

T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FİZİK ANABİLİM DALI

İYONİK AMFİFİLLERİN KARMAŞIK ÇÖZELTİLERDE
SIVI KRİSTALİK MEZOFAZLARI VE BU
MEZOFAZLARIN TERMO-OPTİKSEL VE
DİELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

DOKTORA TEZİ

YASEMİN ALTINAY

HAZİRAN 2020

MUĞLA

MUGLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEZ ONAYI

YASEMİN ALTINAY tarafından hazırlanan **İyonik amfifillerin karmaşık çözeltilerde sıvı kristalik mezofazları ve bu mezofazların termo-optiksel ve dielektriksel özellikleri** başlıklı tezinin, 29/06/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda doktora derecesi için gerekli şartları sağladığı oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

TEZ SINAV JURİSİ

Prof. Dr. Sevtap Yıldız ÖZBEK * (**Jüri Başkanı**) İmza:

Fizik Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE** (**Danışman**) İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Atilla COŞKUN (**Üye**) İmza:

Fizik Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Haluk ÖZBEK (**Üye**) İmza:

Fizik Mühendisliği, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul

Doç. Dr. Görkem OYLUMLUOĞLU (**Üye**) İmza:

Fizik Anabilim Dalı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

ANA BİLİM DALI BAŞKANLIĞI ONAYI

Prof. Dr. Atilla COŞKUN İmza:

Fizik Ana Bilim Dalı Başkanı, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE İmza:

Danışman, Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim Dalı,

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla

Savunma Tarihi: 29/06/2020

Tez çalışmalarım sırasında elde ettiğim ve sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgelerin tarafımdan bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde edildiğini; akademik ve bilimsel etik kurallarına uygun olduğunu beyan ederim. Ayrıca, akademik ve bilimsel etik kuralları gereği bu tez çalışması sırasında elde edilmemiş başkalarına ait tüm orijinal bilgi ve sonuçlara atıf yapıldığını da beyan ederim.

Yasemin ALTINAY

29/06/2020

ÖZET

**İYONİK AMFİFİLLERİN KARMAŞIK ÇÖZELTİLERDE SIVI KRİSTALİK
MEZOFAZLARI VE BU MEZOFAZLARIN TERMO-OPTİKSEL VE
DİELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ**

Yasemin ALTINAY

Doktora Tezi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE

Haziran 2020, 215 sayfa

Bu doktora tez çalışmasında, uygulama açısından önemli olan iki bileşenli, yeni çok bileşenli ve yeni karmaşık liyotropik sıvı kristalik sistemlerin mezomorfik, termotropik, termo-morfolojik, magneto-morfolojik, optiksel, magneto-optiksel ve elektriksel özellikleri geniş sıcaklık ve konsantrasyon aralıklarında incelenmiştir ve bu sistemlerin yeni uygulama alanları belirlenmiştir.

Sunulan doktora tez çalışması, beş bölüm içermektedir. Birinci bölümde çalışmanın amaç ve kapsamı tanıtılmıştır. İkinci bölümde söz konusu çalışma ile ilgili literatür özeti verilmektedir. Üçüncü bölümde kullanılan materyaller ve uygulanan deneysel yöntemler takdim edilmiştir. Dördüncü bölümde elde edilen yeni bilimsel sonuçlar, yeni bulgular ve tartışmalar verilmektedir. Bu bölüm altı kısımdan oluşmaktadır:

Birinci kısımda iki ve üç bileşenli liyotropik sistemlerin mezomorfik, morfolojik, optiksel kırıcılık ve öz elektriksel özellikleri incelenmiştir. İncelemelerde iki bileşenli liyotropik sistemler olarak (DDTMABr)+H₂O ve (HDTMABr)+H₂O karışımları ve üç bileşenli liyotropik sistemler olarak (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O karışımları hazırlanmıştır ve söz konusu özellikleri incelenmiştir. Karmaşık liyotropik sistemde DDTMABr/HDTMABr amfifillerin konsantrasyon oranının optiksel kırıcılık özelliklerine etkisi ve söz konusu sistemlerde alkil zincir uzunluğunun kırıcılık özellikleri üzerine de etkisi incelenmiştir.

İkinci kısımda çeşitli DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranlarına sahip üç bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemlerin mezomorfik ve morfolojik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca incelenen (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemlerin optiksel kırıcılık ve öz elektriksel iletkenliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılıkları incelenmiştir. Bu çalışmada izotropik misel L₁ fazı için üçlü faz diyagramında sınır bölgesi belirlenmiştir. Bununla birlikte farklı alkil uzunluğuna sahip DDTMABr+HDTMABr amfifil karışımların faz durumlarının kırılma indisi ve öz elektriksel iletkenlik özellikleri üzerine etkisi bulunmuştur.

Üçüncü kısımda çeşitli konsantrasyon oranlarına sahip iki amfifil bileşenli liyotropik sistemler, katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil karışımları kombinasyonu ile hazırlanmıştır. Karışımlarda sabit (amfifil1+amfifil2)/H₂O konsantrasyon oranında DDTMABr, HDTMABr, TDTMABr, SDDS ve SDS amfifil malzemeler kullanılmıştır. Söz konusu liyotropik sistemlerde mezomorfik, morfolojik ve magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı dönüşüm dinamikleri ve optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılıkları incelenmiştir. Bunlara ek olarak, bu liyotropik sistemlerde *mezofaz-izotropik sıvı* termotropik faz geçişlerin heterofaz alanların özellikleri incelenmiştir. Liyotropik sistemlerin termotropik faz geçiş sıcaklıkları, kapilyar sıcaklık kama yöntemi kullanılarak belirlenmiş ve termo-morfolojik özellikleri araştırılmıştır.

Dördüncü kısımda çeşitli konsantrasyon oranlarında optiksel etkin malzemeler olan şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA)'in eklenmesi ile elde edilen liyotropik nematik-kalamitik N_C mezofaz ve nematik-diskotik N_D mezofazların termo-morfolojik ve magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı değişim dinamikleri, optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılıkları ve *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz alanların özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada üç bileşenli TDTMABr+H₂O+kiral katkı liyotropik sistemlere sahip N_C mezofazında spagetti tür tekstür (kiral yapı) elde edilmiştir ve bu yapıların adım uzunlukları ve helisel dönme gücü değerleri kiral katkı konsantrasyon oranlarına bağlı olarak incelenmiştir. Ayrıca Ch_C mezofazda gözlenen spagetti çizgiler arasındaki bölgelerin planar yönelime sahip olduğu, dolayısıyla söz konusu liyotropik sistemlerin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğu belirlenmiştir. Burada alkil zinciri uzun olan TDTMABr amfifil malzemenin temelinde olan liyotropik sistemde N_C mezofazın kiral yapıyı elde etmeye uygun olduğu, teknik ve teknolojik uygulamalar açısından oldukça önemli olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, WA ve TA'in κ ve *HTP* arasındaki ilişkisi ($\kappa_{WA} > \kappa_{TA}$ ve $HTP_{WA} > HTP_{TA}$) belirlenmiştir. Dolayısıyla kiral yapı elde etmek için kullanılacak optiksel etkin malzeme seçiminin uygulamalardaki önemi de açıkça belirtilmiştir. Ayrıca dört bileşenli TDTMABr+H₂O+DeOH+kiral katkı liyotropik sistemlerde uygulama açısından önemli olan N_D mezofazı bulunmuştur ve bu mezofaza özgü olmayan "yağlı şerit" oluşumlar gözlemlendiği kaydedilmiştir.

Beşinci kısımda optiksel etkin malzeme WA ve TA eklenmesi ile elde edilen hekzagonal E mezofazın termo-morfolojik ve magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı değişim dinamikleri, optiksel kırıcılık ve öz elektriksel iletkenlik özelliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılıkları ve *E mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz alanın özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada dört bileşenli TDTMABr+H₂O+DeOH+kiral katkı liyotropik sistemlere sahip E mezofazında spagetti tür tekstür (kiral yapı) elde edilmiştir ve bu yapıların adım uzunlukları ve helisel dönme gücü değerleri kiral katkı konsantrasyon oranlarına bağlı olarak incelenmiştir. Ch_C mezofazında olduğu gibi, Ch_E mezofaz sergileyen liyotropik sistemin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğu belirlenmiştir. E mezofazında Ch_E mezofazın bulunmasının önemi açıkça vurgulanmıştır. Nitekim Ch_E mezofazın bulunması bu tez çalışması için yeni uygulama alanlarına bakış açısından oldukça büyük önem arz etmektedir.

