (2002) 259–261.
83. Noori, S., Naqvi, A.Z., Ansari, W.H., Akram, M. ve Kabir-ud-Din., Synthesis ve Investigation of Surface Active Properties of Counterion Coupled Gemini Surfactants, Journal of Surfactants and Detergents, 17 (2014) 409-417.
84. Islam, M.M., Rahman, M.R. ve Islam, M.N., Micellization Behavior and Thermodynamic Properties of N-Alkyl Trimethylammonium Bromide Surfactants in aqueous media at different temperatures, International Journal of Scientific and Engineering Research, 6,1 (2015) 1508-1516.
85. Zana, R., Dimeric (Gemini) Surfactants: Effect of the Spacer Group on the Association Behavior in Aqueous Solution, Journal of Colloid and Interface Science, 248 (2002) 203–220.
86. Bakshi, M.S. ve Singh, K., Synergistic interactions in the mixed micelles of cationic gemini with zwitterionic surfactants: Fluorescence and Krafft temperature studies, Journal of Colloid and Interface Science, 287 (2005) 288–297.
87. Jaeger, D.A., Wang, Y. ve Pennington, R.L., Pyrophosphate-Based Gemini Surfactants, Langmuir, 18 (2002) 9259-9266.
88. Song, B., Zhao, J., Wang, B. ve Jiang, R., Synthesis and self-assembly of new light-sensitive Gemini Surfactants containing an azobenzene group, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 352 (2009) 24–30.

89. Zhou, M., Zhao, J. ve Hu, X., Synthesis of Bis[N,N0-(alkylamideethyl)ethyl] Triethylenediamine Bromide Surfactants and Their Oilfield Application Investigation, Journal of Surfactants and Detergents, 15 (2012) 309–315.
90. Quagliotto, P., Viscardi, G., Barolo, C., Barni, E., Bellinvia, S., Fisicaro, E. ve Compari, C., Gemini Pyridinium Surfactants: Synthesis and Conductometric Study of a Novel Class of Amphiphiles, The Journal of Organic Chemistry, 68 (2003) 7651-7660.
91. Ren, C., Wang, F., Zhang, Z., Nie, H., Li, N. ve Cui, M., Synthesis, surface activity and aggregation behavior of Gemini imidazolium surfactants 1,3-bis(3-alkylimidazolium-1-yl) propane bromide, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 467 (2015) 1–8.
92. Bhadani, A., Endo, T., Sakai, K., Sakai, H. ve Abe, M., Synthesis and dilute aqueous solution properties of ester functionalized cationic gemini surfactants having different ethylene oxide units as Spacer, Colloid and Polymer Science, 292 (2014) 1685–1692.
93. Zhao, X., Liang, W., An, D. ve Ye, Z., Synthesis and properties of tetrasiloxane Gemini imidazolium Surfactants, Colloid and Polymer Science, 294 (2016) 491–500.
94. Nagarajan, R., Self-assembly: from surfactants to nanoparticles, First Edition, John Wiley & Sons Inc., Massachusetts, 2019.
95. Koya, P.A., Kabir-ud-Din ve Ismail, K., Micellization and Thermodynamic Parameters of Butanediyl-1,4-bis(tetradecyldimethylammonium Bromide) Gemini Surfactant at Different Temperatures: Effect of the Addition of 2-Methoxyethanol, Journal of Solution Chemistry, 41 (2012) 1271–1281.
96. Ali, H., Niazi, A., Baloch, M.K., Durrani, G.F., Rauf, A. ve Khan, A., Effect of Temperature, Polymer, and Salts on the Interfacial and Micellization Behavior of 3-Dodecyl-1-Methyl-1H-Imidazol-3-ium-Bromide: A Dispersion of a Long-Chain Ionic Liquid, Journal of Dispersion Science and Technology, 36 (2015) 723–730.
97. Molla, M.R., Rana, S., Rub, M.A., Ahmed, A. ve Hoque, M.A., Conductometric Probe Analysis of the Effect of Benzyltrimethylhexadecylammonium Chloride on the Micellization Behavior of Dodecyltrimethylammonium Bromide in Aqueous/Urea Solution: Investigation of Concentration and Temperature Effect, Journal of Surfactants and Detergents, 21 (2018) 231–246.
98. Łudzik, K., Kustrzepa, K. ve Piekarski, H., Thermodynamics of Micelle Formation of Gemini Surfactants Hexylene-1,6-bis(dimethyloctylammonium bromide) and Dodecylene-1,12-bis(dimethyloctylammonium bromide) by Electric Conductance Measurements, Journal of Chemical & Engineering Data, 59 (2014) 4165–4172.
99. Baltazar, Q.Q., Chandawalla, J., Sawyer, K. ve Anderson, J.L., Interfacial and micellar properties of imidazolium-based monocationic and dicationic ionic liquids, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 302 (2007) 150–156.

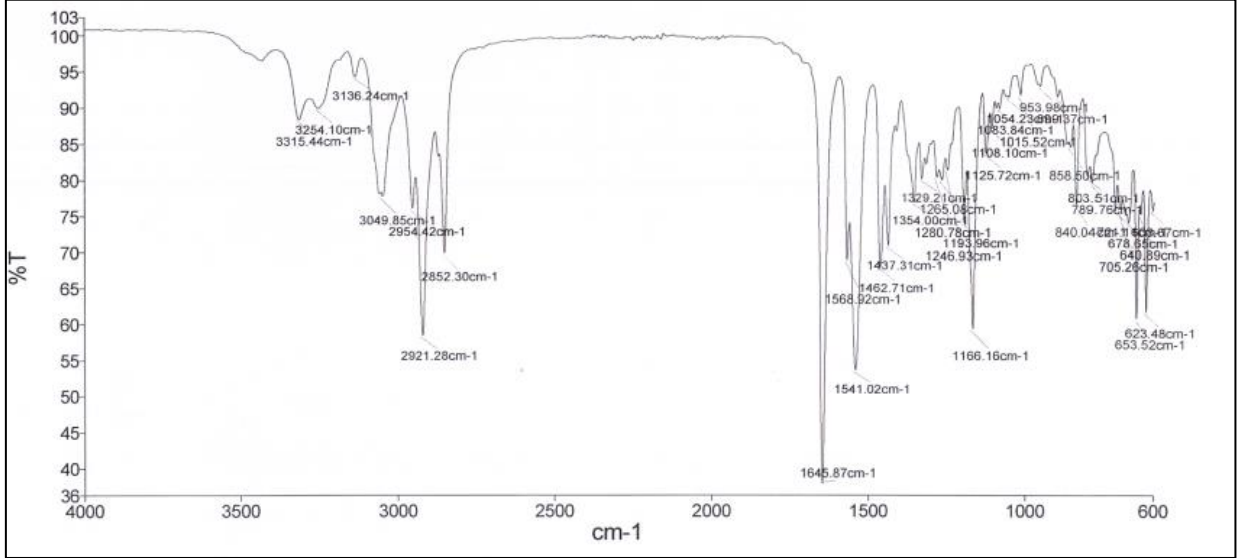
100. Kamboj, R., Singh, S. ve Chauhan, V., Synthesis, characterization and surface properties of N-(2-hydroxyalkyl)-N-(2-hydroxyethyl)imidazolium Surfactants, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 441 (2014) 233–241.
101. Chauhan, V., Singh, S. ve Bhadani, A., Synthesis, characterization and surface properties of long chain -hydroxy-alkyloxy-N-methylimidazolium Surfactants, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 395 (2012) 1–9.
102. Zhong, X., Guo, J., Fu, S., Zhu, D. ve Peng, J., Synthesis, Surface Property and Antimicrobial Activity of Cationic Gemini Surfactants Containing Adamantane and Amide Groups, Journal of Surfactants and Detergents, 17 (2014) 943–950.
103. Xie, Y., Li, J., Zhu, R., Sun, T. ve Qu, G., Synthesis, Surface Activity, Thermodynamic Parameters, and Performance Evaluation of Branched Carboxylate Gemini Surfactants, Journal of Surfactants and Detergents, 22 (2019) 421–430.
104. Zhou, T. ve Xu, G., Ionic Liquid-Based Surfactant Science, Edited by Bidyut, K.P., John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, 2015.
105. Patial, P., Shaheen, A. ve Ahmad, I., Gemini Pyridinium Surfactants: Synthesis and Their Surface Active Properties, Journal of Surfactants and Detergents, 17 (2014) 929–935.
106. Bhadani, A. ve Singh, S., Novel Gemini Pyridinium Surfactants: Synthesis and Study of Their Surface Activity, DNA Binding, and Cytotoxicity, Langmuir, 25 (2009) 11703–11712.
107. Brycki, B., Szulc, A., Koenig, H. ve Kowalczyk, I., Effect of the alkyl chain length on micelle formation for bis(N-alkyl-N,N-dimethylethylammonium)ether dibromides, Comptes Rendus Chimie, 22 (2019) 386–392.
108. Irfan, M., Usman, M., Mansha, A., Rasool, N., Ibrahim, M., Rana, U.A., Siddiq, M., Zia-Ul-Haq, M., Jaafar, H.Z.E. ve Khan, S.U.D. Thermodynamic and Spectroscopic Investigation of Interactions between Reactive Red 223 and Reactive Orange 122 Anionic Dyes and Cetyltrimethyl Ammonium Bromide (CTAB) Cationic Surfactant in Aqueous Solution, Hindawi Publishing Corporation Scientific World Journal, 540975 (2014) 1-8.
109. Zhang, Z., Zheng, P., Guo, Y., Yang, Y., Chen, Z., Wang, X., An, X. ve Shen, W., The effect of the spacer rigidity on the aggregation behavior of two ester-containing Gemini Surfactants, Journal of Colloid and Interface Science, 379 (2012) 64–71.
110. Wang, X., Wang, J., Wang, Y. ve Yan, H., Effect of the Nature of the Spacer on the Aggregation Properties of Gemini Surfactants in an Aqueous Solution, Langmuir, 20 (2004) 53-56.
111. Wandruszka, R.V., Luminescence of Micellar Solutions, Critical Reviews in Analytical Chemistry, 23,3 (1992) 187-215.

112. Feng, S., Studies on Drug Solubilization Mechanism in Simple Micelle Systems. Lexington, University of Kentucky, Doctor of Philosophy in the College of Pharmacy at the University of Kentucky, PhD thesis, Kentucky, 2009.
113. Tawfik, S.M., Abd-Elaal, A.A., Shaban, S.M. ve Roshdy, A.A., Surface, thermodynamic and biological activities of some synthesized Gemini quaternary ammonium salts based on polyethylene glycol, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 30 (2015) 112–119.
114. EL-Sukkary, M.M.A., Ismail, D.A., Rayes, S.M.E. ve Saad, M.A., Synthesis, characterization and surface properties of amino-glycopolysiloxane. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 20 (2014) 3342–3348.
115. Tawfik, S.M., Synthesis, surface, biological activity and mixed micellar phase properties of some biodegradable gemini cationic surfactants containing oxycarbonyl groups in the lipophilic part, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 28 (2015) 171–183.
116. Alam, M.S., Siddiq, A.M., Natarajan, D., Kiran, M.S. ve Baskar, G., Physicochemical properties and bioactivity studies of synthesized counterion coupled (COCO) gemini surfactant, 1,6- is(N,Nhexadecyldimethylammonium) adipate, Journal of Molecular Liquids, 273 (2019) 16–26.
117. Aguiar, J., Carpena, P., Molina-Bolívar, J.A. ve Carnero Ruiz, C., On the determination of the critical micelle concentration by the pyrene 1:3 ratio method, Journal of Colloid and Interface Science, 258 (2003) 116–122.
118. Mohr, A., Talbiersky, P., Korth, H.G., Sustmann, R., Boese, R., Blaser, D. ve Rehage, H., A New Pyrene-Based Fluorescent Probe for the Determination of Critical Micelle Concentrations, The Journal of Physical Chemistry B, 111 (2007) 12985-12992.
119. Regev, O. ve Zana, R., Aggregation Behavior of Tyloxapol, a Nonionic Surfactant Oligomer, in Aqueous Solution, Journal of Colloid and Interface Science, 210 (1999) 8–17.
120. Marques, E.F., Regev, O., Khan, A. ve Lindman, B., Self-organization of double-chained and pseudodouble-chained surfactants: counterion and geometry effects, Advances in Colloid and Interface Science, 100,102 (2003) 83-104.
121. Jurašin, D., D., Šegota, S., Čadež, V., Selmani, A. ve Sikirć, M., D., Application and Characterization of Surfactants, Recent Advances in Catanionic Mixtures, Chapter 2, Edited by Reza Najjar, IntechOpen, Iran, 2017.
122. Pal, A. ve Pillania, A., Effect of trisubstituted imidazolium based ionic liquid 1-butyl-2,3-dimethylimidazolium chloride on the aggregation behaviour of sodium dodecylsulphate in aqueous media, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 452 (2014) 18–24.

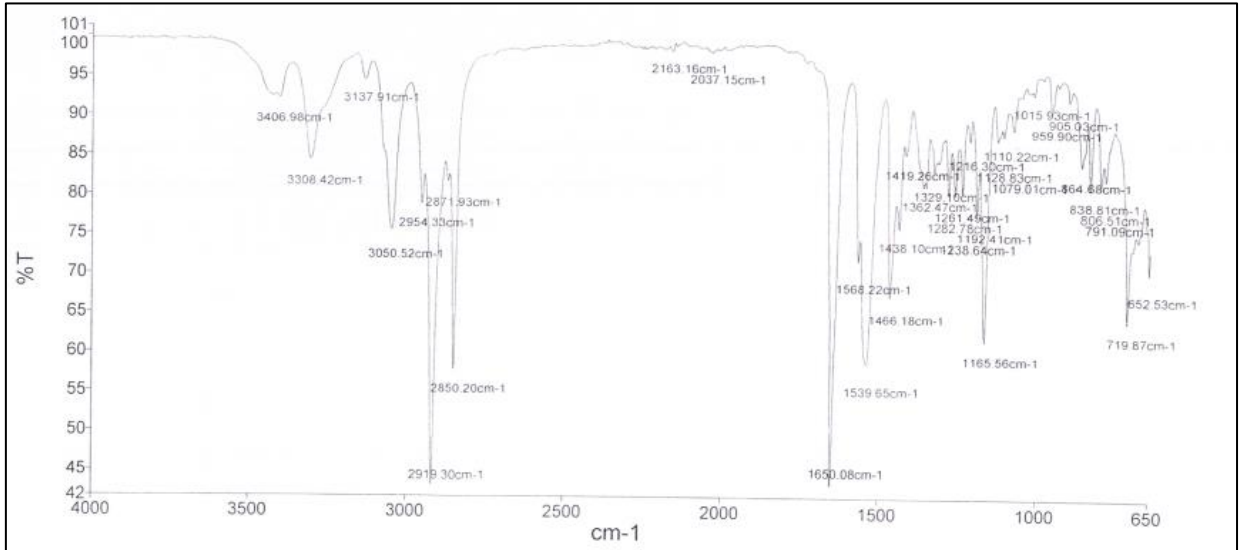
123. Behera, K., Dahiya, P. ve Pandey, S., Effect of added ionic liquid on aqueous Triton X-100 micelles, Journal of Colloid and Interface Science, 307 (2007) 235–245.
124. Anachkov, S.E., Danov, K.D., Basheva, E.S., Kralchevsky, P.A. ve Ananthapadmanabhan, K.P., Determination of the aggregation number and charge of ionic surfactant micelles from the stepwise thinning of foam films, Advances in Colloid and Interface Science, 183,184 (2012) 55–67.
125. Ahmad, Z., Siddiq, M., Khan, A.M. ve Shah, A., Fluorescence Investigations of the Association of PEO-PBO-PEO Triblock Copolymers in the Presence of Ionic Surfactants SDS and CTAB, Advances in Research, 2,2 (2014) 70-79.