Altıncı kısımda ise WA ve TA kiral katkının eklenmesi ile elde edilen lamellar D mezofazın termo-morfolojik ve magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı değişim dinamikleri, optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılıkları ve *D mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz alanlarının özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada dört bileşenli TDTMABr+H₂O+ DeOH +kiral katkı liyotropik sistemlerde lamellar D mezofazında daha önce bilimsel literatürde sunulmayan olağandışı küresel mikrodamlacık (microdroplet) oluşumlar elde edilmiştir ve incelenmiştir.

Tezin son bölümü olan beşinci bölümde ise bulguların ve yeni bilimsel sonuçların kısa özeti verilmektedir.

Doktora tez çalışmasında elde edilen yeni bilimsel sonuçlar ve bulgular SCI indisi dergilerde yayınlanmış ve çeşitli ulusal ve uluslararası konferanslarda sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Liyotropik Sıvı Kristalik Sistemler, Mezofaz, Amfil, Karmaşık Liyotropik Sistemler, Tekstür, Heterofaz Alanı, Faz Geçişler, Termotropik, Liyotropik, Kırılma İndisi, Öz Elektriksel İletkenlik, Kiral Katkı, Spiral Yapı, Helisel Dönme Gücü

ABSTRACT

THE LIQUID CRYSTALLINE MESOPHASES OF IONIC AMPHIPHILES IN MIXED SOLUTIONS AND THEIR THERMO-OPTICAL AND DIELECTRICAL PROPERTIES

Yasemin ALTINAY

Philosophy of Doctor (PhD)

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Physics Department

Supervisor: Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE

June 2020, 215 pages

In this the PhD thesis, the mesomorphic, thermotropic, thermo-morpholojic, magneto-morpholojic, optical, and magneto-optical and electrical properties of the bicomponent, new multicomponent and new complex lyotropic liquid crystalline systems that are important for application have been investigated in wide temperature and concentration rates and new application areas of these systems were (have been) determined.

The presented PhD thesis includes five chapters. In the first chapter, the purpose and scope of the study are introduced. In the second chapter, a literature review about the study is given. In the third chapter, the materials used and the experimental methods applied are presented. In the fourth chapter, new scientific results, new findings and discussions are given.

In the first section of this study, mesomorphic, morpholojic, optical refractive and specific electrical properties of the binary and ternary lyotropic systems have been investigated. In the investigations, (DDTMABr)+H₂O mixtures and (HDTMABr)+H₂O mixtures have been prepared as bicomponent lyotropic systems and (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O mixtures have been prepared as ternary lyotropic systems. In complex lyotropic systems, the effect of concentration of the DDTMABr/HDTMABr amphiphile on the optical refractive properties and in lyotropic systems, the effect of length of the hydrophobic chain on the refractive properties have been researched too.

In the second section, the mesomorphic and morpholojic properties of the ternary (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O lyotropic systems with various DDTMABr/HDTMABr concentration ratios have been investigated. Also, the temperature and concentration dependences of the optical refractive properties and specific electrical conductivity properties of (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O lyotropic systems have been investigated. In this study, the boundary region in the ternary phase diagram has been determined for isotropic micellar L₁ phase. In addition, mutual influence of the DDTMABr and HDTMABr amphiphilic mixtures

with different alkyl length on the phase states, refractive index and specific electrical conductivity properties have been found.

In the third section, bicomponent amphiphilic lyotropic systems with various concentration combinations have been prepared by using cationic – cationic, anionic – anionic and cationic –anionic lyotropic mixtures. In amphiphilic mixtures, DDTMABr, HDTMABr, TDTMABr, SDDS and SDS amphiphile materials at a constant (amphiphil1+amphiphil2)/H₂O concentration ratio *have been used*. In the lyotropic systems, time-dependent transformation dynamics of mesomorphic, morphologic and magneto-morphologic properties and the temperature and concentration dependences of the optical refractive properties have been investigated. Additionally, the properties of the heterophase regions of the *mesophase – isotropic liquid* phase transitions have been investigated in lyotropic systems. Thermotropic phase transition temperatures of these lyotropic systems have been determined by using capillary temperature wedge method and thermo-morphologic properties have been investigated.

In the fourth section, the effect of optically active dopants as tartaric acid (TA) and wine acid (WA) on the time-dependent change dynamics of thermo-morphologic and magneto-morphologic properties, the temperature and concentration dependences of the optical refractive properties, the properties of the heterophase area of the *mesophase–isotropic liquid* phase transitions of nematic-calamitic N_C mesophase and nematic-discotic N_D mesophase have been investigated. In this study, the spaghetti-like texture (chiral structure) have been found in N_C mesophase with ternary TDTMABr+H₂O+chiral dopants lyotropic systems and the pitch and helical twisting power (HTP) values of these structures have been examined depending on the concentration of dopants. In addition, it has been determined that the regions between the spaghetti lines in the Ch_C mesophase have planar orientation and accordingly, the lyotropic system with the Ch_C mesophase has negative diamagnetic anisotropy. Here, it has been demonstrated that the N_C mesophase in the lyotropic system, which is the basis of the TDTMABr amphiphilic material with a long alkyl chain, is suitable for obtaining the chiral structure and is very important in terms of technical and technological applications. Furthermore, it has been clearly stated that in terms of application, the relationship between κ and *HTP* ($\kappa_{WA} > \kappa_{TA}$ ve $HTP_{WA} > HTP_{TA}$) of WA and TA chiral dopants is important in choosing the optically active dopants to be used to obtain the chiral structure. Besides, N_D mesophase, which is important for application in quaternary TDTMABr+H₂O+DeOH+chiral dopant lyotropic systems, was found and it was noted that "oily streaks" formations not specific to this mesophase were observed.

In the fifth section, the effect of optically active dopants as wine acid (WA) and tartaric acid (TA) on the time-dependent change dynamics of thermo-morphologic and magneto-morphologic properties, the temperature and concentration dependences of the optical refractive properties and specific electrical properties and the properties of the heterophase area of the *E mesophase–isotropic liquid* phase transitions of hexagonal E mesophase have been investigated. In this study, the spaghetti-like texture (chiral structure) have been found in the quaternary TDTMABr+H₂O+DeOH+chiral dopants lyotropic systems and the pitch and helical twisting power (HTP) values of these structures have been examined depending on the concentration of dopants. As the Ch_C mesophase, the lyotropic system with the

Ch_E mesophase has been found to have negative diamagnetic anisotropy. The importance of finding the Ch_E mesophase in the E mesophase has been clearly emphasized. Hence, the presence of Ch_E mesophase with E mesophase chiral structure, is sufficiently important for this study in terms of new application areas.

In the sixth section, the effect of optically active dopants as wine acid (WA) and tartaric acid (TA), on the time-dependent change dynamics of thermo-morphologic and magneto-morphologic properties, the temperature and concentration dependences of the optical refractive properties and specific electrical properties and the properties of the heterophase area of the *D mesophase–isotropic liquid* phase transitions of D mesophase have been investigated. In this study, unusual textures with the spherical microdroplet formations that have not been previously presented in the scientific literature for lamellar D mesophase *have been found in* quaternary TDTMABr+H₂O+aliphatic alcohol+chiral dopants lyotropic systems and have been examined.

In the last chapter of the thesis, a short summary of the findings and new scientific results are given.

New scientific results and findings obtained in the PhD thesis were published in number of SCI indexed journals and were presented in various National and International conferences.

Keywords: Lyotropic Liquid Crystalline, Mesophase, Amphiphile, Complex Lyotropic System, Texture, Heterophase Area, Phase Transition, Thermotropic, Lyotropic, Refractive Index, Specific Electrical Conductivity, Chiral Dopant, Helical Structure, Helical Twisting Power

Sevgili eşim Gökhan, güzel kızım Beren ve kıymetli aileme



ÖNSÖZ

Doktora tez çalışmam süresince değerli bilgi, birikim ve deneyimlerinden yararlandığım, desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, kendisi ile çalışmayı büyük şans olarak gördüğüm ve örnek aldığım kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE' ye sonsuz şükranlarımı ve saygılarımı sunarım.

Doktora çalışmam sırasında ve öğrenim hayatım boyunca bilgi ve tecrübeleriyle her zaman desteklerini gördüğüm değerli hocalarım; Prof. Dr. Sevtap Yıldız ÖZBEK, Prof. Dr. Haluk ÖZBEK, Prof. Dr. Ramazan GÜP, Prof. Dr. Atilla COŞKUN, Prof. Dr. Mehmet GÜNEŞ, Doç. Dr. Görkem OYLUMLUOĞLU başta olmak üzere katkıda bulunan tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımnda bana her zaman yardımcı ve destek olan grup arkadaşlarım Araş. Gör. Dr. Pınar ÖZDEN ve Araş. Gör. Dr. Atilla E. MAMUK başta olmak üzere Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fizik Bölümü'nde birlikte görev yaptığım çalışma arkadaşlarıma ve tüm arkadaşlarıma yine destekleri için teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemi sağlayan ve her zaman yardımlarını esirgemeyen kıymetli annem, babam, kardeşlerim ve sevgili aile büyüklerime; bu hayatı paylaştığım, desteğini ve sevgisini her zaman hissettiğim canım eşim Gökhan ALTINAY'a ve güzeller güzeli kızım Beren'e yanımda oldukları için yürekten teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü 17/132 numaralı araştırma projesi ile desteklenmiştir, teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	xii
İÇİNDEKİLER	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xxviii
1. GİRİŞ	1
1.1. Amaç ve Kapsam.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ - LİYOTROPİK SİSTEMLERİN POLİMORFİZM... 7	7
2.1. Liyotropik Sistemlerin Doğası	7
2.2. Liyotropik Sıvı Kristal Sistemlerin Doğası	7
2.3. Liyotropik Sıvı Kristal Mezofazların Yapıları ve Bazı Özellikleri.....	14
2.3.1. Liyotropik Nematik Mezofazlar.....	17
2.3.2. Liyotropik Hekzagonal E Mezofaz	20
2.3.3. Liyotropik Lamellar D Mezofaz	21
2.3.4. Liyotropik Kübik Faz.....	23
2.3.5. Liyotropik Kolesterik Ch Sıvı Kristal Mezofaz	23
2.4. Liyotropik Sıvı Kristal Sistemlerde Yönelim Türleri	27
2.5. Liyotropik Sıvı Kristal Sistemlerde Tekstür Türleri	28
2.5.1. Liyotropik Nematik Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler	29
2.5.2. Lamellar D Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler.....	32
2.5.3. Hekzagonal E Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler	33
2.5.4. Kolesterik Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler	34
3. MATERYALLER VE YÖNTEMLER	36
3.1. İncelenen Materyaller	36
3.2. Sandviç-Hücre Tipi Sıvı Kristal Örneklerin Hazırlanması	40
3.3. İnceleme Yöntemleri	41
3.3.1. Politermik Optiksel Mikroskopi (POM) Yöntemi	41
3.3.2. Politermik Optiksel Refraktometri (POR) Yöntemi	44
3.3.3. Politermik Konduktivimetri (PK) Düzenegi	46
3.3.4. Kapilyar Sıcaklık Kama (KSK) Yöntemi	47
3.3.5. Optiksel Harita (OH) Yöntemi.....	49

3.3.6. Kayma Akışında Elektriksel İletkenlik Anizotropisi Yöntemi	51
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR	54
4.1. İKİ VE ÜÇ BİLEŞENLİ LİYOTROPİK SİSTEMLER.....	54
4.1.1. (DDTMABr+HDTMABr)+H ₂ O Liyotropik Sistemin Faz Halleri	54
4.1.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	57
4.1.3. Elektriksel İletkenlik Anizotropi Özellikleri.....	62
4.2. AMFİFİL KARIŞIMLI LİYOTROPİK SİSTEMLER.....	65
4.2.1. (DDTMABr+HDTMABr)+H ₂ O Liyotropik Sistemin Faz Halleri	65
4.2.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	68
4.2.3. Öz Elektriksel İletkenlik Özellikler	71
4.3. KATYONİK-KATYONİK, ANYONİK-ANYONİK VE KATYONİK- ANYONİK LİYOTROPİK SİSTEMLER.....	76
4.3.1. Tekstürler ve Magneto-Morfolojik Özellikler	77
4.3.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	82
4.3.3. <i>Mezofaz-İzotropik Sıvı</i> Faz Geçişin Heterofaz Alanların Özellikleri	88
4.4. LİYOTROPİK NEMATİK-KALAMİTİK N _C VE NEMATİK-DİSKOTİK N _D MEZOFAZLARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ	91
4.4.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Dönüşümlerin Dinamiği	92
4.4.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	121
4.4.3. <i>Nematik Mezofaz-İzotropik Sıvı</i> Faz Geçiş Bölgelerin Özellikleri.....	128
4.5. LİYOTROPİK HEKZAGONAL E MEZOFAZIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ	136
4.5.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Dönüşümlerin Dinamiği	137
4.5.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	150
4.5.3. Öz Elektriksel İletkenlik Özellikler	154
4.5.4. <i>Hekzagonal E Mezofaz-İzotropik Sıvı</i> Faz Geçiş Bölgelerin Özellikleri.....	156
4.6. LİYOTROPİK LAMELLAR D MEZOFAZIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ.....	161
4.6.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Özelliklerinin Dönüşüm Dinamiği	162
4.6.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri	174
4.6.3. <i>Lamellar D Mezofaz-İzotropik Sıvı</i> Faz Geçiş Bölgelerin Özellikleri.....	177
5. BULGULARIN VE YENİ BİLİMSEL SONUÇLARIN KISA ÖZETİ.....	182
KAYNAKLAR	196
ÖZGEÇMİŞ.....	213

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları	54
Çizelge 4.2. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin faz halleri.....	55
Çizelge 4.3. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları	57
Çizelge 4.4. Amfifil karışımli liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları	65
Çizelge 4.5. Amfifil karışımli liyotropik sistemlerin faz halleri.....	66
Çizelge 4.6. İki bileşenli amfifilik liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları.....	76
Çizelge 4.7. Katyonik-kasyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik liyotropik sistemlerin faz halleri.....	82
Çizelge 4.8. K7-K15 liyotropik örneklerinde <i>M-I</i> faz geçişin termotropik özellikleri (K7-K9 örneği için M hegzagonal E mezofaz, K10-K12 örneği için M lamellar D mezofaz, K13-K15 örneği için M lamellar D mezofaz).....	90
Çizelge 4.9. N_C ve N_D mezofazları sergileyen $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ ve $TDTMABr +H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları.....	91
Çizelge 4.10. $W_{NC1}-W_{NC5}$ liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı helisel dönme gücü (HTP) değerleri	108
Çizelge 4.11. $W_{NC1}-W_{NC5}$ liyotropik örneklerinde <i>Ch_C-I</i> faz geçişin sıcaklık değerleri.....	133
Çizelge 4.12. $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ ve $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları	136
Çizelge 4.13. $W_{E6}-W_{E10}$ liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı helisel dönme gücü (HTP) değerleri	146
Çizelge 4.14. $W_{E6}-W_{E10}$ liyotropik örneklerinde <i>Ch_E-I</i> faz geçişin sıcaklık değerleri.....	160
Çizelge 4.15. $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ ve $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları	161

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması	8
Şekil 2.2. Amfifil molekülün şematik görünümü	9
Şekil 2.3. Amfifil moleküllerin sınıflandırılması a) katyonik, b)anyonik, c) zwitteriyonik ve d) iyonik olmayan.....	9
Şekil 2.4. İki ve üç boyutlu misel yapının görünümü	10
Şekil 2.5. Normal ve ters misel yapının görünümü.....	10
Şekil 2.6. Amfifil konsantrasyonuna bağlı olarak değişen yüzey gerilim eğrisi	11
Şekil 2.7. Küresel, çubuksu ve plakalı misellerin şematik görünümü	12
Şekil 2.8. Kritik paketlenme geometrisinin şematik görünümü (Ito vd., 2016).....	12
Şekil 2.9. Amfifil+su liyotropik sıvı kristalik sistemlerin ikili faz diyagramı (CMC1, küresel miseller için kritik misel konsantrasyonu; CMC2, çubuksu miseller için kritik misel konsantrasyonu) (Raman, vd., 1996)	15
Şekil 2.10. Amfifil + su + yağ liyotropik sıvı kristalik sistemlerin üçlü faz diyagramı	16
Şekil 2.11. Amfifil konsantrasyonuna bağlı olarak meydana gelen faz ve mezofazların şematik gösterimi.....	17
Şekil 2.12 a) N_C ve b) N_D mezofazının şematik yapısı	19
Şekil 2.13. N_{bx} mezofazının şematik yapısı	20
Şekil 2.14. Hekzagonal E mezofazın şematik yapısı	21
Şekil 2.15. Lamellar D mezofazın şematik yapısı	22
Şekil 2.16. a) I_1 ve b) $Im3m$ kübik fazın şematik yapısı	23
Şekil 2.17. Kolesterik sıvı kristal mezofazda moleküllerin yönelimi (n) ve adım uzunluğunun (p) şematik gösterimi.....	25
Şekil 2.18. Spiral yapıya sahip DNA molekülü	25
Şekil 2.19. Kutuplanma düzleminde ışığın optiksel etkinliği	26
Şekil 2.20. Sıvı kristal yapı birimlerinin yönelim türlerinin şematik görünüşü. a) planar yönelim; b) homeotropik yönelim; c) twist yönelim.	27
Şekil 2.21. Liyotropik a) N_C (Nesrullajev, 2007) ve b) N_D (Sampaio vd., 2004) mezofazda gözlenen schlieren tekstürü	30
Şekil 2.22. Nematik mezofazda gözlenen schlieren tekstürü.....	30
Şekil 2.23. Nematik mezofazda gözlenen a) iplik tür oluşumlar b) inversiyon duvarları (Dierking, 2003).....	31
Şekil 2.24. Mermer tür tekstür	32