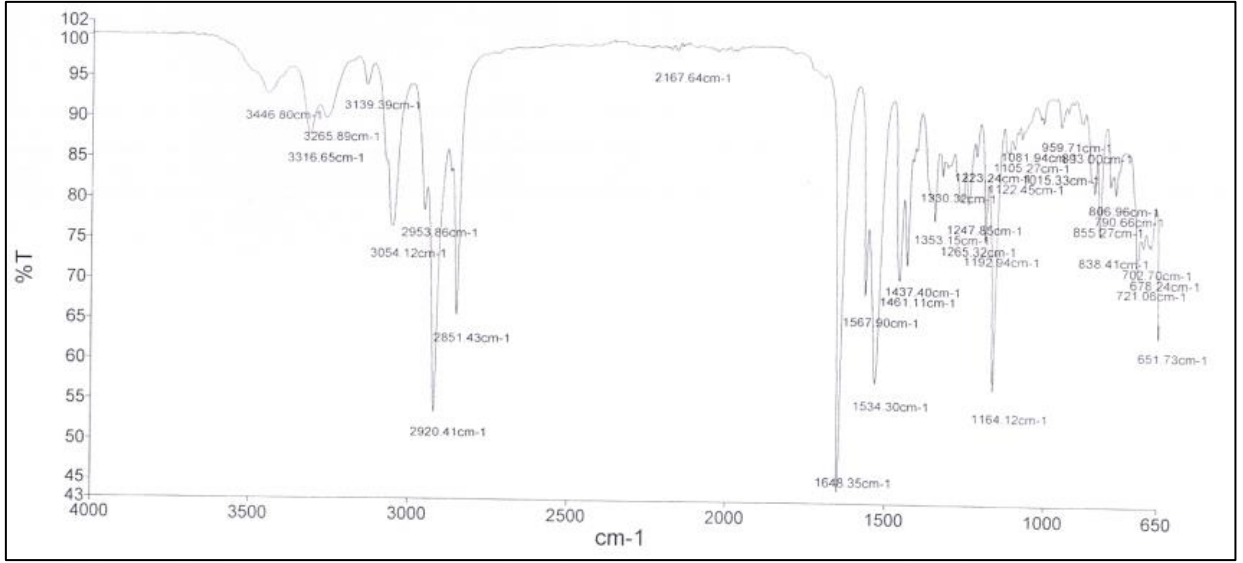
7. EKLER



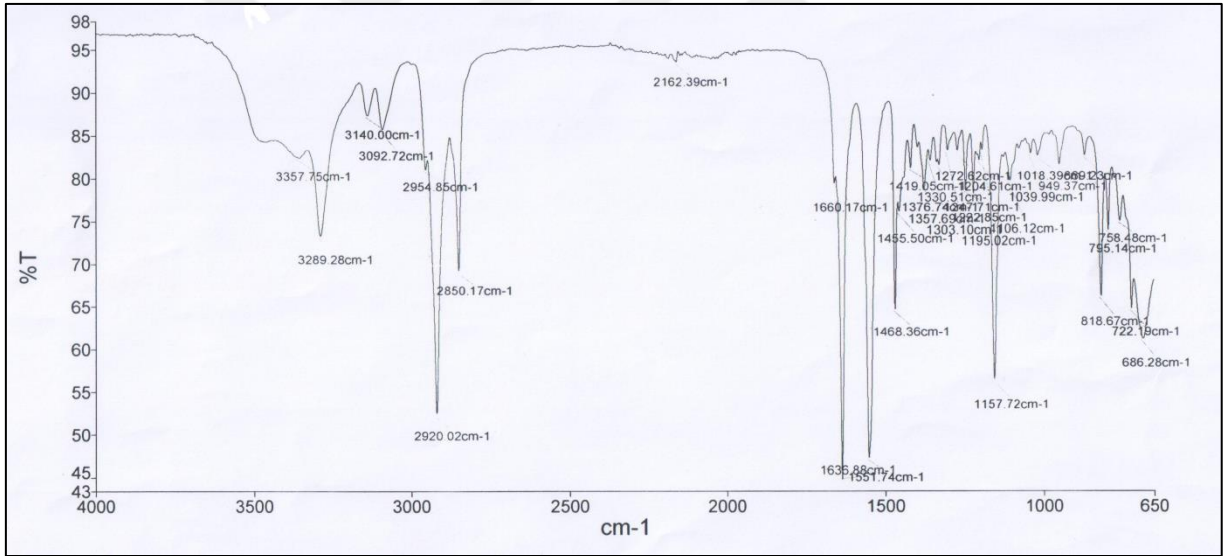
Ek Şekil 1. im10-4-10 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{max} , cm^{-1})



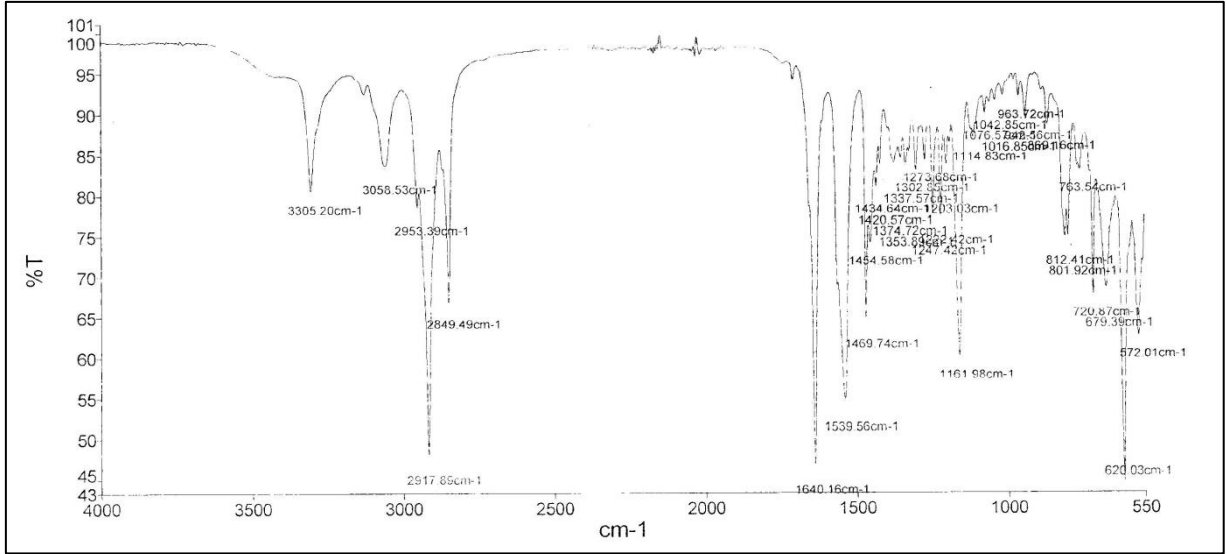
Ek Şekil 2. im12-4-12 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{max} , cm^{-1})



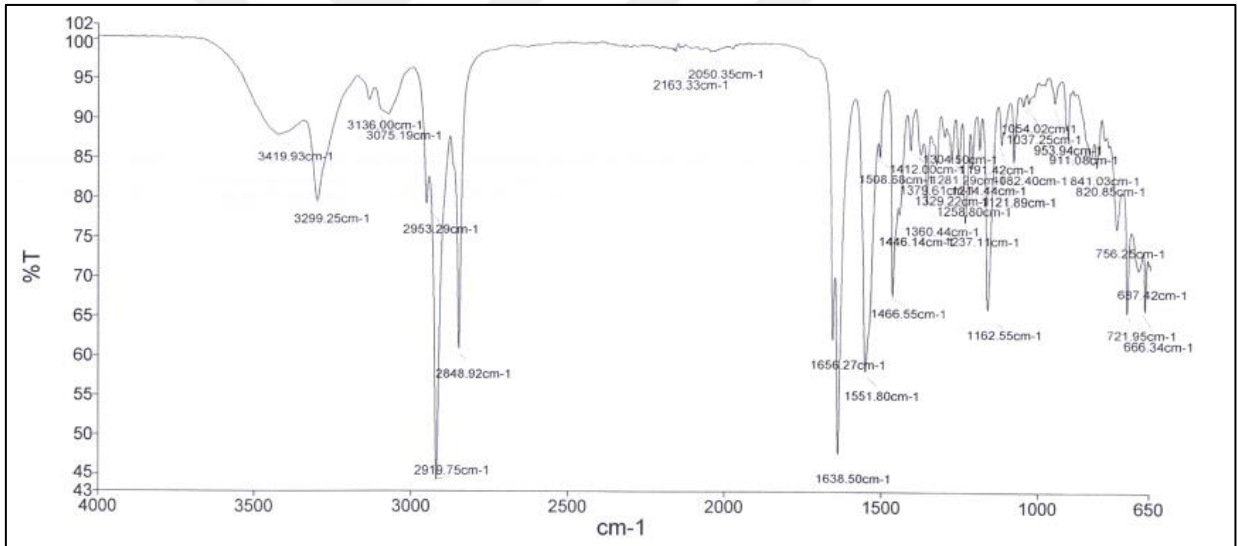
Ek Şekil 3. im14-4-14 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



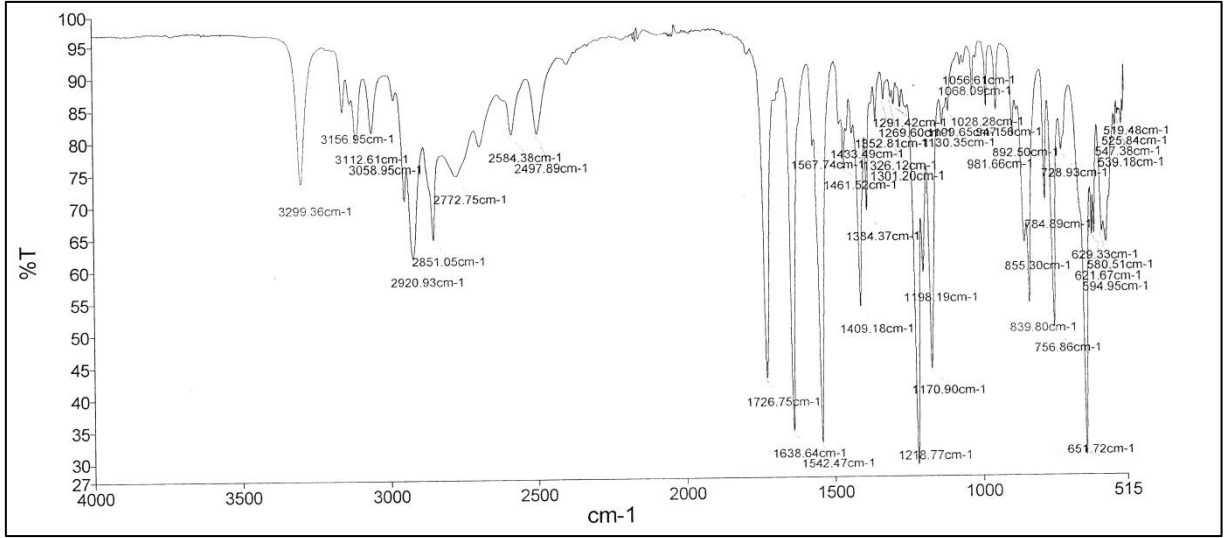
Ek Şekil 4. im10-6-10 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



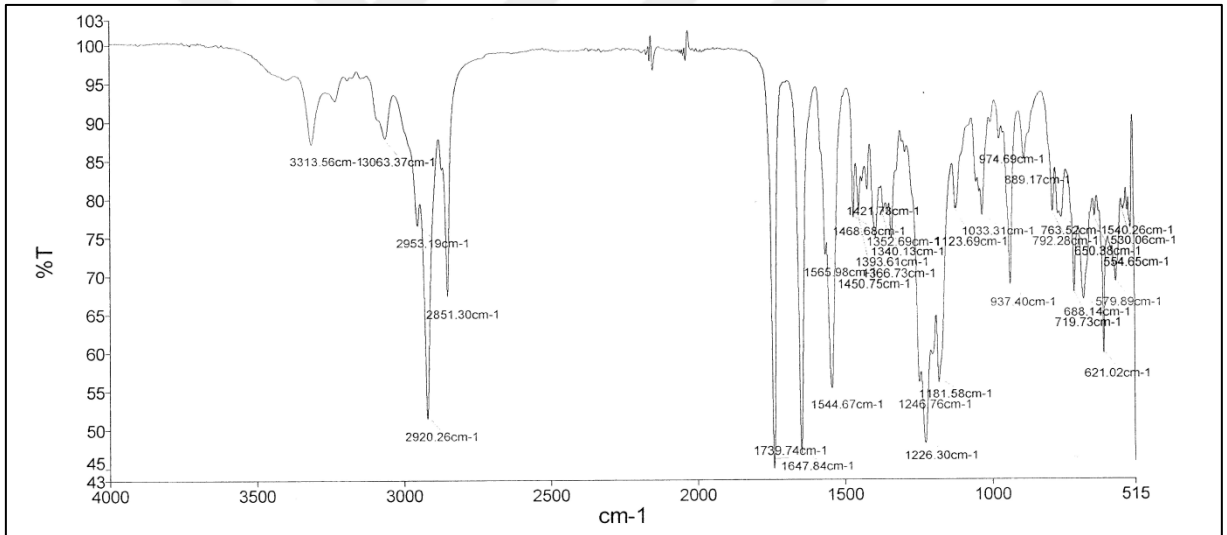
Ek Şekil 5. im12-6-12 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



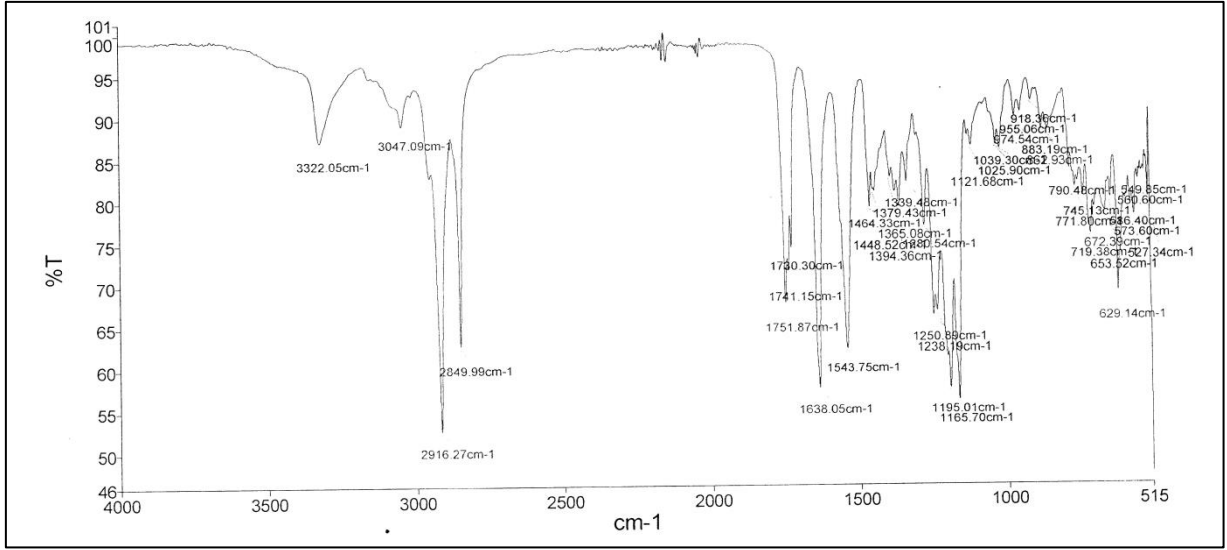
Ek Şekil 6. im14-6-14 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



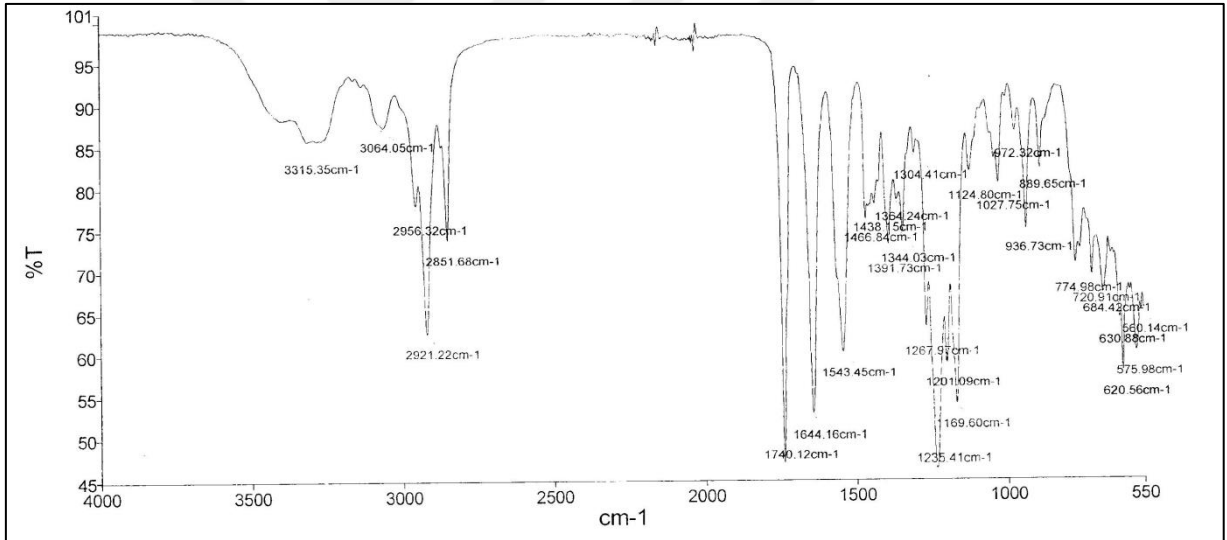
Ek Şekil 7. im10-sp1-10 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu



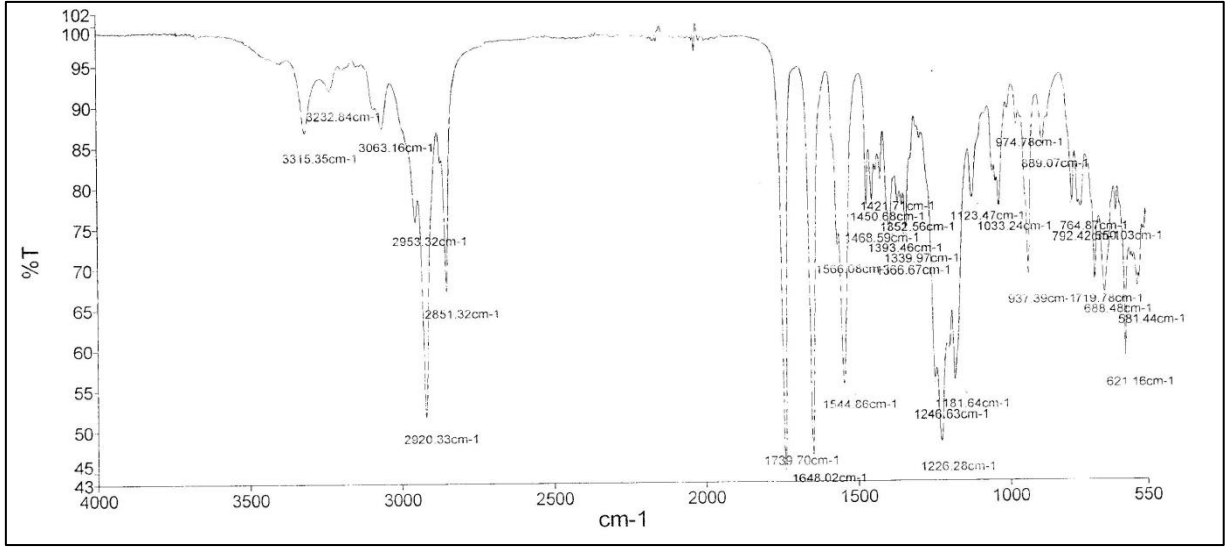
Ek Şekil 8. im12-sp1-12 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu



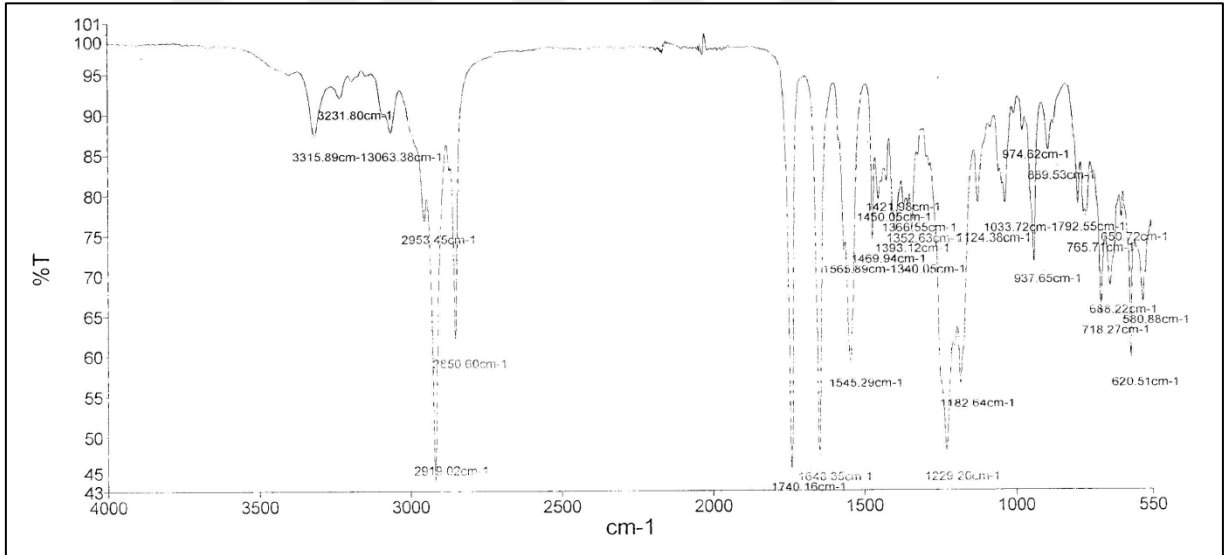
Ek Şekil 9. im14-sp1-14 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



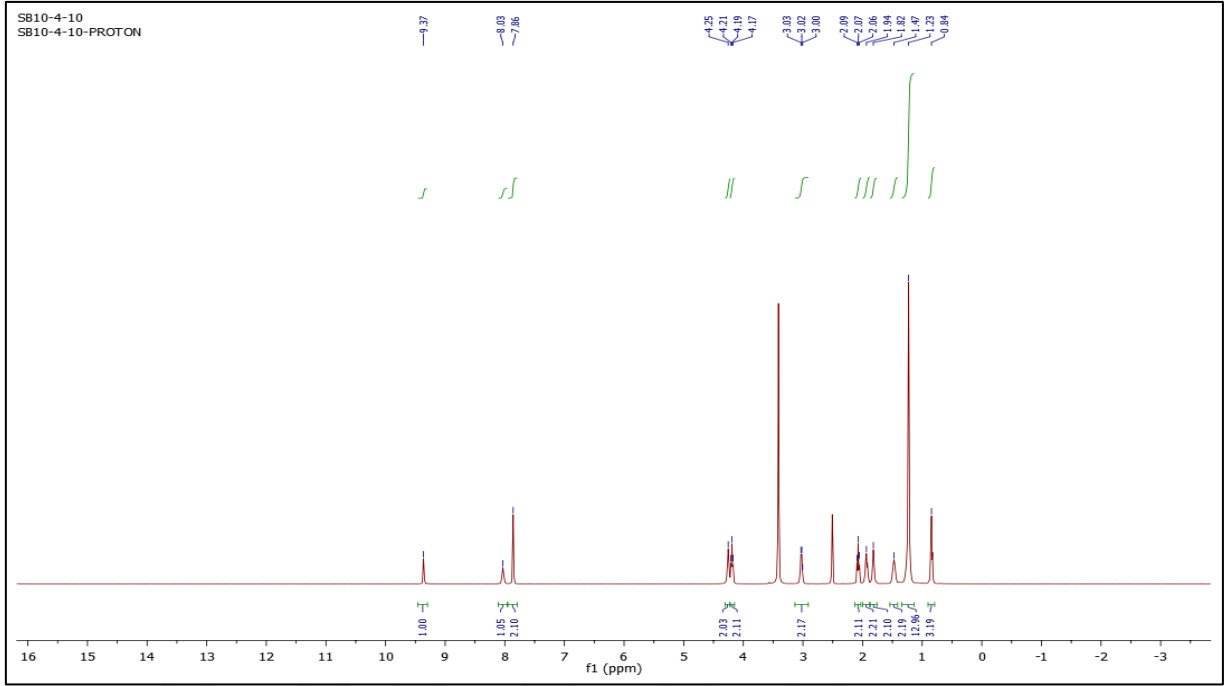
Ek Şekil 10. im10-sp2-10 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



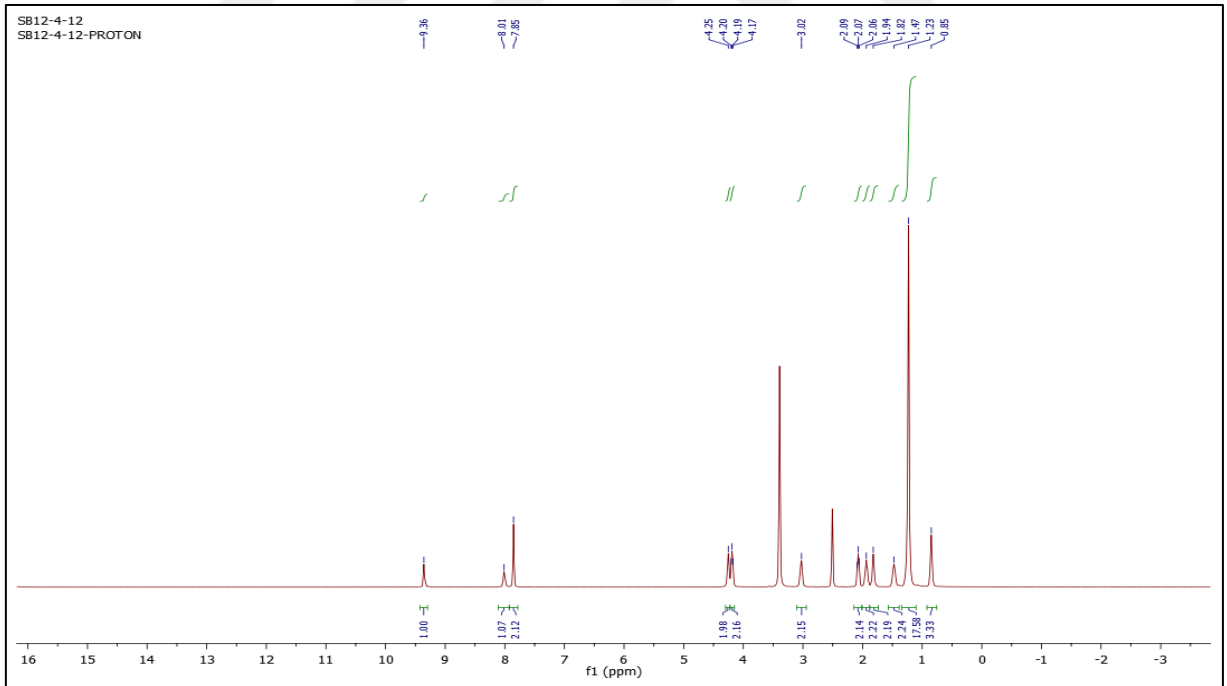
Ek Şekil 11. im12-sp2-12 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



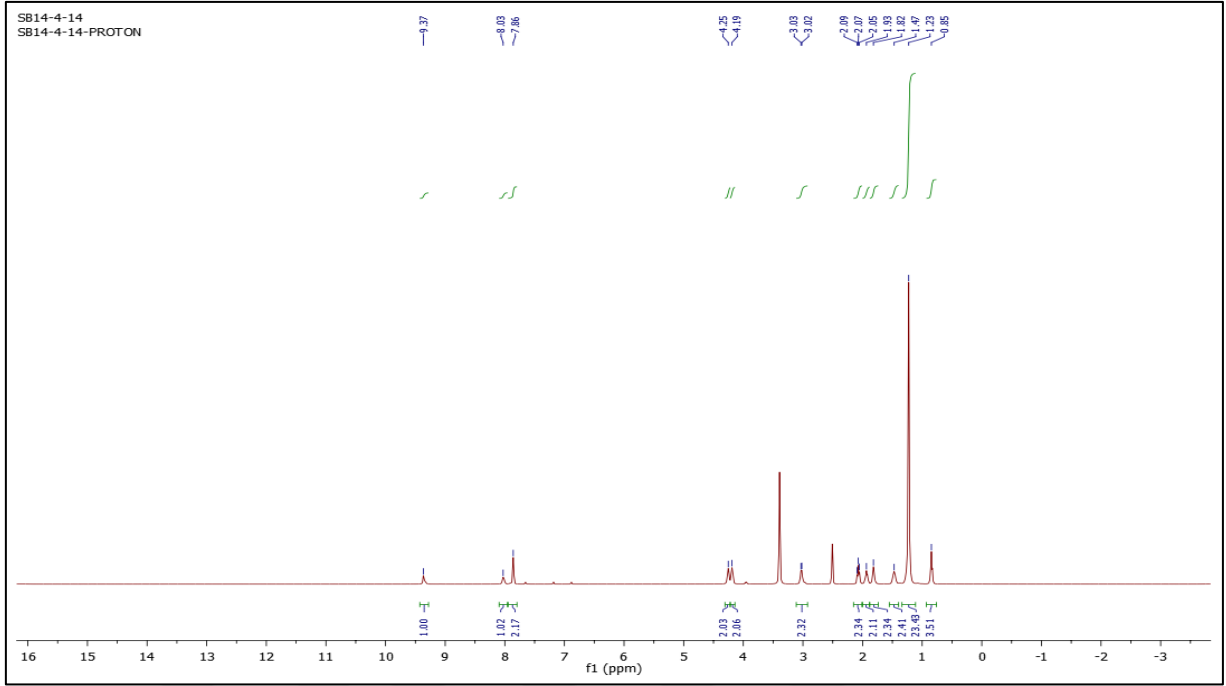
Ek Şekil 12. im14-sp2-14 Kodlu Bileşiğin FT IR Spektrumu (ν_{\max} , cm⁻¹)



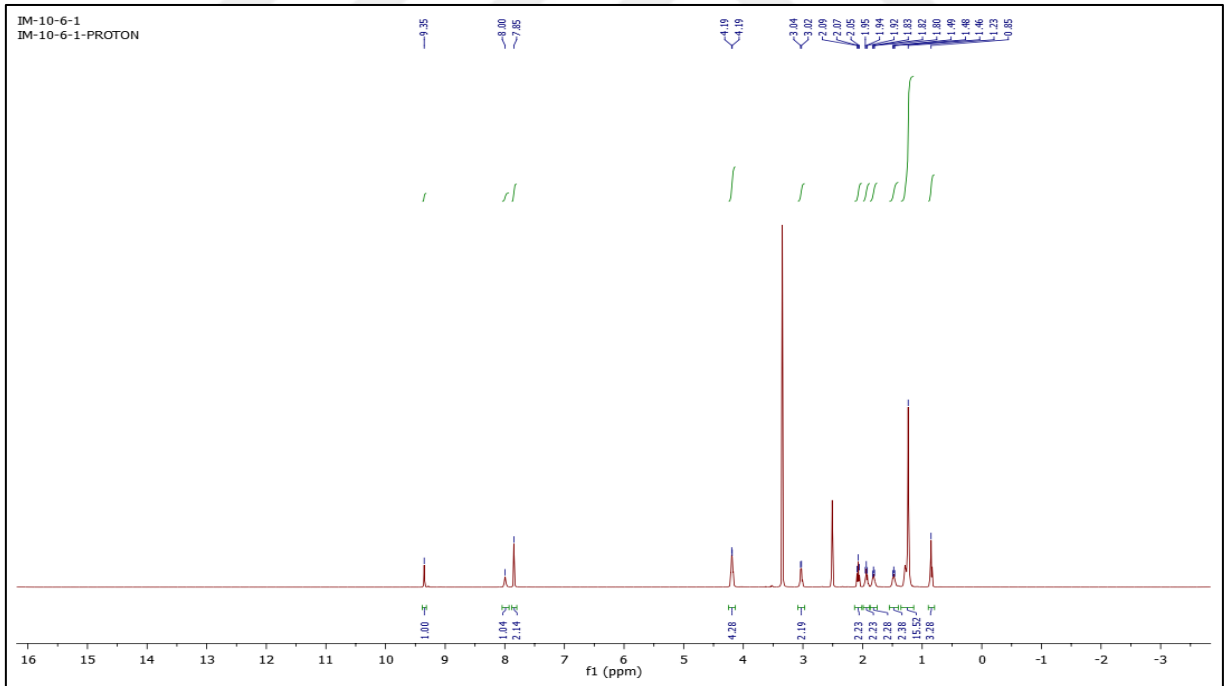
Ek Şekil 13. im10-4-10 Kodlu Bileşiğin $^1\text{H-NMR}$ Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