Şekil 2.25. Lamellar D mezofazında gözlenen a) pseudo-izotropik fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlar içeren tekstür (Nesrullajev, 2007), b) küçük konfokalli tekstür	32
Şekil 2.26. Hekzagonal E mezofazında gözlenen a) konfokal tekstür (Nesrullajev, 2007), b) yelpaze tür tekstür, c) açılı tekstür (Nesrullajev, 2007), d) lif tür tekstür	34
Şekil 2.27. Kolesterik Ch mezofazda gözlenen a) parmak izi tekstür (Nesrullajev, 2007), b) spagetti tür tekstür	34
Şekil 3.1. DDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	37
Şekil 3.2. TDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	37
Şekil 3.3. HDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	38
Şekil 3.4. SDS molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	38
Şekil 3.5. SDDS molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	38
Şekil 3.6. DeOH molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü	38
Şekil 3.7. WA bileşiğinin kimyasal formülü ve yapısının iki ve üç boyutlu görünümü	38
Şekil 3.8. TA bileşiğinin kimyasal formülü ve yapısının iki ve üç boyutlu görünümü	39
Şekil 3.9. Sandviç-hücrenin şematik görünümü 1) alt ve üst referans cam yüzeyler, 2) çift taraflı bant, 3) sıvı kristal örneğin bulunduğu bölge	41
Şekil 3.10. Olympus BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop ve görüntüleme sistemi	42
Şekil 3.11. Olympus BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop şematik gösterimi	43
Şekil 3.12. "Pasco" marka mıknatıs ve manyetik alan B' nin ve yön vektörü n' nin yönelimleri 1) analizör, 2) sandviç-hücrenin referans yüzeyleri, 3) polarizör	44
Şekil 3.13. Işığın bir ortamdan diğer bir ortama ilerlerlemesi	44
Şekil 3.14. Politermik Optiksel Refraktometri düzeneği	45
Şekil 3.15. Politermik Optiksel Refraktometri düzeneği ve şematik gösterimi	45
Şekil 3.16. Politermik Konduktivimetri düzeneği	46
Şekil 3.17. Politermik Konduktivimetri düzeneğinin şematik gösterimi 1) örnek tutucu, 2) su ısıtıcı, 3) deney tüpü, 4) iletkenlik probu, 5) liyotropik sıvı kristalik örnek, 6) iletkenlik ölçüm cihazı, 7) bilgisayar sistemi	47

Şekil 3.18. Kapilyar sıcaklık kama düzeneğinin şematik gösterimi 1) ısıtıcılar; 2) ısıtıcıların çerçeveleri; 3) Pt rezistans termometreler; 4) sandviç-hücre; 5) Cu-Co termoçiftler; 6) mikroskop objektifi; 7) dijital foto kamera; 8) güç kaynağı; 9) sıcaklık kontrol sistemi; 10) termoçiftler için multimetre; 11) termoçiftler için termostat	48
Şekil 3.19. Sandviç-hücre boyunca genel sıcaklık dağılımı (Nesrullajev, 1992)	49
Şekil 3.20. Çapraz polarizör (P) ve analizör (A) sabit, sandviç -hücre mikroskop masası üzerinde döndürülüyor. Durumun şematik görünümü.	50
Şekil 3.21. Sandviç-hücre sabit, çapraz polarizör (P) ve analizör (A) birlikte çapraz konumda döndürülüyor. Durumun şematik görünümü.	50
Şekil 3.22. Sandviç-hücre sabit, çapraz polarizör (P) ve analizör (A) sabit. Durumun şematik görünümü.	51
Şekil 3.23. Koaksiyal küvette X, Y ve Z yönlerinde elektrotların şeması 1 - sabit parça, 2 - dönen kısım, 3 - liyotropik sistem, 4 - elektrotlar (Özden, 2017)	52
Şekil 3.24. Çubuksu ve plakalı misellere sahip liyotropik sıvı kristalik sistemlerde öz elektriksel iletkenlik anizotropisinin X, Y ve Z doğrultularındaki değişimlerin şematik diyagramı (Heckmann ve Götz, 1958)	53
Şekil 4.1. İzotropik misel L ₁ fazının üç boyutta şematik görünümü.....	55
Şekil 4.2. S11-S15 örneklerinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K	55
Şekil 4.3. Hekzagonal E mezofazının üç boyutta şematik görünümü.....	56
Şekil 4.4. (DDTMABr+HDTMABr)+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S1 örnek; b- S2 örnek; c- S3 örnek; d- S4 örnek; e- S5 örnek.....	58
Şekil 4.5. (DDTMABr+HDTMABr)+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.....	58
Şekil 4.6. DDTMABr+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S6 örnek; b- S7 örnek; c- S8 örnek; d- S9 örnek; e- S10 örnek.	59
Şekil 4.7. HDTMABr+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S11 örnek; b- S12 örnek; c- S13 örnek; d- S14 örnek; e- S15 örnek.	60
Şekil 4.8. DDTMABr+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.	61
Şekil 4.9. HDTMABr+H ₂ O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.	61
Şekil 4.10. İzotropik misel L ₁ fazının (S1-S10 örnekleri için) elektriksel iletkenlik anizotropisinin X- ve Y-yönündeki dönme frekansına bağlı değişimi.....	62

- Şekil 4.11. Hekzagonal E mezofazının elektriksel iletkenlik anizotropisinin X- ve Y-yönündeki dönme frekansına bağlı değişimi a) S12 örnek ve b) S14 örnek 63
- Şekil 4.12. S11-S15 örnekleri için HDTMABr amfilil konsantrasyona bağlı $\left[\frac{\sigma(v) - \sigma_o}{\sigma_o} \right]_{max}$ eğrisi. a-X yönünde, b-Y yönünde 64
- Şekil 4.13. İzotropik misel L₁ fazında gözlenen tekstürler. a) Çapraz polarizörler, b) paralel polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K 66
- Şekil 4.14. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde L₁ fazı için üçlü faz diyagramı gözlenen tekstürler. Gri bölge L₁ fazı ve E mezofazının birlikte bulunduğu alanlardır. 1 ve 2 numaralı bölge hekzagonal E mezofazının farklı tekstürlerine karşılık gelmektedir. Sıcaklık 298.5 K... 66
- Şekil 4.15. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde hekzagonal E mezofazında gözlenen tekstürler. a) konfokal tekstür (1 numaralı bölge), b) lif tür tekstür (2 numaralı bölge) Çapraz polarizörler, büyütme x100, sıcaklık 308.5 K 67
- Şekil 4.16. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. A : a- M1 örnek; b- M2 örnek; c- M3 örnek; d: M4 örnek; e: M5 örnek ; B : a- M6 örnek; b- M7 örnek; c- M8 örnek; d- M9 örnek; e- M10 örnek ; C : a- M11 örnek; b- M12 örnek; c- M13 örnek; d- M14 örnek; e- M15 örnek 70
- Şekil 4.17. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi (M1-M15 örnekleri) için kırılma indisinin (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyona bağlılığı: A-M1 örnek; B -M6 örnek; C-M11 örnek; a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K 71
- Şekil 4.18. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için elektriksel iletkenliğin sıcaklığa bağlılığı. A : a- M1 örnek; b- M2 örnek; c- M3 örnek; d- M4 örnek; e- M5 örnek ; B : a- M6 örnek; b- M7 örnek; c- M8 örnek; d- M9 örnek; e- M10 örnek ; C : a- M11 örnek; b- M12 örnek; c- M13 örnek; d- M14 örnek; e- M15 örnek 73
- Şekil 4.19. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi (M1-M15 örnekleri) için elektriksel iletkenliğin (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyona bağlılığı: A-M1 örnek; B -M6 örnek; C-M11 örnek; a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. 74
- Şekil 4.20. K1-K6 liyotropik sistemin tekstürü. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K. 77
- Şekil 4.21. K8 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K, a) Mermer tür (marble-like) tekstür (manyetik alan etkisi bulunmayan), b) 3 saat manyetik alan etkisinde, c) 6 saat manyetik alan etkisinde ve d) 24 saat manyetik alan etkisinde oluşan tekstürleri. 78
- Şekil 4.22. Sanki-izotropik arka fon üzerinde mermer tür oluşumların şematik gösterimi. İşaretler, mermer tür oluşumların n yönelim vektörlerini göstermektedir. 79