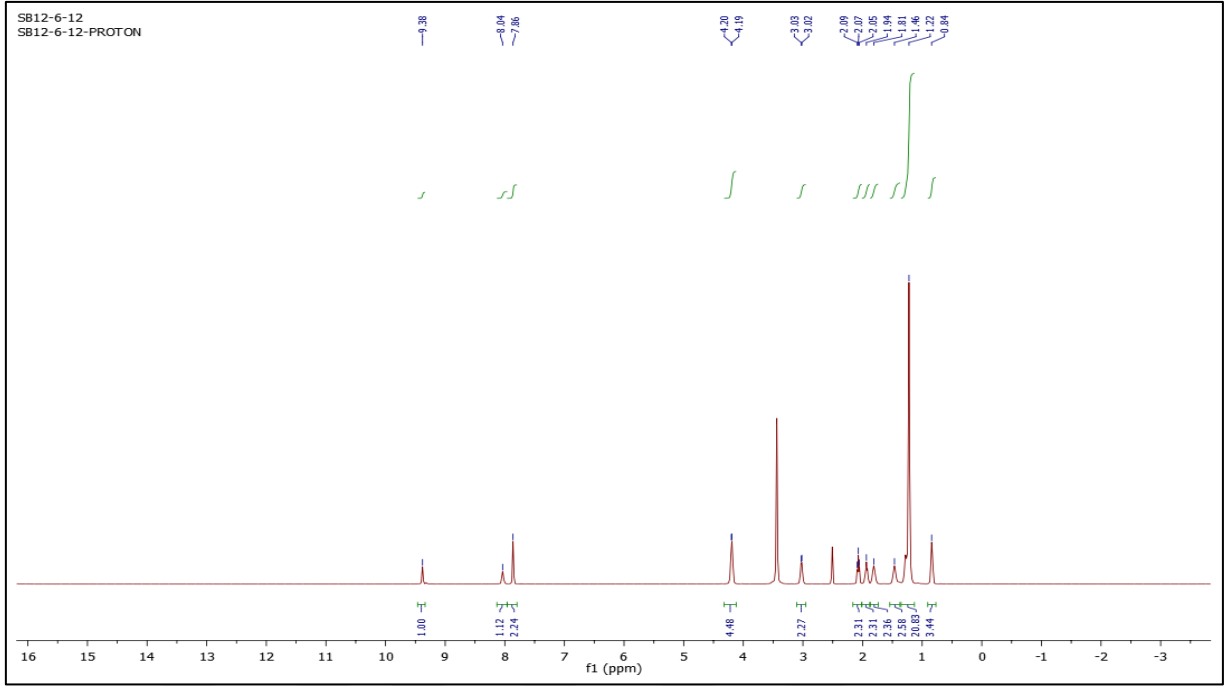
Ek Şekil 14. im12-4-12 Kodlu Bileşiğin $^1\text{H-NMR}$ Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



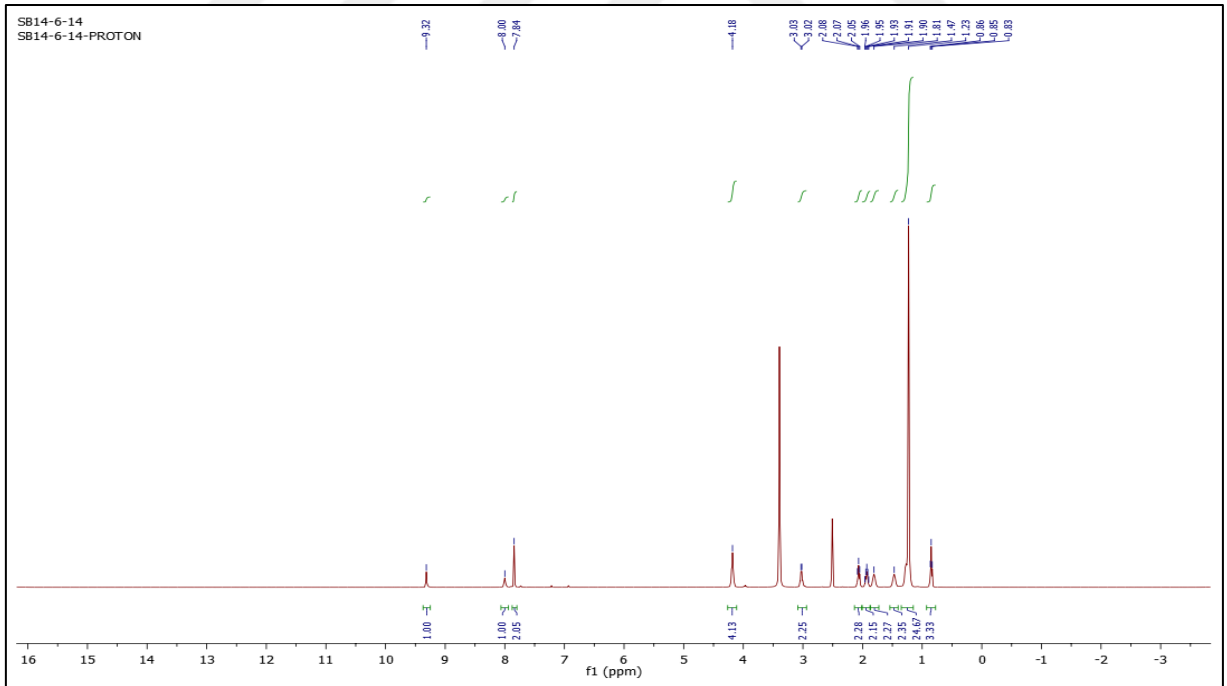
Ek Şekil 15. im14-4-14 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



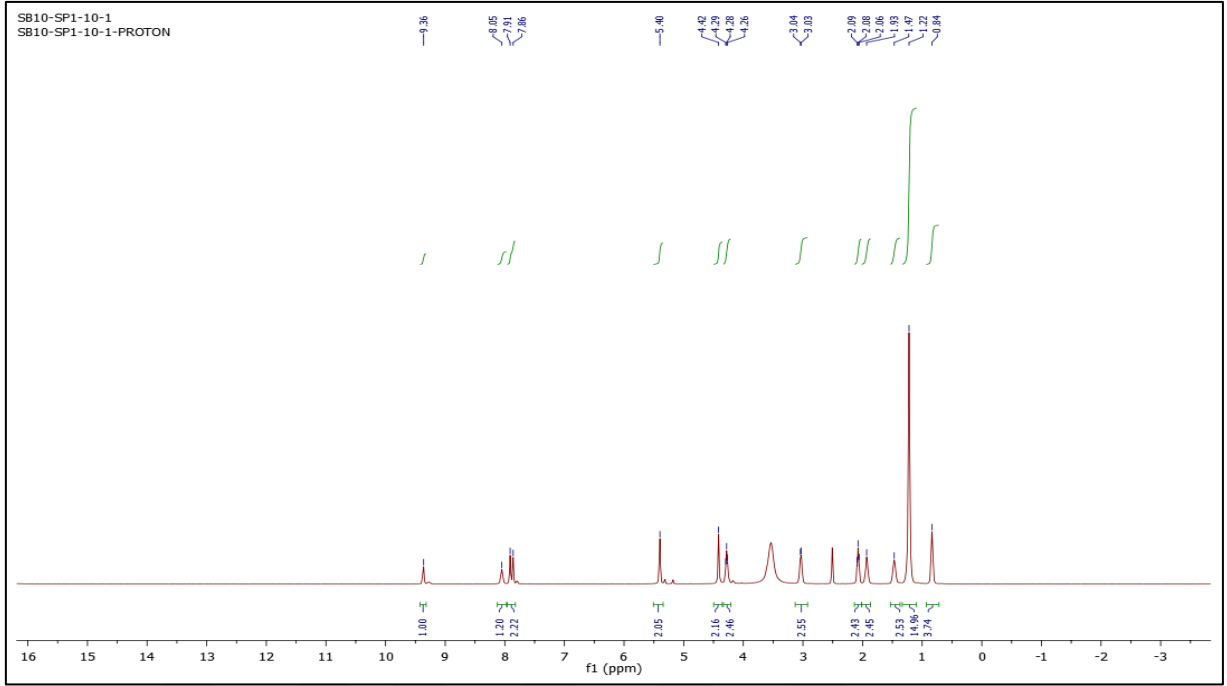
Ek Şekil 16. im10-6-10 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



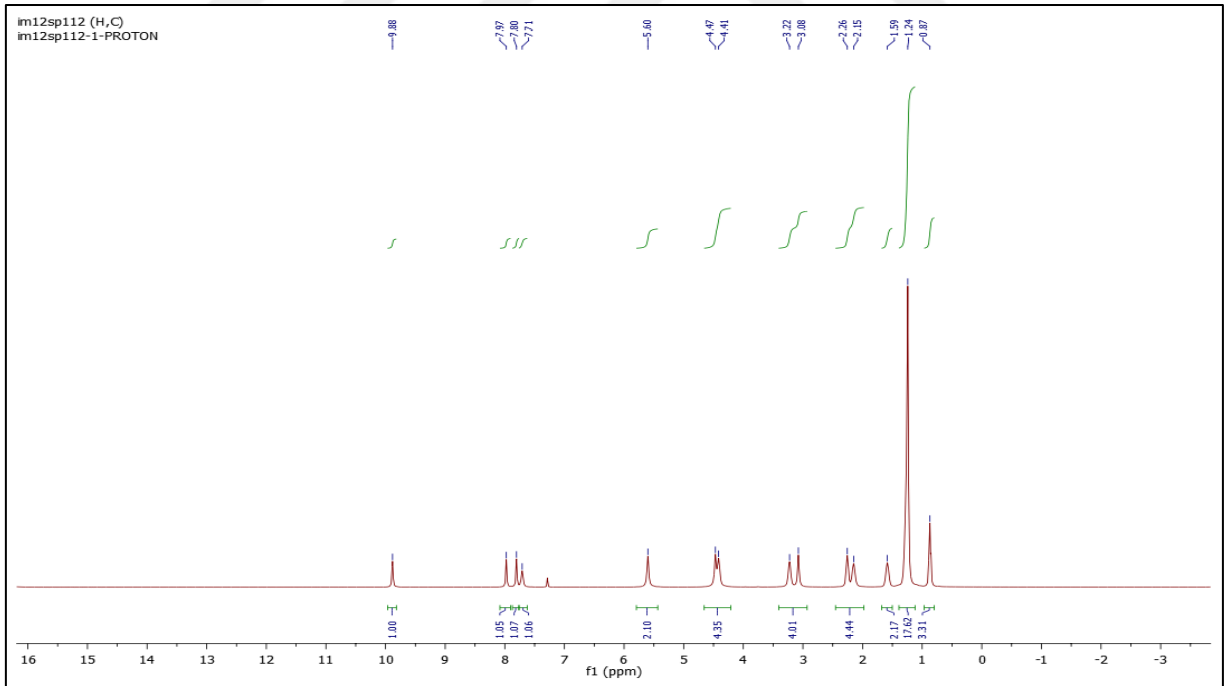
Ek Şekil 17. im12-6-12 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



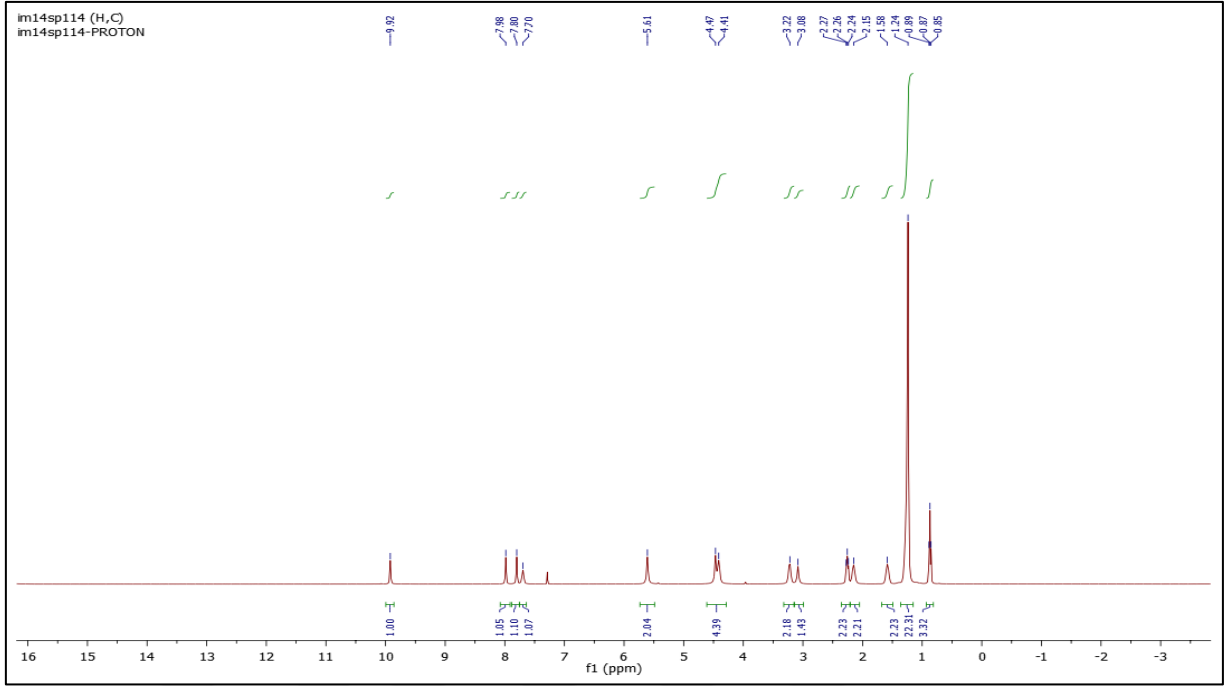
Ek Şekil 18. im14-6-14 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



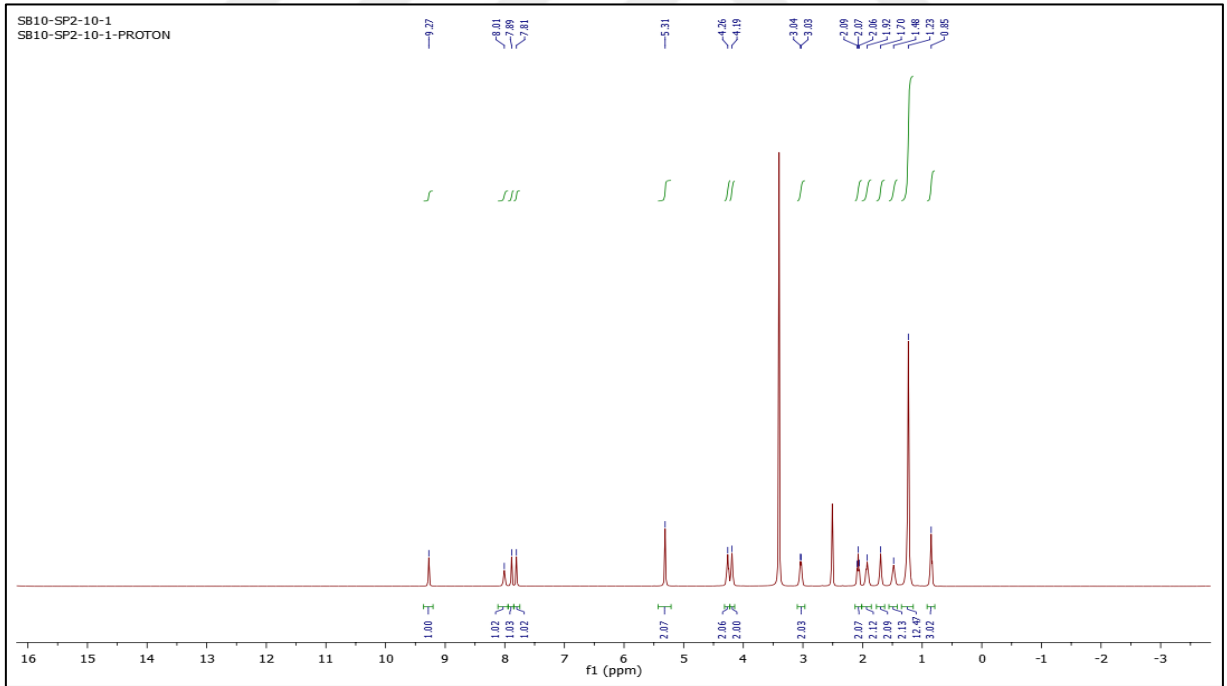
Ek Şekil 19. im10-sp1-10 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu ($\text{DMSO-}d_6$ δ ppm)



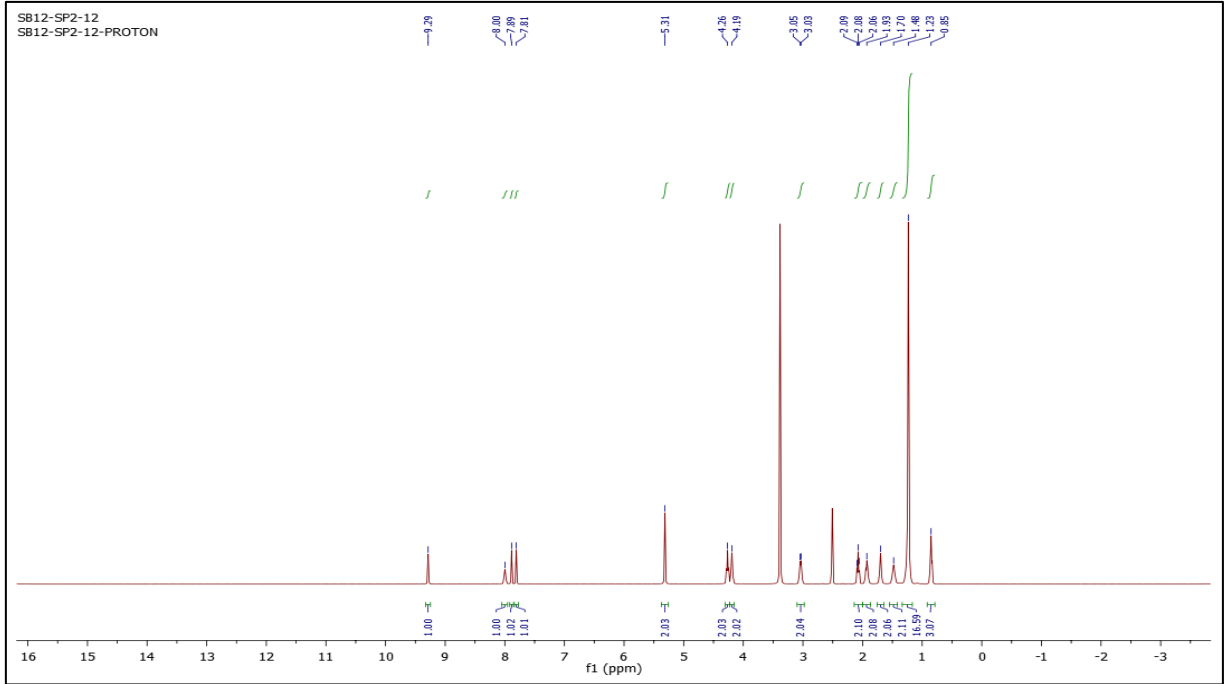
Ek Şekil 20. im12-sp1-12 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (CDCl_3 δ ppm)