- Şekil 4.23. K11 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K. a) Genel tekstür (manyetik alan etkisi bulunmayan), b) 3 saat manyetik alan etkisinde, c) 6 saat manyetik alan etkisinde ve d) 24 saat manyetik alan etkisinde. 80
- Şekil 4.24. K14 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 308.5 K, b) 311.3 K. 81
- Şekil 4.25. Manyetik alan etkisi altında bulunan K14 örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K. a) 3 saat alan etkisinde, b) 6 saat alan etkisinde ve c) 24 saat alan etkisinde. 82
- Şekil 4.26. K1-K15 örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. A : a- K1 örnek; b- K2 örnek; c- K3 örnek; B: a- K4 örnek; b- K5 örnek ; c- K6 örnek; C: a- K7 örnek; b- K8 örnek; c- K9 örnek; D: a- K10 örnek ; b- K11 örnek; c- K12 örnek; E: a- K13 örnek; b- K14 örnek; c- K15 örnek. 85
- Şekil 4.27. K1-K15 örnekleri için kırılma indisinin amfifil konsantrasyona bağlılığı: A-K1 örnek; B -K4 örnek; C-K7 örnek; D-K10 örnek; E-K13 örnek. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. 87
- Şekil 4.28. Sıvı kristalik *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş bölgesinin tekstürleri. Çapraz polarizörler, büyütme x100 a) K8 örnek, b) K11 örnek, c) K14 örnek. 88
- Şekil 4.29. Sıvı kristalik *mezofaz - izotropik sıvı* faz geçişin (*M-I*) heterofaz alanın şematik görünümü. 89
- Şekil 4.30. (a) N_{C1} örneğin ve (b) N_{D1} örneğin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. 92
- Şekil 4.31. N_C (a) ve N_D (b) mezofazların çubuksu ve disk biçimli misellerin şematik görünümü (Nesrullejev, 2010). 93
- Şekil 4.32. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan N_{C1} örneğinin zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra. 94
- Şekil 4.33. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan N_{D1} örneğinin zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra. 94
- Şekil 4.34. Manyetik alan etkisi altında bulunan N_{C1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 95
- Şekil 4.35. Manyetik alan etkisi altında bulunan N_{D1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 95
- Şekil 4.36. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{NC1} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 97

- Şekil 4.37. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{NC1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde, e) 72 saat alan etkisinde..... 97
- Şekil 4.38. Kiral yapının helisel eksen yönünü, dış manyetik alanın yönünü, B ve kiral yapının adımını, p gösteren şematik gösterim. 100
- Şekil 4.39. $TDTMABr+H_2O$ (a) ve $TDTMABr+H_2O+TA$ (b) liyotropik sistemlerde sonlu uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi..... 101
- Şekil 4.40. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{NC3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 101
- Şekil 4.41. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{NC3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde ve e) 72 saat alan etkisinde. 102
- Şekil 4.42. $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sisteminde TA konsantrasyonuna bağlı N_C mezofazın morfolojik durumu. 104
- Şekil 4.43. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{NC4} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 105
- Şekil 4.44. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{NC4} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde ve e) 72 saat alan etkisinde. 106
- Şekil 4.45. W_{NC4} örneğinin a) manyetik alan etkisinden çıktıktan hemen sonra, b) manyetik alan etkisinden çıktıktan 1 saat sonra, c) manyetik alan etkisinden çıktıktan 2 saat sonra. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. .. 107
- Şekil 4.46. $W_{NC1}-W_{NC5}$ örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun optiksel etkin W_A malzemenin konsantrasyonu ile değişimi. 108
- Şekil 4.47. $TDTMABr+H_2O$ (a) ve $TDTMABr+H_2O+W_A$ (b) liyotropik sistemlerde sonlu uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi..... 109
- Şekil 4.48. Manyetik alan etkisinde bulunan W_{NC4} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Çapraz konumda bulunan polarizörler sabit konumda bulunan örnek etrafında saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür..... 110
- Şekil 4.49. N_C mezofazın çubuksu misellerin manyetik alandaki konumu yön vektörü n 'nin ve dış manyetik alan B 'in yönleri. 1-analizör, 2- sandviç-hücrenin referans yüzeyi, 3-polarizör..... 110
- Şekil 4.50. $TDTMABr+H_2O+W_A$ liyotropik sisteminde W_A konsantrasyonuna bağlı N_C mezofazının morfolojik durumu. 111

- Şekil 4.51. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{ND3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 112
- Şekil 4.52. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{ND3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 113
- Şekil 4.53. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{ND5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 114
- Şekil 4.54. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{ND5} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 114
- Şekil 4.55. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde TA konsantrasyonuna bağlı N_D mezofazının morfolojik durumu. 115
- Şekil 4.56. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND2} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 116
- Şekil 4.57. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND2} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 117
- Şekil 4.58. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 118
- Şekil 4.59. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND5} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 118
- Şekil 4.60. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND7} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 119
- Şekil 4.61. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND7} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 120
- Şekil 4.62. TDTMABr+H₂O ve TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- N_{C1} örnek; b- W_{NC1} örnek; c- W_{NC2} örnek; d- W_{NC3} örnek; e- W_{NC4} örnek; f- W_{NC5} örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 122
- Şekil 4.63. TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- T_{NC1} örnek; b- T_{NC2} örnek; c- T_{NC3} örnek; d- T_{NC4} örnek; e- T_{NC5} örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 123
- Şekil 4.64. W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri ve T_{NC1} - T_{NC5} örnekleri için kırılma indisinin A-WA konsantrasyonuna ve B- TA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0

- K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 124
- Şekil 4.65. TDTMABr+DeOH+H₂O ve TDTMABr+DeOH+H₂O+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- N_D1 örnek; b- W_{ND}1 örnek; c- W_{ND}2 örnek; d- W_{ND}3 örnek; e- W_{ND}4 örnek; f- W_{ND}5 örnek; g- W_{ND}6 örnek; h- W_{ND}7 örnek. 126
- Şekil 4.66. TDTMABr+DeOH+H₂O+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- T_{ND}1 örnek; b- T_{ND}2 örnek; c- T_{ND}3 örnek; d- T_{ND}4 örnek; e- T_{ND}5 örnek; f- T_{ND}6 örnek; g- T_{ND}7 örnek. 126
- Şekil 4.67. W_{ND}1-W_{ND}7 ve T_{ND}1-T_{ND}7 örnekleri için kırılma indisinin A- WA konsantrasyonuna ve B- TA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. 127
- Şekil 4.68. N_C1 örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 303.2 K, b) 319.2 K ve c) 324.5 K..... 129
- Şekil 4.69. N_C1 örneğinin düz N_C mezofazı-I (a) ve ters I-N_C mezofazı (b) termotropik faz geçişlerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. ... 129
- Şekil 4.70. N_C mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (N_C+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+H₂O liyotropik sistem..... 130
- Şekil 4.71. Kiral yapıyı sergileyen Ch_C mezofazı-izotropik sıvı faz geçiş bölgesi. a- T_{NC}1 örneği; b-W_{NC}1 örneği; c- W_{NC}2 örneği; d- W_{NC}3 örneği; e- W_{NC}4 örneği; f- W_{NC}5 örneği. Çapraz polarizörler. Büyütme x100..... 132
- Şekil 4.72. Ch_C mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (Ch_C+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+TA ve TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemler. 132
- Şekil 4.73. N_D1 örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100, a) 309.2 K, b) 325.2 K ve c) 330.5 K..... 134
- Şekil 4.74. N_D1 örneğinin düz N_D mezofazı-I (a) ve ters I-N_D mezofazı (b) termotropik faz geçişlerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. ... 134
- Şekil 4.75. N_D mezofazı-izotropik sıvı (a) ve izotropik sıvı-N_D mezofazı (b) heterofaz alanlarının şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistem. 135
- Şekil 4.76. (a) E1 örneğinin (Nesrullajev and Altinay, 2020) ve (b) Liyotropik hegzagonal E mezofazının (Nesrullajev, 2010) tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100..... 137
- Şekil 4.77. E1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra, c) 72 saat sonra. 138
- Şekil 4.78. Manyetik alan etkisi altında bulunan E1 örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 138