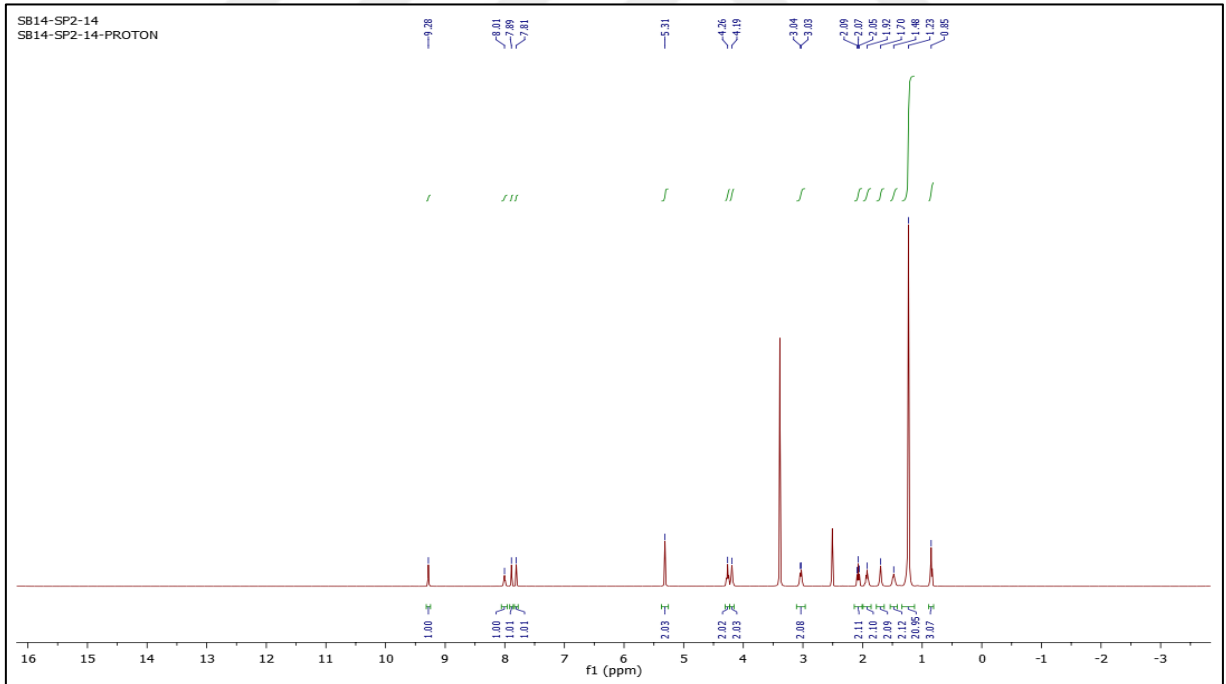
Ek Şekil 21. im14-sp1-14 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



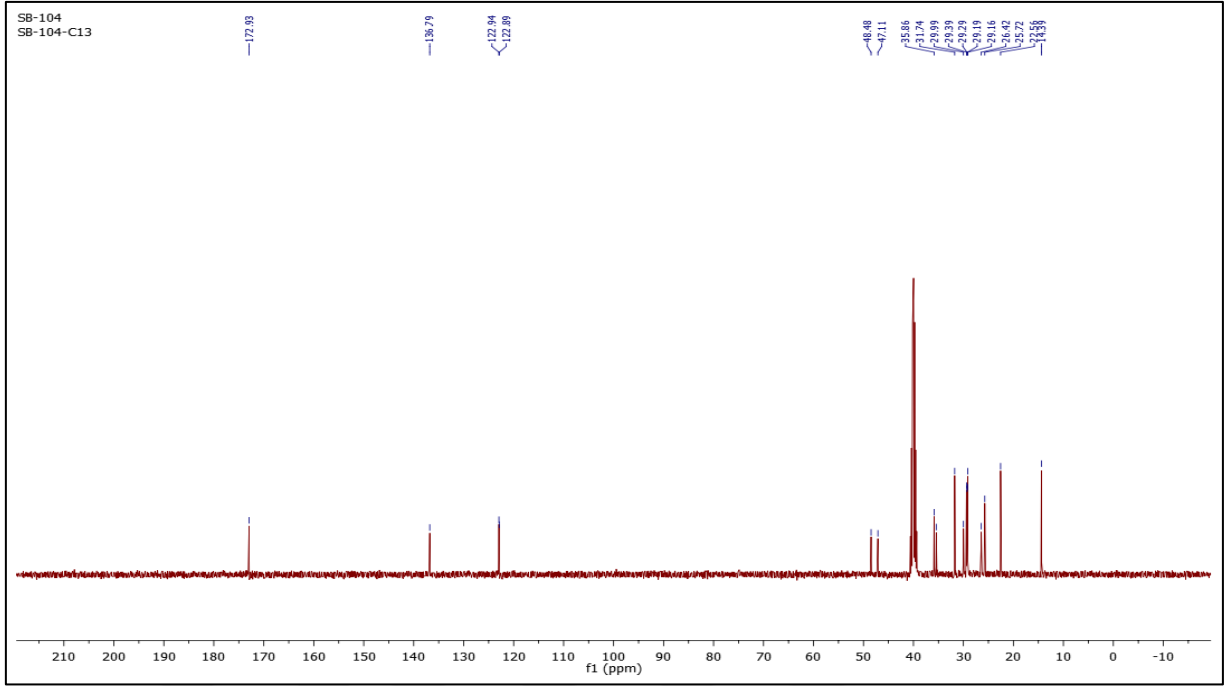
Ek Şekil 22. im10-sp2-10 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



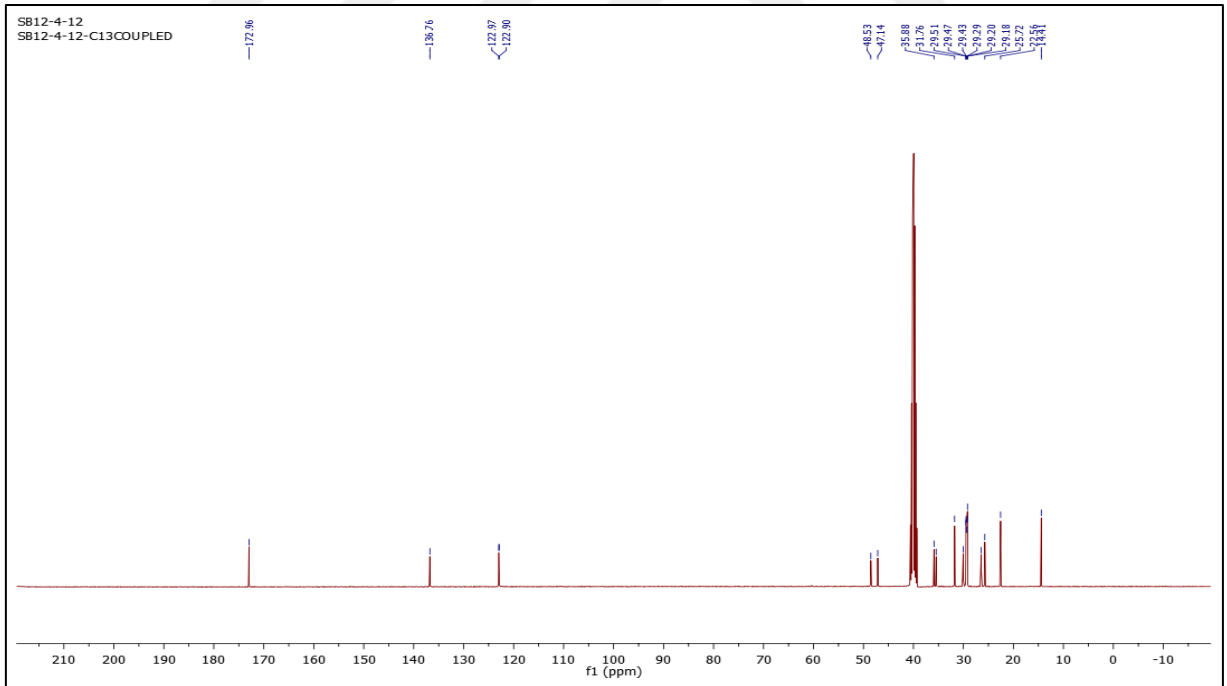
Ek Şekil 23. im12-sp2-12 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



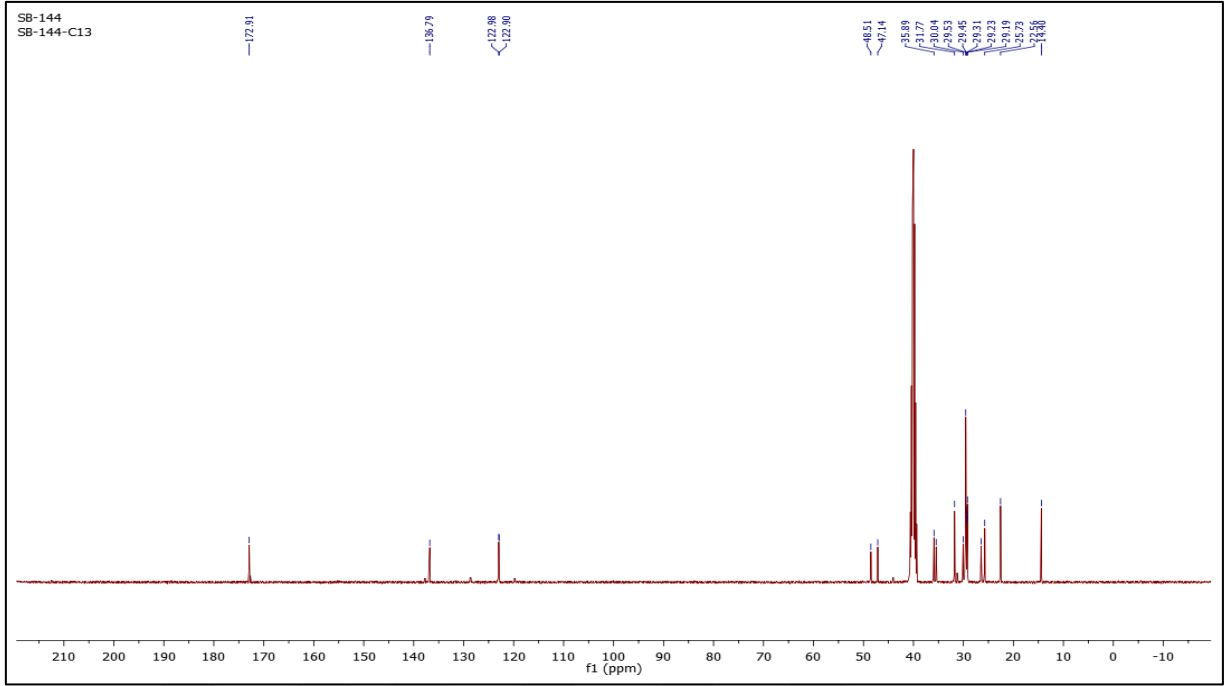
Ek Şekil 24. im14-sp2-14 Kodlu Bileşiğin ^1H -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



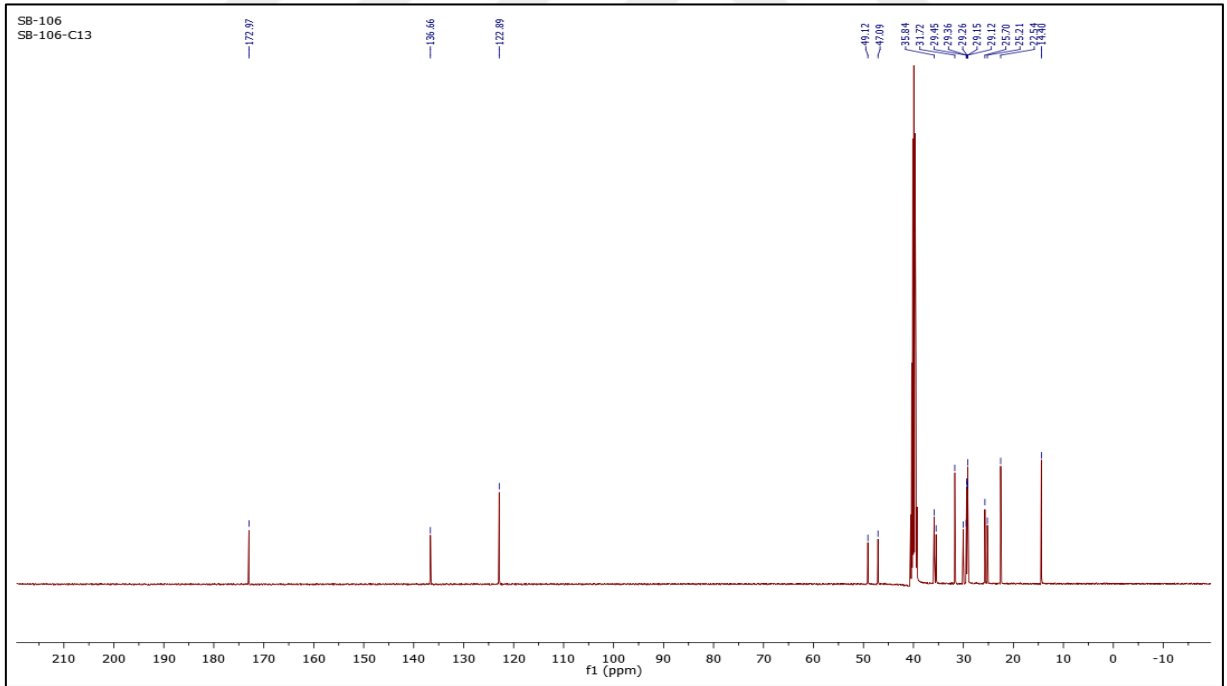
Ek Şekil 25. im10-4-10 Kodlu Bileşiğın ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



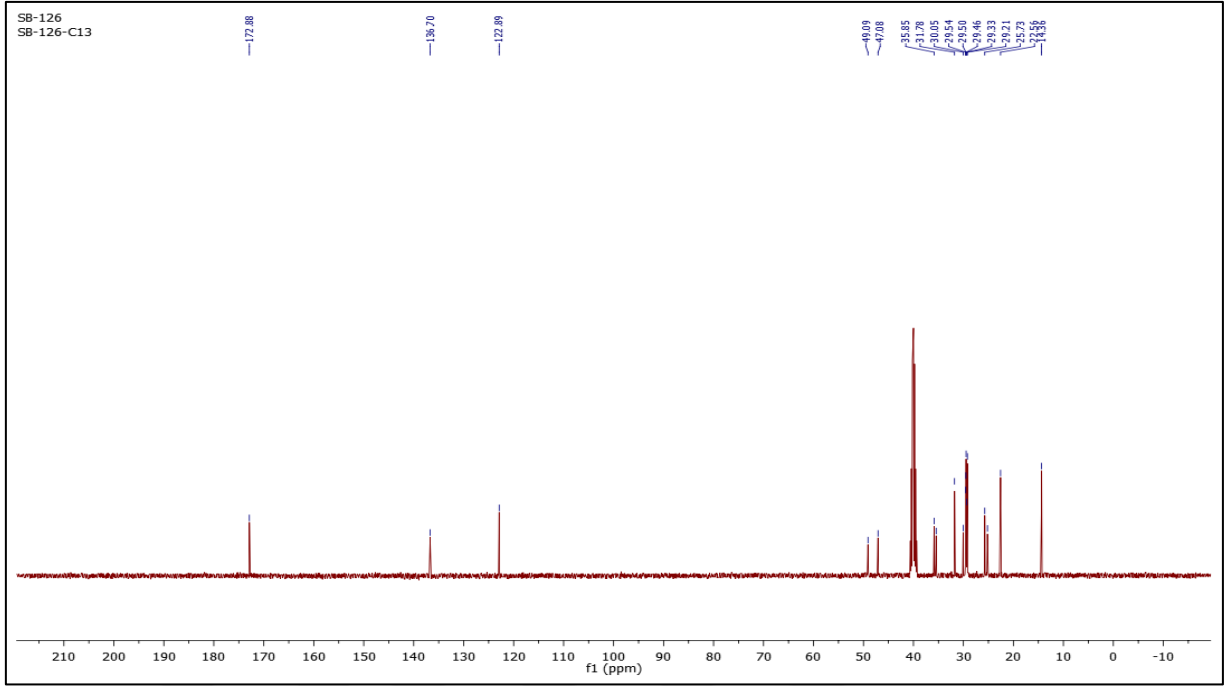
Ek Şekil 26. im12-4-12 Kodlu Bileşiğın ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



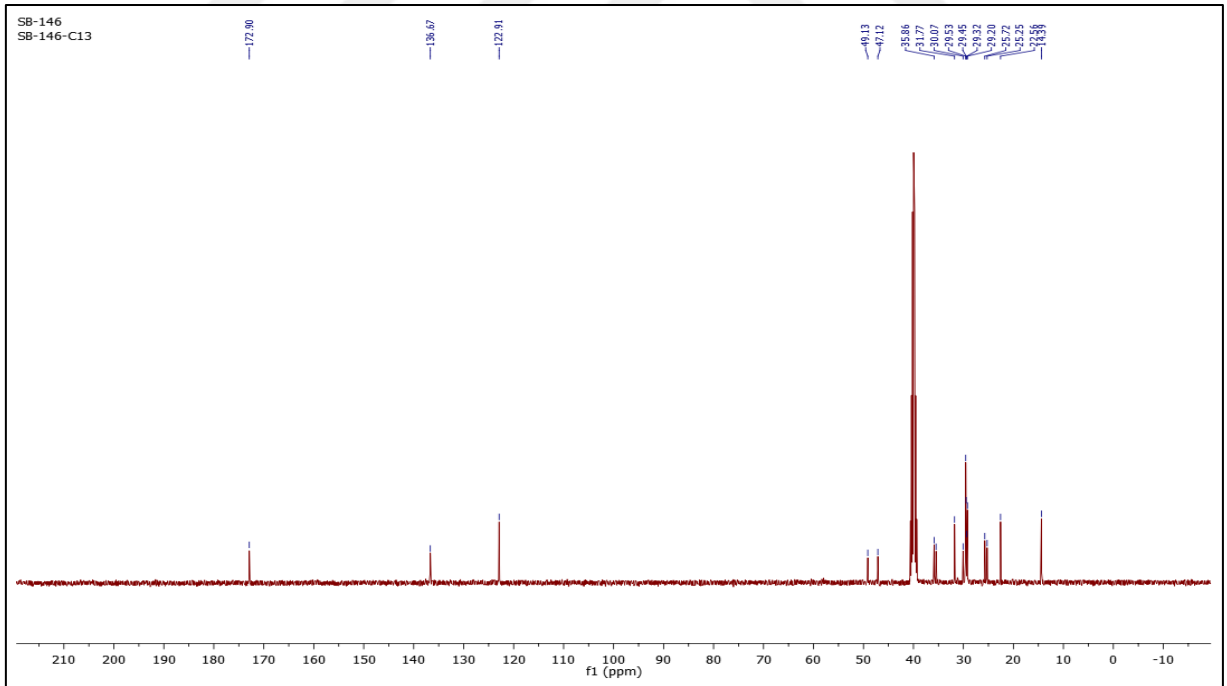
Ek Şekil 27. im14-4-14 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



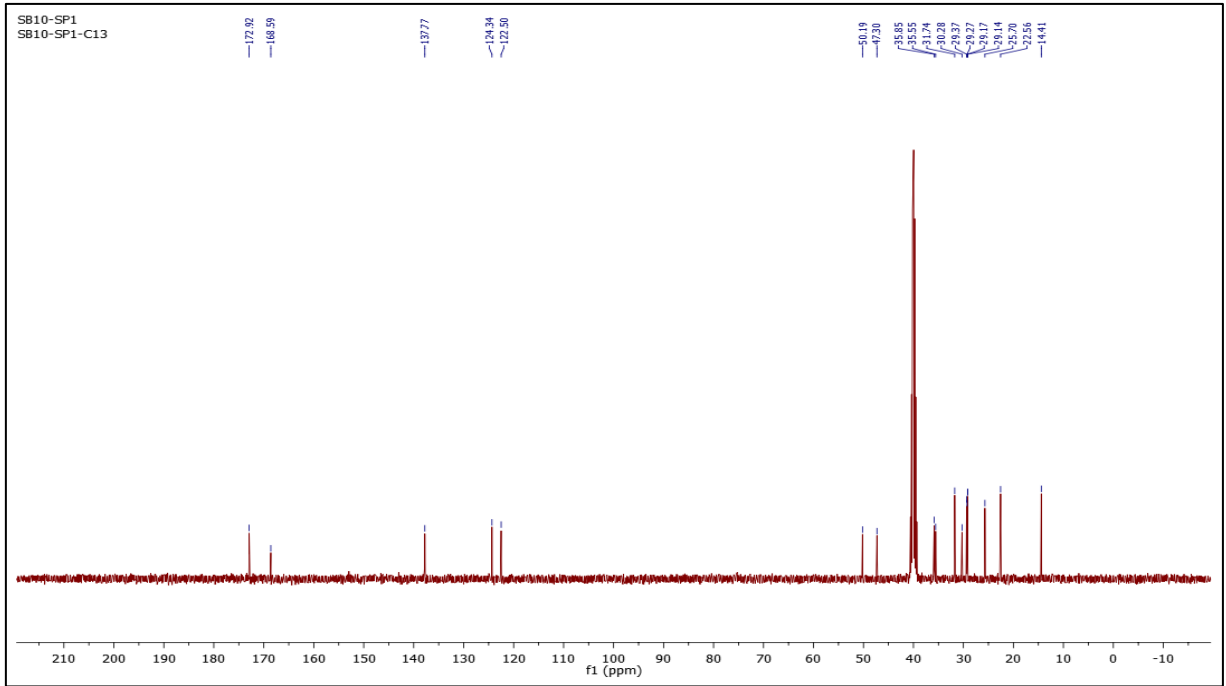
Ek Şekil 28. im10-6-10 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



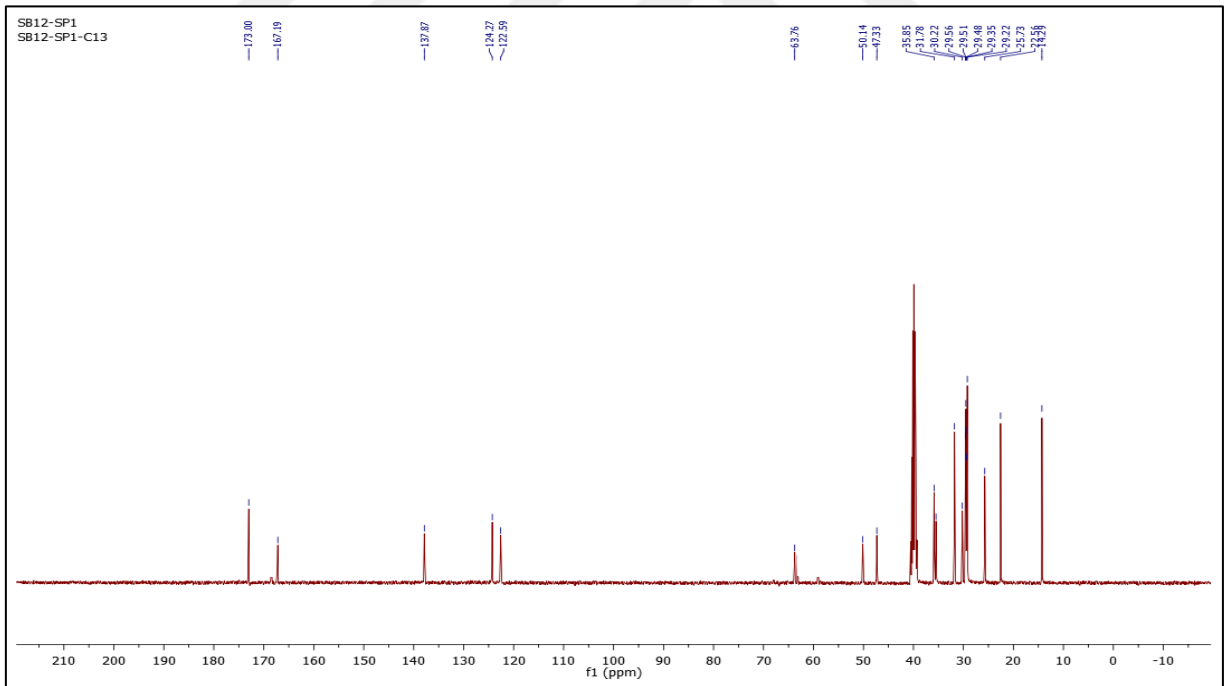
Ek Şekil 29. im12-6-12 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



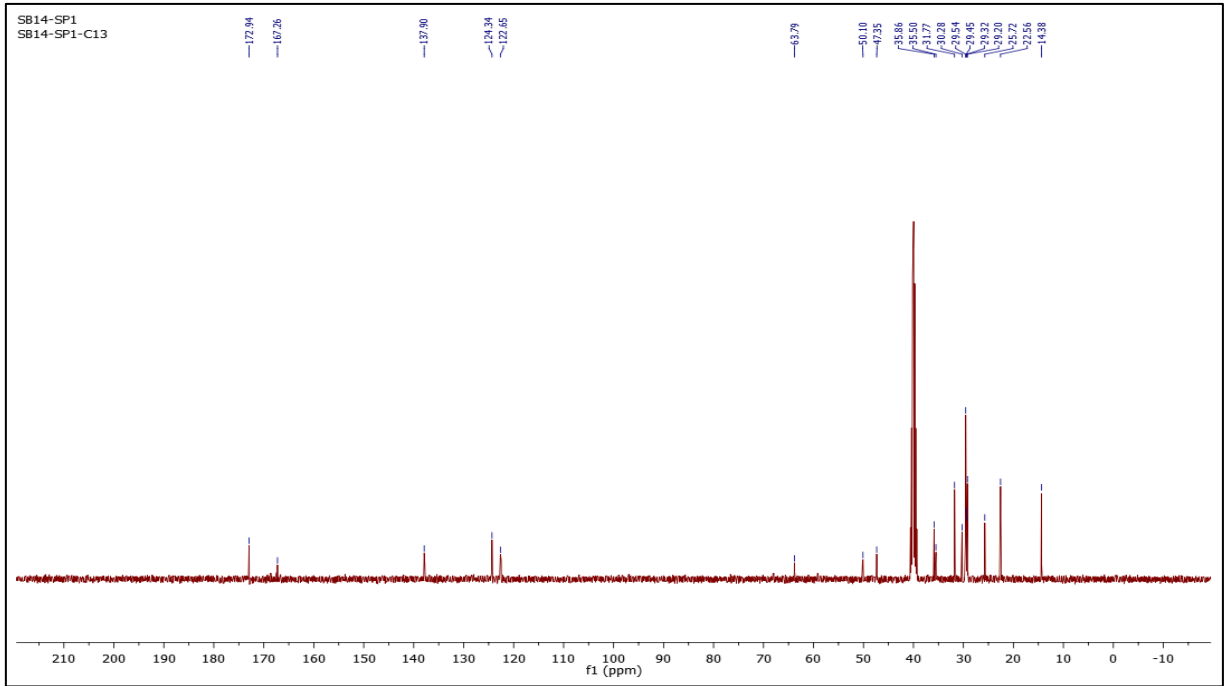
Ek Şekil 30. im14-6-14 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



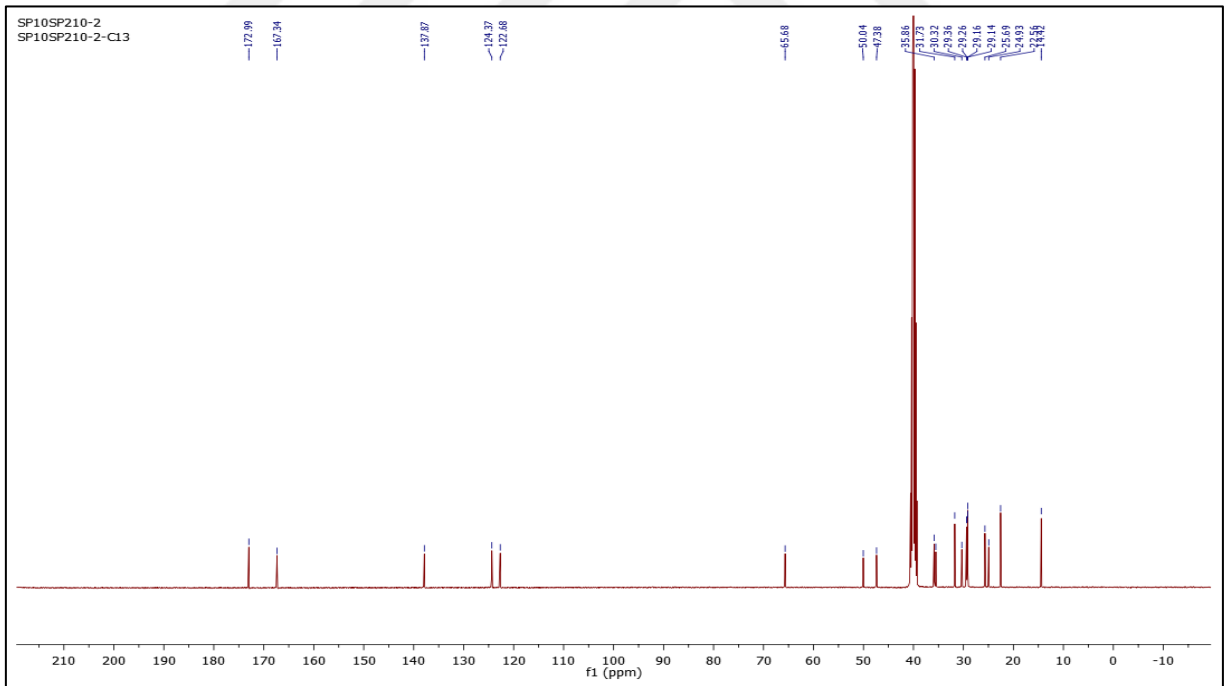
Ek Şekil 31. im10-sp1-10 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



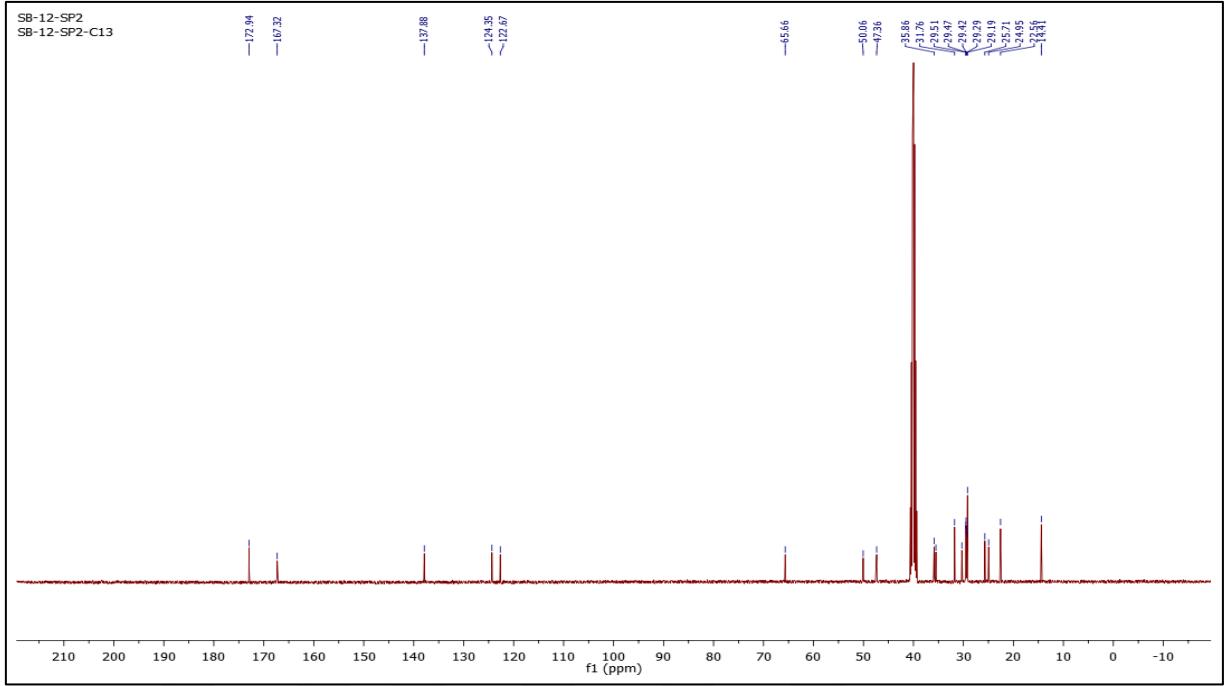
Ek Şekil 32. im12-sp1-12 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