- Şekil 4.79. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{E3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 139
- Şekil 4.80. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{E3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 140
- Şekil 4.81. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{E3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 141
- Şekil 4.82. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{E3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 142
- Şekil 4.83. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{E7} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 143
- Şekil 4.84. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{E7} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde, e) 72 saat alan etkisinde. 144
- Şekil 4.85. W_{E6} - W_{E10} örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun optiksel etkin WA malzemenin konsantrasyonu ile değişimi. 145
- Şekil 4.86. Manyetik alan etkisinde bulunan W_{E7} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Çapraz konumda bulunan polarizörler sabit konumda bulunan örnek etrafında saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür. 146
- Şekil 4.87. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{E11} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 147
- Şekil 4.88. W_{E11} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 148
- Şekil 4.89. $TDTMABr+DeOH+H_2O$ (a) ve $TDTMABr+DeOH+H_2O+WA$ (b) liyotropik sistemlerde sanki sonsuz uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi. 149
- Şekil 4.90. Tipik konfokal (a) ve yelpaze (b) tür oluşumların tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. 149
- Şekil 4.91. $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sisteminde WA konsantrasyonuna bağlı hegzagonal E mezofazının morfolojik durumu. 150
- Şekil 4.92. $TDTMABr+H_2O+DeOH$ ve $TDTMABr+H_2O+DeOH$ liyotropik sistemin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- $E1$ örnek; b- T_{E1} örnek; c- T_{E2} örnek; d- T_{E3} örnek; e- T_{E4} örnek; f- T_{E5} örnek; g- T_{E6} örnek; h- T_{E7} örnek. 151

- Şekil 4.93. TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- W_{E1} örnek; b- W_{E2} örnek ; c- W_{E3} örnek; d- W_{E4} örnek; e- W_{E5} örnek; f- W_{E6} örnek; g- W_{E7} örnek; h- W_{E8} örnek; i- W_{E9} örnek; j- W_{E10} örnek; k- W_{E11} örnek; l- W_{E12} örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 151
- Şekil 4.94. T_{E1}-T_{E7} örnekleri ve W_{E1}-W_{E12} örnekleri için kırılma indisinin A- TA konsantrasyonuna ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 153
- Şekil 4.95. T_{E1}-T_{E7} örnekleri ve W_E -W_{E12} örnekleri için öz elektriksel iletkenliğin A- TA konsantrasyonuna ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir. 155
- Şekil 4.96. W_{E4} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 340.3 K, b) 352.0 K ve c) 358.1 K. 157
- Şekil 4.97. W_{E4} örneğinin düz *E mezofazı-I* (a) ve ters *I-E mezofazı* (b) termotropik faz geçişlerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. 157
- Şekil 4.98. E mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (E+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistem. ... 158
- Şekil 4.99. Kiral yapıyı sergileyen *Ch_E mezofazı-izotropik sıvı* faz geçiş bölgesi . a- W_{E6} örneği; b- W_{E7} örneği; c- W_{E8} örneği; d- W_{E9} örneği; e- W_{E10} örneği. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. 159
- Şekil 4.100. Ch_E mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (Ch_E+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistem. 159
- Şekil 4.101. (a) D1 örneğinin (Altınay and Nesrullajev, 2020) ve (b) Liyotropik lamellar D mezofazının (Quian, 2015) tekstürleri. 163
- Şekil 4.102. Termotropik kolesterik mezofazında gözlenen tipik “yağlı şerit” oluşumlu tekstür. 163
- Şekil 4.103. D1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra. 164
- Şekil 4.104. D1 örneğinin zamanla manyetik alan etkisi ile zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 164
- Şekil 4.105. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{D5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra. 166
- Şekil 4.106. T_{D5} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstürler dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 166

- Şekil 4.107. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{D1} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra..... 167
- Şekil 4.108. W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 168
- Şekil 4.109. W_{D2} - W_{D7} örneklerinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. 169
- Şekil 4.110. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{D3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra, c) 72 saat sonra. 170
- Şekil 4.111. W_{D3} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde. 170
- Şekil 4.112. Homeotropik olarak yönelmiş tek optiksel eksenli mezofazın konoskopik görüntüsü..... 171
- Şekil 4.113. Optiksel olarak tek eksenli sıvı kristal mezofaz için konoskopik görüntünün şematik görünümü (*o* ve *e* sırasıyla olağan ve olağan dışı ışınları, **no** ve **ne** ise olağan ve olağandışı ışınların kırılma indisini temsil etmektedir.)..... 172
- Şekil 4.114. W_{E7} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Çapraz konumda bulunan polarizörler saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür..... 173
- Şekil 4. 115. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde lamellar D mezofazının optiksel etkin malzeme WA'nın konsantrasyonun değişimi ile tekstür dönüşümü diyagramı. 173
- Şekil 4.116. TDTMABr+H₂O+DeOH ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- D1 örnek; b- T_{D1} örnek; c- T_{D2} örnek; d- T_{D3} örnek; e- T_{D4} örnek; f- T_{D5} örnek; g- T_{D6} örnek; h- T_{D7} örnek. 175
- Şekil 4.117. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- W_{D1} örnek; b- W_{D2} örnek ; c- W_{D3} örnek; d- W_{D4} örnek; e- W_{D5} örnek; f- W_{D6} örnek; g- W_{D7} örnek..... 175
- Şekil 4.118. T_{D1}-T_{D7} örnekleri ve W_{D1}-W_{D5} örnekleri için kırılma indisinin A- TA ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. 176
- Şekil 4.119. T_{D5} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 322.8 K, b) 344.3 K ve c) 355.3 K..... 178
- Şekil 4.120. T_{D5} örneğinin düz *D mezofaz-I* (a) ve ters *I-D mezofazı* (b) termotropik faz geçilerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100..... 178
- Şekil 4. 121. D mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçişin heterofaz alanın şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistem. 179

- Şekil 4.122. W_{D5} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 334.3 K, b) 348.7 K ve c) 356.6 K..... 179
- Şekil 4.123. W_{D5} örneğinin düz *D mezofaz-I* (a) ve ters *I-D mezofazı* (b) termotropik faz geçilerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$ 180
- Şekil 4.124. D mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçişin heterofaz alanının şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistem. ... 181



SEMBOLLER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Ch _C	Kolesterik Nematik - Kalamitik Mezofaz
Ch _D	Kolesterik Nematik - Diskotik Mezofaz
Ch _E	Kolesterik Hekzagonal Mezofaz
CMC	Kritik Misel Konsantrasyonu
D	Lamellar Mezofaz
DeOH	1 - dekanol
DDTMABr	Dodesiltrimetilamonyum Bromür
E	Hekzagonal Mezofaz
HDTMABr	Hekzadesiltrimetilamonyum Bromür
HTP	Helisel Dönme Gücü
KSK	Kapilyar Sıcaklık Kama
L ₁	Liyotropik İzotropik Misel Faz
N _{bx}	Nematik - Çift Eksenli Mezofaz
N _C	Nematik - Kalamitik Mezofaz
N _D	Nematik - Diskotik Mezofaz
OH	Optiksel Harita
PK	Politermik Konduktivimetri
POM	Politermik Optiksel Mikroskop
POR	Politermik Optiksel Refraktometri
SDDS	Sodyum Dodesil Sülfat
SDS	Sodyum Desil Sülfat
TA	Tartarik Asit
TDTMABr	Tetradeciltrimetilamonyum Bromür
T _K	Kraft Sıcaklığı
WA	Şarap Asiti

1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Sıvı kristaller, ilk olarak 19. yüzyılın sonlarında keşfedilen ve önemini hiç kaybetmeden günümüze kadar gelen yeni teknik ve teknolojik malzemeler olan yoğun maddenin özel bir türüdür. Sıvı kristaller benzeri olmayan fiziksel, fiziko-kimyasal ve yapısal özellikler sergiledikleri için katıhal fiziği, yoğun madde fiziği, yumuşak madde fiziği, malzeme bilimi, kimya, fiziko-kimya, biyoloji, gibi birçok farklı bilimsel alanlarda oldukça önemli ve vazgeçilmez malzemelerdir. Öyle ki bu malzemeler, hem sıvıların reolojik özelliklerini hem de katı kristallerin fiziksel anizotropik özelliklerini bir arada sergileyen karakteristik birçok özellikleriyle hem temel bilim hem de teknik ve teknolojik uygulama alanlarında (sanayi, bilim, tıp, endüstri v.b.) oldukça büyük bir öneme sahiptirler (Reinitzer, 1888; Lehmann, 1889; Peter, 1947; Gray, 1962; Gray, 1973; de Gennes, 1973; Friberg, 1976; Sonin, 1983; Collings, 1995; Collings, 1997; Goodby, 1998; Petrov, 1999; Gray vd., 1999; Shen, 2000; Collings ve Hird, 2001; Vicari, 2003; de Gennes ve Prost, 2003; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005; Crawford, 2005; Tkachenko, 2009; Blinov, 2010; Blinov, 2011; de Boer, 2005; Vicari, 2003; Yeh ve Gu, 1999). Söz konusu malzemelerde hem katı kristallere has olan etkiler {örn. ferroelektrik etki, piezoelektrik (flekzoelektrik) etki vb.} hem de başka malzemelerde gözlenmeyen benzeri olmayan etkiler (örn. dairesel dikroizm, elektrohidrodinamik kararsızlık, Friederiks etkisi, “misafir-ev sahibi” etkisi vb.) ortaya çıkar. Bu anlamda sıvı kristalik malzemelerin çeşitli türlerinin ve sıvı kristalik karışımların fiziksel özelliklerinin araştırılmaları ve uygulamaya yönelik incelemeleri hem temel bilim hemde teknik ve teknolojik uygulamaları bakımından oldukça önemli ve güncel konulardır.