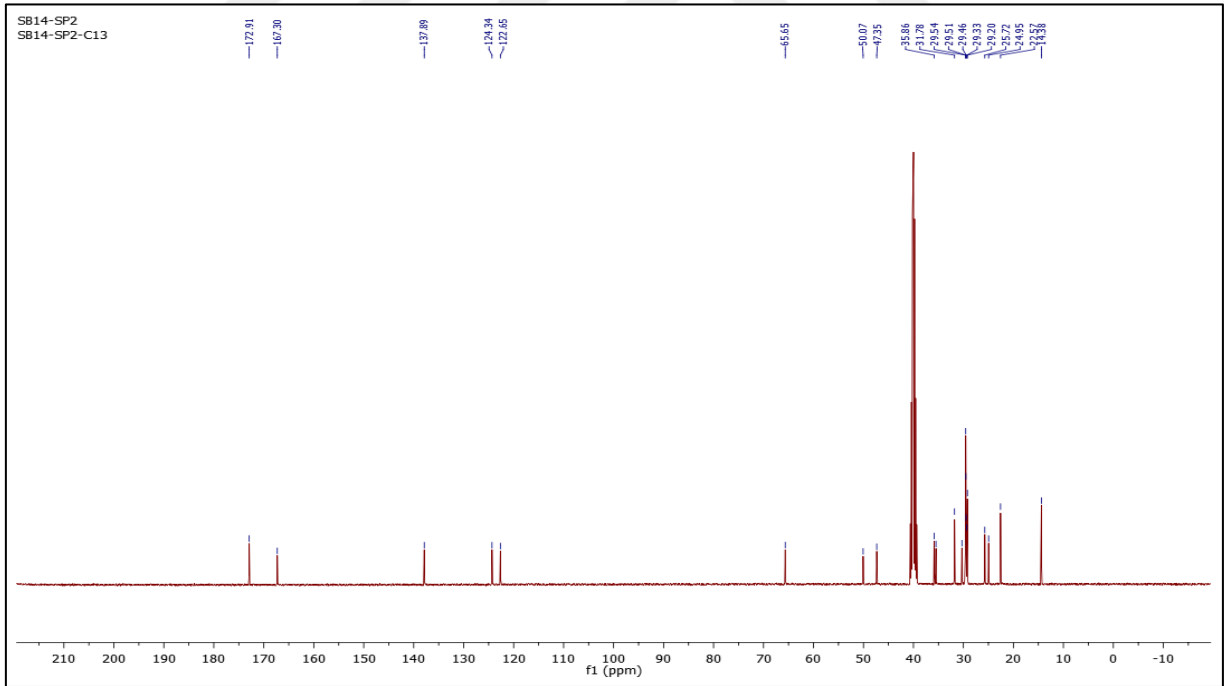
Ek Şekil 33.im14-sp1-14 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



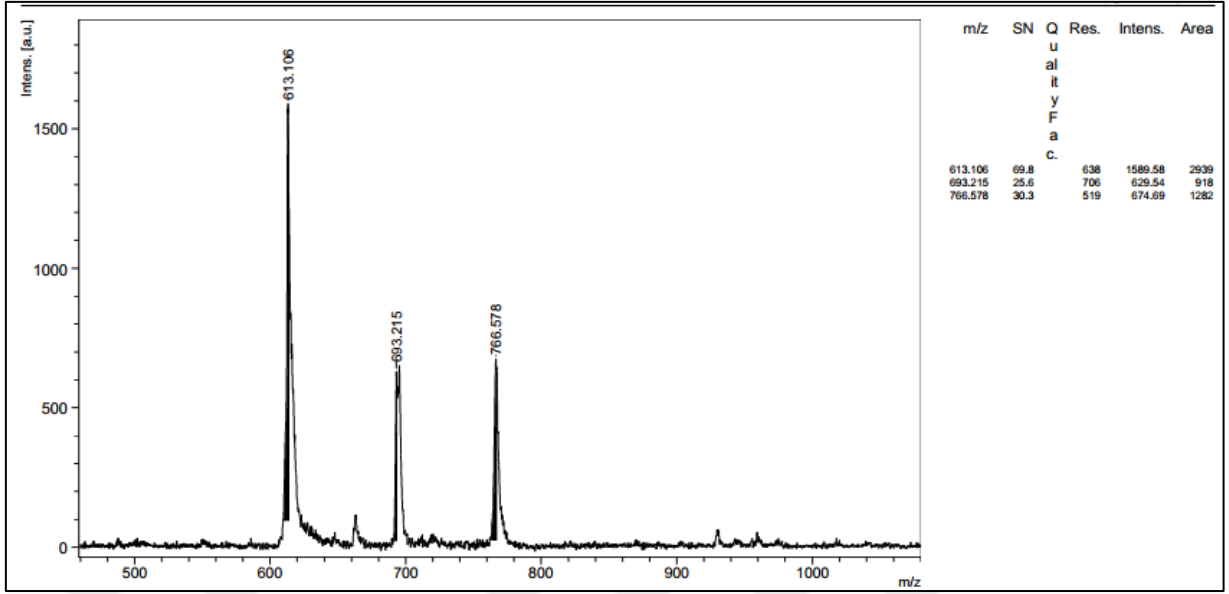
Ek Şekil 34. im10-sp2-10 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



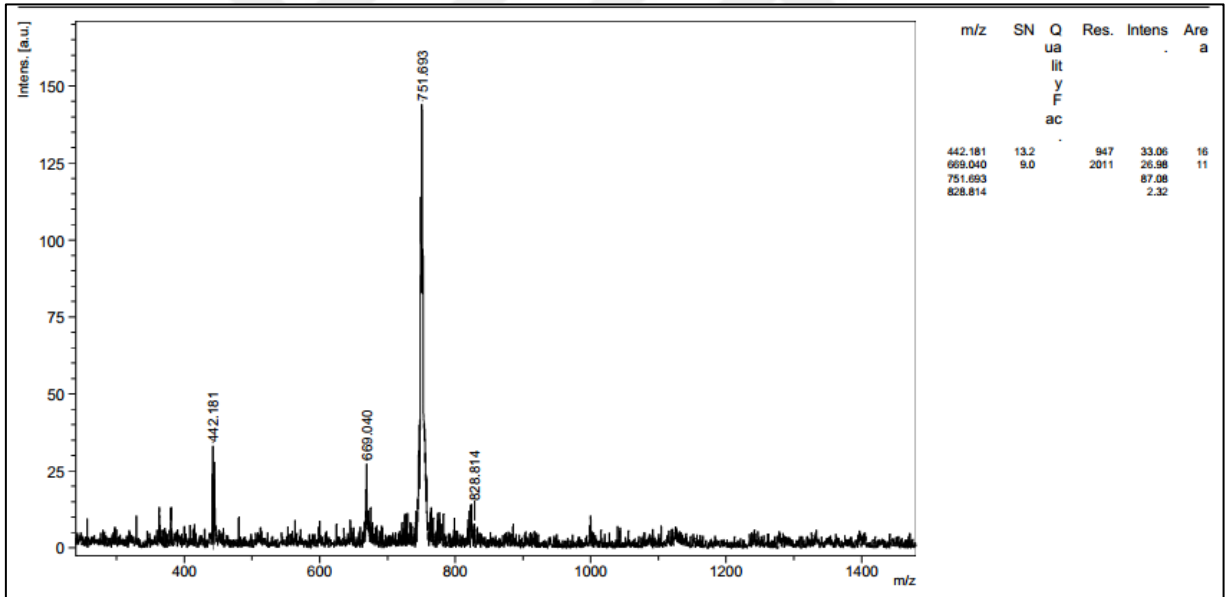
Ek Şekil 35. im12-sp2-12 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



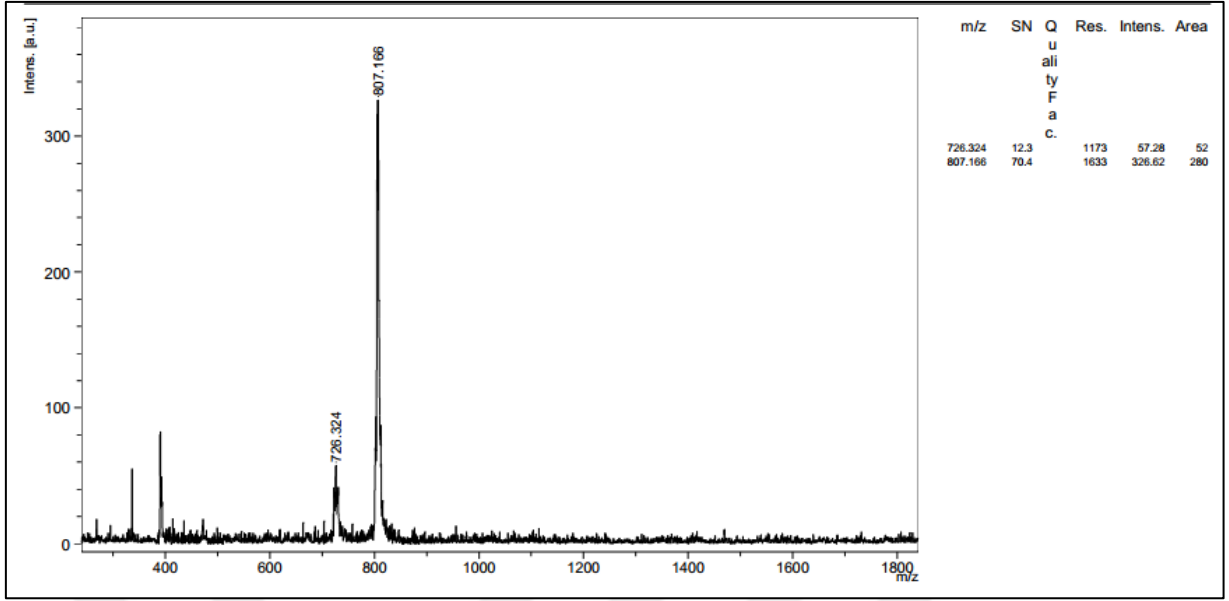
Ek Şekil 36. im14-sp2-14 Kodlu Bileşiğin ^{13}C -NMR Spektrumu (DMSO- d_6 δ ppm)



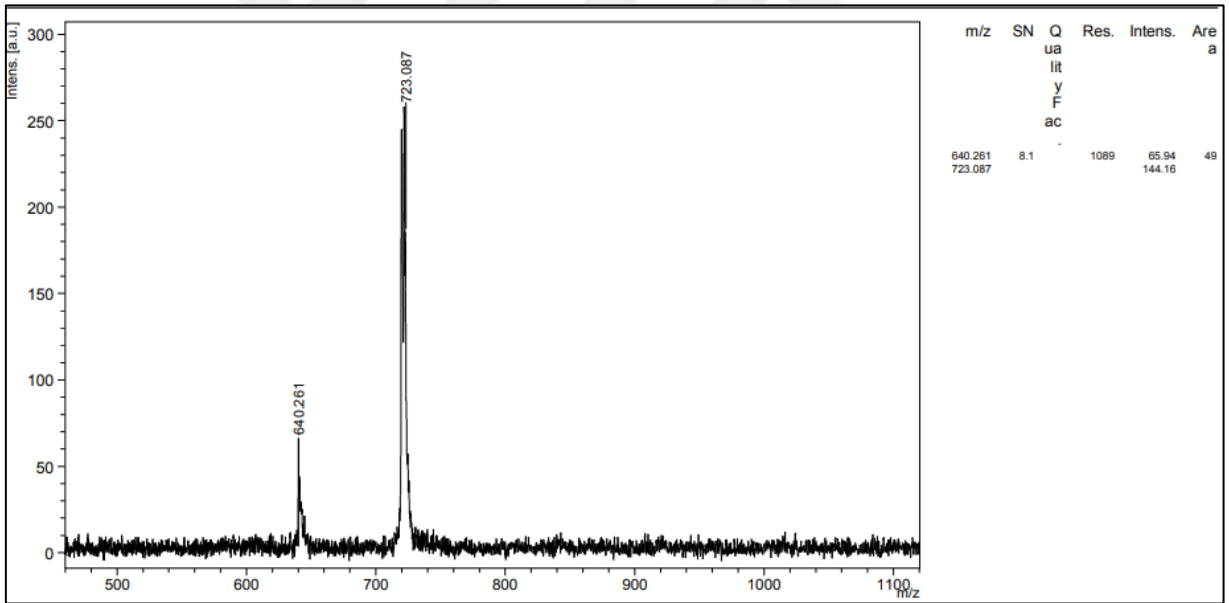
Ek Şekil 37. im10-4-10 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



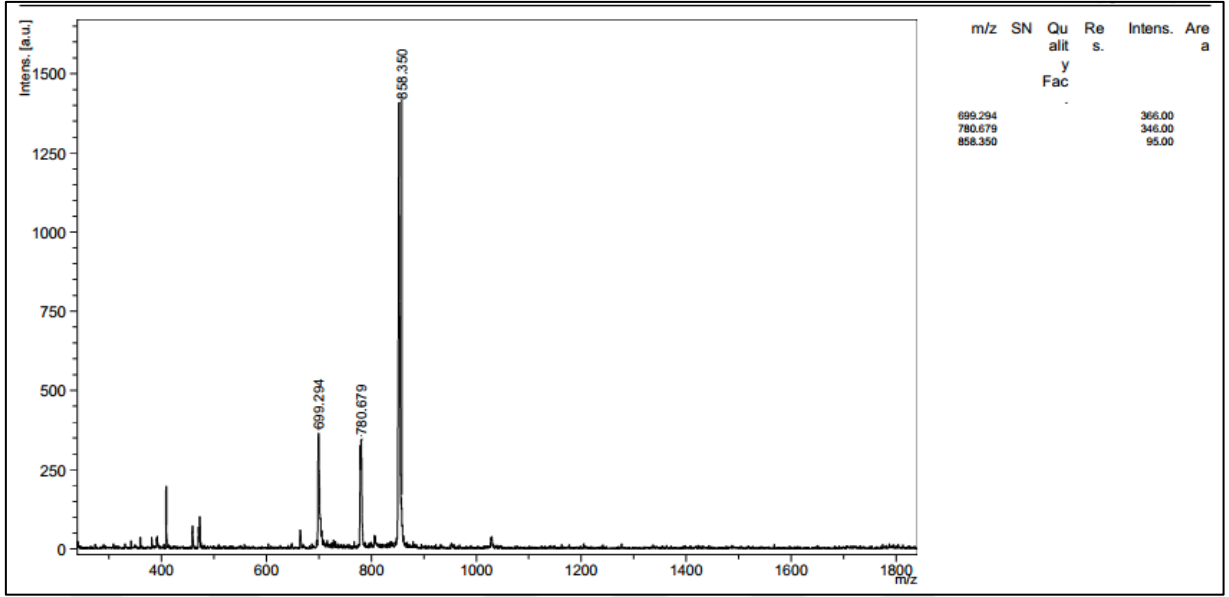
Ek Şekil 38. im12-4-12 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



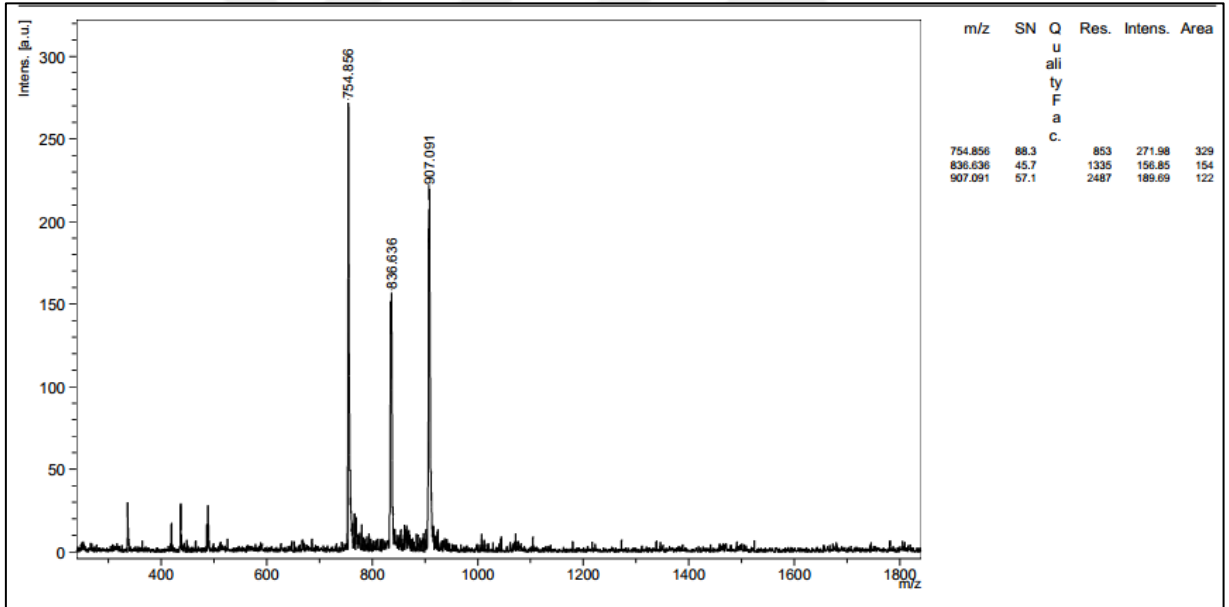
Ek Şekil 39. im14-4-14 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



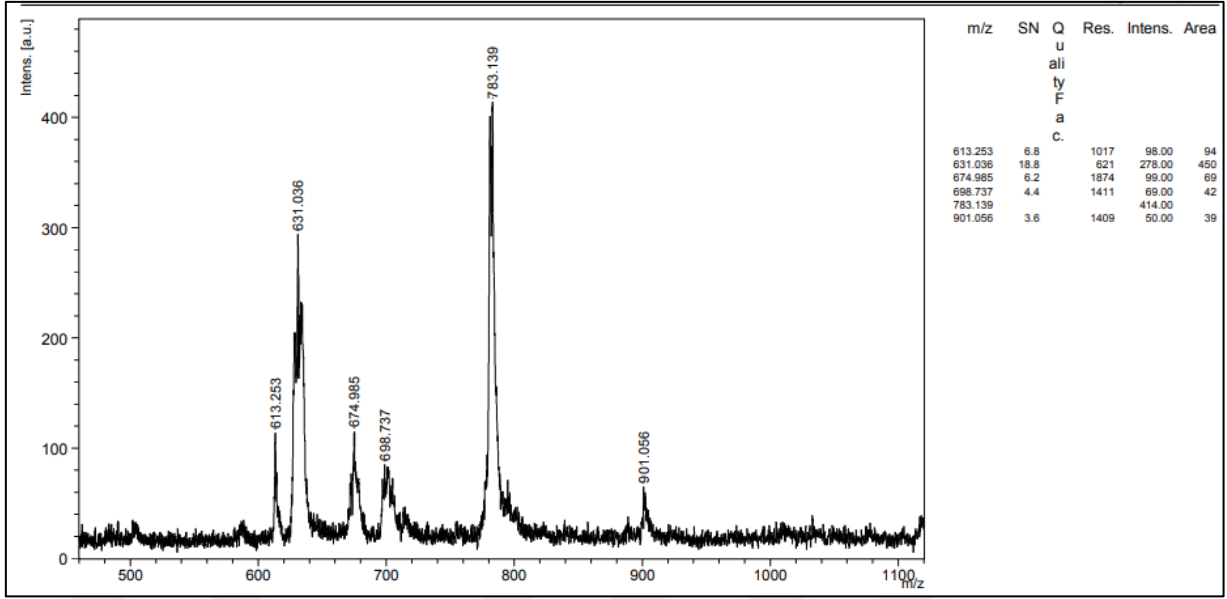
Ek Şekil 40. im10-6-10 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



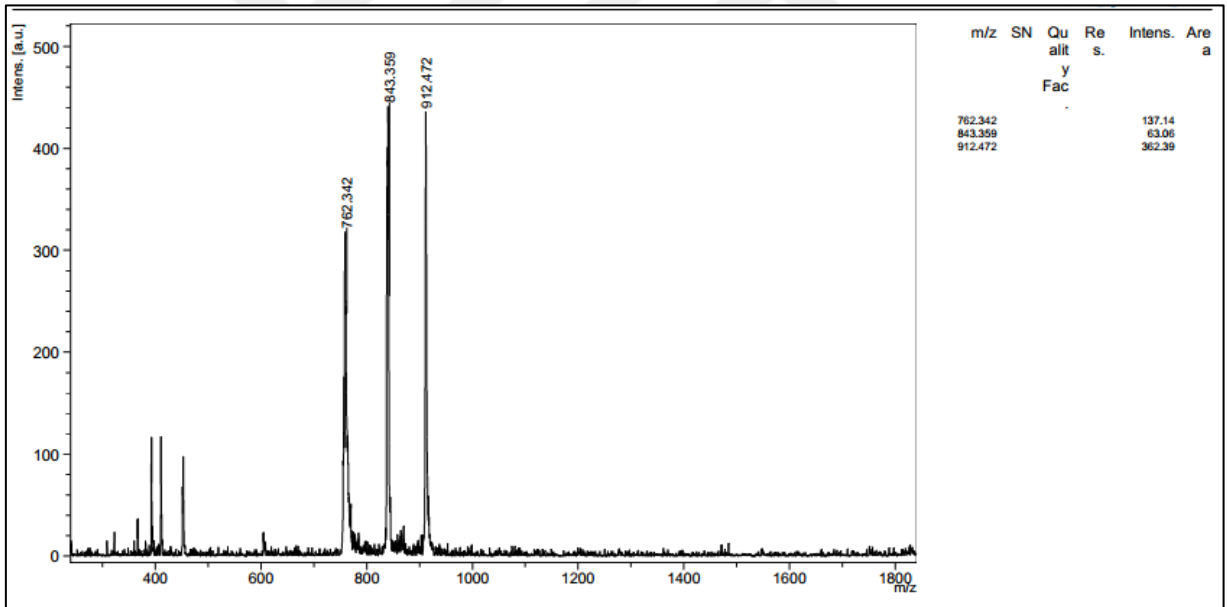
Ek Şekil 41. im12-6-12 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



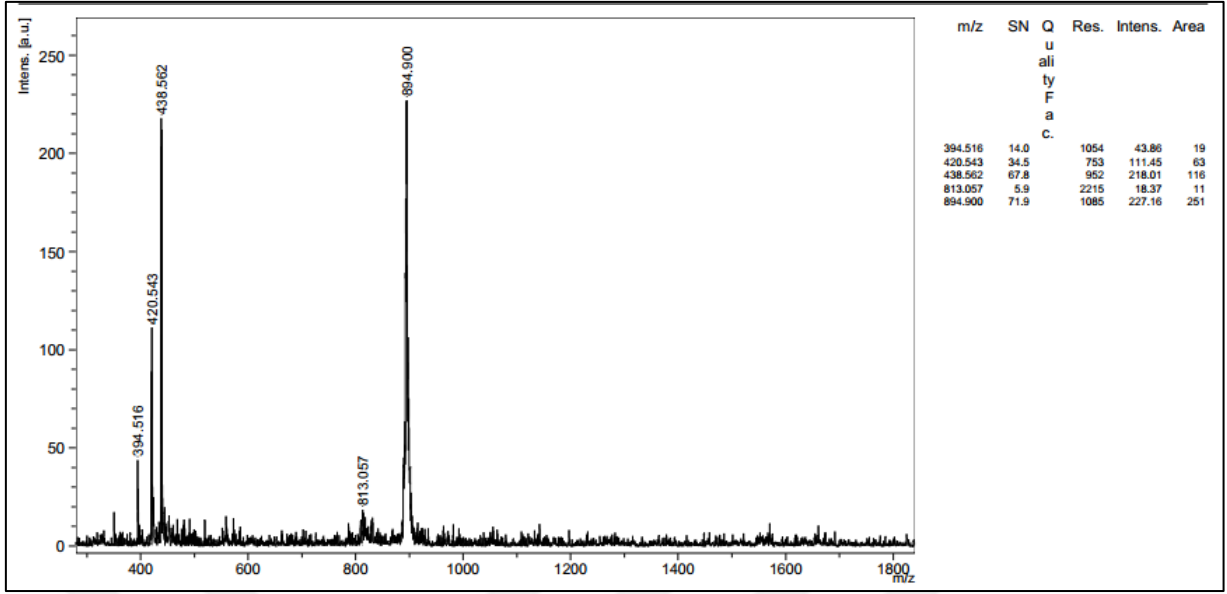
Ek Şekil 42. im14-6-14 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



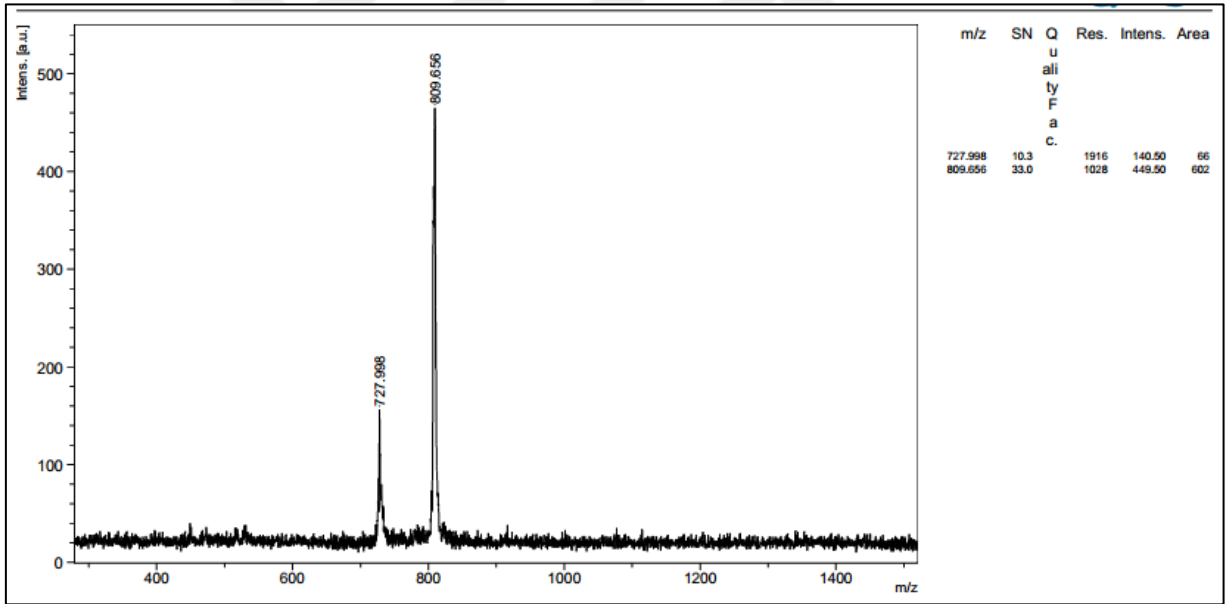
Ek Şekil 43. im10-sp1-10 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



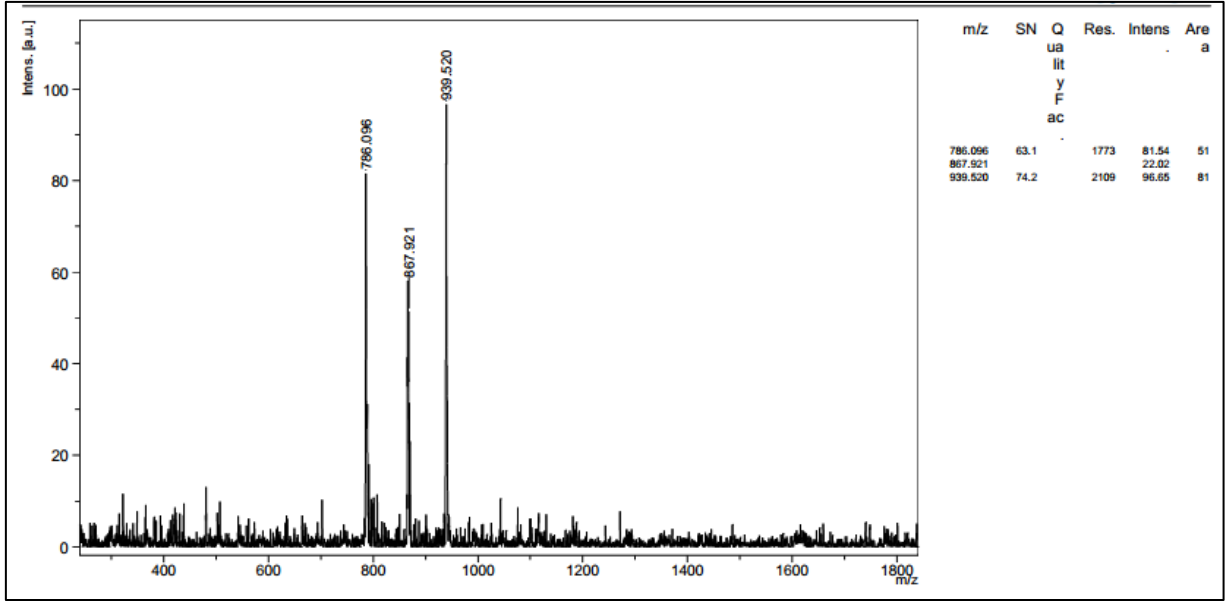
Ek Şekil 44. im12-sp1-12 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



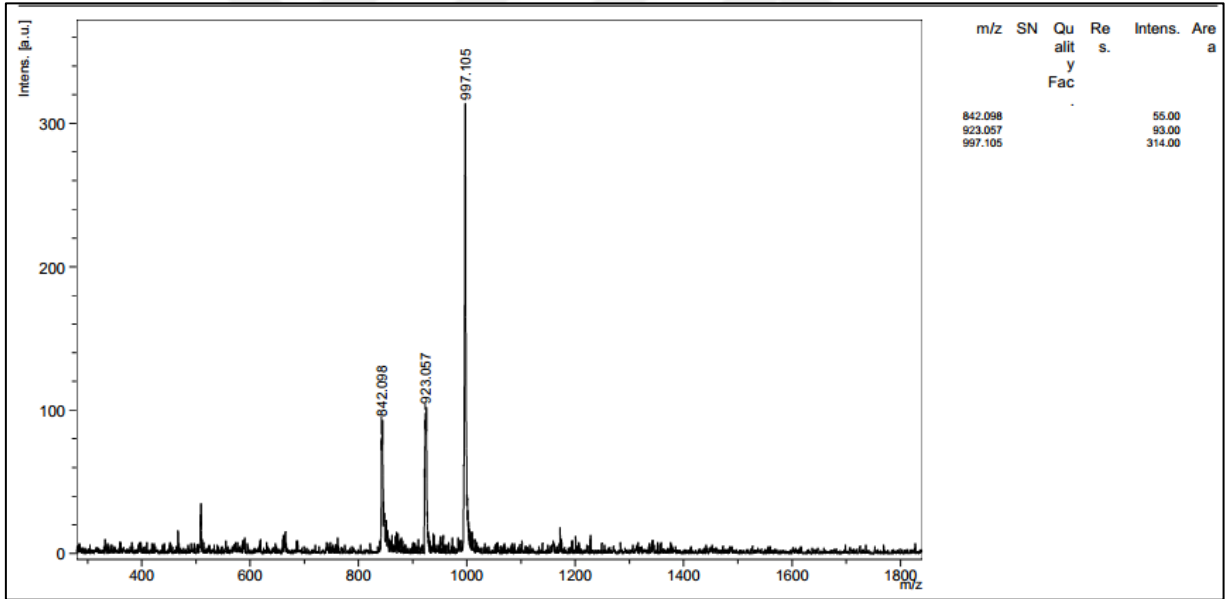
Ek Şekil 45. im14-sp1-14 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



Ek Şekil 46. im10-sp2-10 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



Ek Şekil 47. im12-sp2-12 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu



Ek Şekil 48. im14-sp2-14 Kodlu Bileşiğin Kütle Spektrumu

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İstanbul'da doğdu. 2004 yılında Trakya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünü kazandı ve 2008 yılında mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı Fizikokimya Bilim dalında yüksek lisansa başladı. 2010 yılında yüksek lisansını tamamladıktan sonra aynı yıl doktora eğitimine başladı. 2011-2014 yılları arasında özel sektöre ait ilaç firmalarının Ar-Ge departmanında Analitik Metot geliştirme Uzman yardımcısı ve Uzmanı olarak çalıştı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı, Fizikokimya Bilim dalına 50/D statülü Araştırma Görevlisi olarak atandı. Ataması sebebi ile Trakya Üniversitesi doktora eğitiminden kaydını sildirip Karadeniz Teknik Üniversitesinde doktora eğitimine yeniden başladı.