Sıvı kristallerin özel bir türü olan liyotropik sıvı kristalik sistemler, kutuplu ve/veya kutupsuz çözücülerde hidrofilik baş ve hidrofobik kuyruktan oluşan amfifil malzemelerin iki-bileşenli yada çok-bileşenli karışımları ile elde edilir. Nitekim liyotropik sıvı kristalik sistemler, izometrik ve anizometrik supramoleküler (çok moleküllü) yapı birimlerine sahip izotropik liyotropik faz ve anizotropik liyotropik mezofazların birçok türünü sergilemektedirler (Ekwall, 1975; Friberg, 1992; Petrov,

1999; Burducea, 2004; Figuiro Neto ve Salinas, 2005; Nesrullajev, 2007). Liyotropik sıvı kristalik sistemlerin yapısal ve fiziksel özellikleri sistemi oluşturan bileşenlerin sayısına, türüne, sıcaklığına ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Brown, 1975; Sonin, 1983; Petrov, 1999; Nesrullajev, 2000; Figuiro Neto ve Salinas, 2005; Nesrullajev, 2007; Gordon, 2017). Dolayısıyla liyotropik sistemi oluşturmada etkili olan bu faktörlerin dış etkilere karşı gösterdikleri fiziksel özelliklerin belirlenmesi oldukça önemlidir.

Söz konusu liyotropik sistemlerin elektrik, manyetik ve termik alanlar, basınç, deformasyonlar, akışlar, sınır şartları v.b. gibi çeşitli dış etkilere karşı yüksek derecede duyarlı olması bu sistemleri bilimin, tekniğin, teknolojinin ve endüstrinin farklı alanlarında uygulama ve temel araştırmalar için oldukça güncel ve önemli malzemeler yapmaktadır (Holmberg, 2001; Olivero vd., 2002; Huang vd., 2003; Burducea, 2004; Nesrullajev, 2007; Lagerwall vd., 2007; Gordon, 2017). Ancak, liyotropik sistemler üzerine günümüze kadar yapılan bilimsel-araştırma çalışmaları yeterli değil ve pekçok bilimsel çalışmalarda araştırma sonuçlarının birbirlerine göre çelişkili olduğu görülmektedir. Öyle ki, literatürde bu sistemlerin bazılarının faz ve mezofaz durumları, mezofazların sayısı ve türleri, konsantrasyon aralıkları, faz halleri, yapısal ve fiziksel özellikleri v.b. gibi konular hakkında çelişkili ve tam olmayan bilgiler yer almaktadır. Liyotropik sistemlerin karakteristik özellikleri olarak ifade edebileceğimiz bu bilgiler hem temel bilim hemde teknik, teknoloji ve endüstrinin uygulama alanları açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu farklılıkların liyotropik sistemleri daha detaylı bir şekilde araştırılmasını kaçınılmaz kılmaktadır.

Liyotropik sıvı kristalik malzemelerin geniş ölçüde uygulama alanlarının belirlenebilmesi için çeşitli izotropik faz ve anizotropik mezofaz içeren liyotropik sistemler, çeşitli mezomorfik dereceler, geniş sıcaklık ve konsantrasyon aralıkları, liyotropik ve termotropik faz geçiş tipleri ve dereceleri, fiziksel özelliklerin çeşitli dış etkilere davranışları v.b. gibi konularda araştırmalar yapılması gerekmektedir. Üstelik bu uygulamalar için belirli fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklere (mezomorfik, termo-morfolojik, termo-optiksel, manyeto-optiksel, elektro-optiksel, dielektrik ve termotropik v.b.) sahip liyotropik sıvı kristal malzemelere ihtiyaç

duyulmaktadır. Bu nedenle iki yada çok bileşenli farklı amfifilik malzemelerin karışımı ile elde edilen liyotropik sistemlerin fiziksel ve fiziko-kimyasal özelliklerinin araştırılması bilim adamlarının ilgi odağı olmuştur (Bartolino vd., 1985; Li vd., 2009; Wu vd., 2009; Ostapenko vd., 2013; Zhao vd., 2010; Vitiello vd., 2014; Govindaiah, 2016; Vitiello vd., 2014; Li vd., 2016). Bununla birlikte liyotropik sıvı kristalik mezofazlara organik olmayan tuzlar, kiral katkılar, biyomoleküller v.b. gibi malzemelerin eklenmesi ile yeni tip liyotropik sıvı kristal mezofazlar ve yeni tip sıvı kristalik yapılar elde edildiği bilinmektedir. Özellikle son 20-30 yılda liyotropik sıvı kristalik sistemler üzerine yapılan bilimsel çalışmalarda kiral malzemelerin (optiksel etkin malzeme) liyotropik mezofazların fiziksel ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerindeki etkisinin oldukça yoğun ilgi gördüğü ve bunların teknik ve teknolojik uygulamalar için mümkün olduğu bilinmektedir (Lopes ve Figueiredo Neto, 1988; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Alcantara ve Fernandes, 2002; Dörfler, 2002; Seeboth ve Löttsch, 2013; Figueiredo Neto, 2014; Lueders vd., 2018; Nesrullajev ve Altinay, 2020).

Yukarıda bahsedilenleri göz önüne alarak, tez çalışmasının amacı aşağıdaki şekilde belirlenmiştir: Uygulama açısından önemli olan iki bileşenli, yeni çok bileşenli ve yeni karmaşık liyotropik sıvı kristalik sistemlerinin mezomorfik, termotropik, termomorfolojik, magneto-morfolojik, optiksel, magneto-optiksel ve elektriksel özelliklerinin geniş sıcaklık ve konsantrasyon aralıklarında incelenmesi ve bu sistemlerin yeni uygulama alanlarının belirlenmesidir.

Tez çalışmasında alkalitrimetilamonyum bromür homolog serisinin 12. (dodesiltrimetilamonyum bromür), 14. (tetradeciltrimetilamonyum bromür) ve 16. (hekzadesiltrimetilamonyum bromür) alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) ve polar başı (hidrofilik kafa) Br⁻e sahip katyonik amfifil malzemeler ve sülfat grubuna bağlı homolog serisinin 10. (sodyum desil sülfat) ve 12. (sodyum dodesil sülfat) alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) ve polar başı (hidrofilik kafa) Na⁺a sahip anyonik amfifil malzemeler kullanılmıştır. Alifatik alkol olarak ise 1-Dekanol (CH₃(CH₂)₉OH - DeOH) kullanılmıştır. Tezde ilk olarak iki ve üç bileşenli liyotropik sistemler incelenmiştir (Bölüm 4.1.). Çalışmada iki bileşenli liyotropik sistemler dodesiltrimetilamonyum bromür (DDTMABr)+H₂O ve

hekzadesiltrimetilamonyum bromür (HDTMABr)+H₂O ve üç bileşenli liyotropik sistemler (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O içermektedir. Bu liyotropik sistemlerin mezomorfik, morfolojik, optiksel kırıcılık ve elektriksel özellikleri incelenmiştir. Çalışmada incelenen karışımlarda DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının optiksel kırıcılık özelliklerine etkisi bulunmuştur. Bununla birlikte bu liyotropik sistemlerde aynı hidrofilik başa (Br⁻) sahip amfifil moleküllerin hidrofobik zincir uzunluğunun (alkil zincir uzunluğu) kırılma indisleri üzerinde etkisi belirlenmiştir (Altınay ve Nesrullajev, 2018).

Tezde ayrıca üç bileşenli liyotropik sistemlerde (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O gözlenen izotropik misel L₁ fazında optiksel kırılma indisi ve öz elektriksel iletkenliğin sıcaklık ve konsantrasyona bağlılığı incelenmiştir (Bölüm 4.2.). Bu çalışmada üç bileşenli liyotropik sistemler çeşitli DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranlarına sahip (7/3, 1/1 ve 3/7) (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O karışımlar içermektedir. Bu sistemde izotropik misel L₁ fazı için üçlü faz diyagramında sınır bölgesi belirlenmiştir. Ayrıca (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyon oranlarının kırılma indisi ve elektriksel iletkenliğin üzerine etkisi incelenmiştir. Kısa alkil zincirli (DDTMABr) ve uzun alkil zincirli (HDTMABr) amfifillerin faz durumlarının, kırılma indisi ve elektriksel iletkenlik özellikleri üzerinde karşılıklı etkisi bulunmuştur (Altınay ve Nesrullajev, 2018).

Tezin içeriğine bakıldığında, ayrıca iki amfifilik bileşenli liyotropik sistemlerin mezomorfik, morfolojik ve optiksel kırıcılık özellikleri araştırılmıştır (Bölüm 4.3.). Bu çalışmada katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil karışımlar gibi çeşitli konsantrasyon kombinasyonlarına sahip beş farklı amfifil malzeme kullanılarak liyotropik sistemler hazırlanmıştır. Bu karışımlar sabit (amfifil1+amfifil2)+H₂O konsantrasyon oranında hazırlanmıştır. İncelenen liyotropik sistemlerde izotropik faz, hekzagonal E ve lamellar D mezofazlar bulunmuştur. Bu iki amfifilik bileşenli liyotropik sistemlerde magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı değişim dinamikleri, *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz bölgesi ve optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklığa bağımlılığı incelenmiştir (Nesrullajev ve Altınay, 2018).

Tezde son olarak optiksel etkin malzeme olarak şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA) katkısı ile üç ve dört bileşenli liyotropik sıvı kristal mezofazların (nematik-kalamitik N_C mezofaz, nematik-diskotik N_D mezofaz, hegzagonal E mezofaz ve lamellar D mezofaz) morfolojik, termo-morfolojik, magneto-morfolojik, optiksel ve elektriksel özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Bölüm 4.4., Bölüm 4.5. ve Bölüm 4.6.). Üç bileşenli amfifil+H₂O+kiral katkı liyotropik sistemlerde N_C mezofazında ve hegzagonal E mezofazında spagetti tür tekstür (kiral yapı) bulunmuştur ve bu yapıların adım uzunlukları ve helisel dönme gücü değerleri kiral katkıların konsantrasyonuna bağlı olarak incelenmiştir. Dört bileşenli amfifil+H₂O+alifatik alkol+kiral katkı liyotropik sistemlerde lamellar D mezofazında ise olağandışı küresel mikrodamlacık (microdroplet) oluşumlar bulunmuştur ve incelenmiştir (Altınay ve Nesrullajev, 2020). Ayrıca dört bileşenli amfifil+H₂O+alifatik alkol+kiral katkı liyotropik sistemlerde uygulama açısından önemli olan N_D mezofazı bulunmuştur ve bu mezofaza özgü olmayan "yağlı şerit" oluşumlar gözlenmiştir. Üç ve dört bileşenli liyotropik sıvı kristal mezofazların hepsinde morfolojik ve magneto-morfolojik özelliklerin zamana bağlı değişim dinamikleri, *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş heterofaz bölgelerinin özellikleri ve optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklığa ve konsantrasyona bağımlılıkları incelenmiştir. Bunlara ek olarak hegzagonal E mezofazı için elektriksel iletkenlik özelliklerinin sıcaklığa ve konsantrasyona bağımlılığı incelenmiştir (Nesrullajev ve Altınay, 2020). Bu çalışmada önemli husus E mezofazında kiral yapıya sahip Ch_E mezofazın bulunmasıdır. Bu durum hegzagonal E mezofazı için teknik ve teknolojik açıdan geniş uygulama ve çalışma olanağı sunmaktadır. Özellikle sanki sonsuz boyuta sahip çubuksu misellerden oluşan E mezofazında kiral yapının elde edilmesi yeni uygulama alanlarına bakış açısından oldukça önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsedildiği üzere, üç bileşenli amfifil+H₂O+kiral katkı liyotropik sistemlerde N_C mezofazında Ch_C mezofaz ve hegzagonal E mezofazında Ch_E mezofazın elde edilmesinde kullanılan amfifil malzemenin ve kiral katkının seçimi oldukça önemlidir. Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında alkil zinciri kısa olan amfifil malzemeler kullanmışlardır (Sonin, 1987; Bartusch, 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp 2001). Tezin son kısmındaki bu çalışmada ise daha uzun alkil

zincirli amfifil malzeme olan tetradeciltrimetilamonyum bromür (TDTMABr) kullanılmıştır. Böylece, amfifil malzemenin alkil zincirin kiral yapının oluşturulması için ne kadar önemli olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, alkil zinciri uzun olan amfifil malzemenin temelinde olan liyotropik sistemdeki N_C ve E mezofazın da kiral yapıyı oluşturmaya uygun olduğu, uygulamalar açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca kiral katkı olarak kullanılan optiksel ekin malzemelerin misellerdeki molekül fraksiyonunun (κ) ve helisel dönme gücünün (HTP) büyük olması kiral yapının elde edilmesinde oldukça önemlidir. Öyle ki, bizim çalışmalarımızda optiksel etkin malzeme olarak kullanılan WA ve TA' in κ ve HTP arasındaki ilişki ($\kappa_{WA} > \kappa_{TA}$ ve $HTP_{WA} > HTP_{TA}$), kiral yapı elde etmek için kullanılacak optiksel etkin malzemenin seçilmesinde uygulama açısından büyük önem arz etmektedir.

Çalışmalarımızda elde edilen yeni bilimsel sonuçlar ve bulgular, sıvı kristaller fiziği ve fiziko-kimya v.b. gibi alanlara ışık tutmuş ve ayrıca liyotropik sıvı kristalik malzemelerin teknik ve teknolojik uygulama alanlarına da katkı sağlamıştır. Bu tez çalışmasında elde edilen yeni bilimsel sonuçlar 5 adet SCI indisli makalelerde yayınlanmıştır ve 8 adet bildiri olarak çeşitli ulusal ve uluslararası kongrelerde sunulmuştur.

Bu tez çalışması Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fizik Bölümü Sıvı ve Katı Kristaller Laboratuvarı'nda Prof. Dr. Arif NESRULLAZADE danışmanlığında gerçekleştirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ - LİYOTROPİK SİSTEMLERİN POLİMORFİZM

2.1. Liyotropik Sistemlerin Doğası

Liyotropik sistemler, kutuplu ve/veya kutupsuz çözücülerde hidrofilik (suyu seven) baş ve hidrofobik (suyu sevmeyen) kuyruktan oluşan amfifil malzemelerin iki-bileşenli yada çok-bileşenli karışımıdır. Bu sistemler ko-sürfaktan, optiksel etkin malzeme, inorganik (organik olmayan) tuzlar v.s.'den oluşmaktadır. Liyotropik sistemler fiziksel olarak izotropik ve anizotropik özellik gösterirler ve izotropik liyotropik faz ve anizotropik liyotropik mezofazların birçok türünü sergilerler. Liyotropik faz ve mezofazların yapı birimleri izometrik ve anizometrik miseller olarak adlandırılan üç-boyutlu nanoparçacık supramoleküllerin (çok moleküllü) bir oluşumlarıdır (Ekwall, 1975; Sonin 1987; Petrov, 1999; Figueirodo Neto ve Salinas, 2005; Alfutimie vd., 2014; Altınay ve Nesrullajev, 2018). İzometrik ve anizometrik miseller, belirgin uzaysal simetri grupları ile karakterize edilir (Lingmann ve Wennerström, 1980; Perez-Rodriguez vd., 1998; Burducea, 2004; Nesrullajev, 2007; Guo vd., 2010).

Liyotropik sistemler farklı yapısal birimler, farklı uzaysal yapılar, çeşitli uzaysal simetritler sahip oldukları ve zengin fiziksel özellikler sergiledikleri için fizik, kimya ve fiziko-kimya alanlarında çok önemli malzemelerdir. Ayrıca, bu malzemeler çeşitli dış etkilere (termik, elektrik ve manyetik alanlara, deformasyonlara, akışlara, sınır şartlarına vb. etkilere) karşı yüksek duyarlılığı, liyotropik sistemleri teknik, teknoloji ve endüstrinin birçok alanlarında uygulama ve çalışma olanağı sunmaktadır (Wiley, 2001; Burducea, 2004; Nesrullajev, 2007; Lagerwall vd., 2007).

2.2. Liyotropik Sıvı Kristal Sistemlerin Doğası

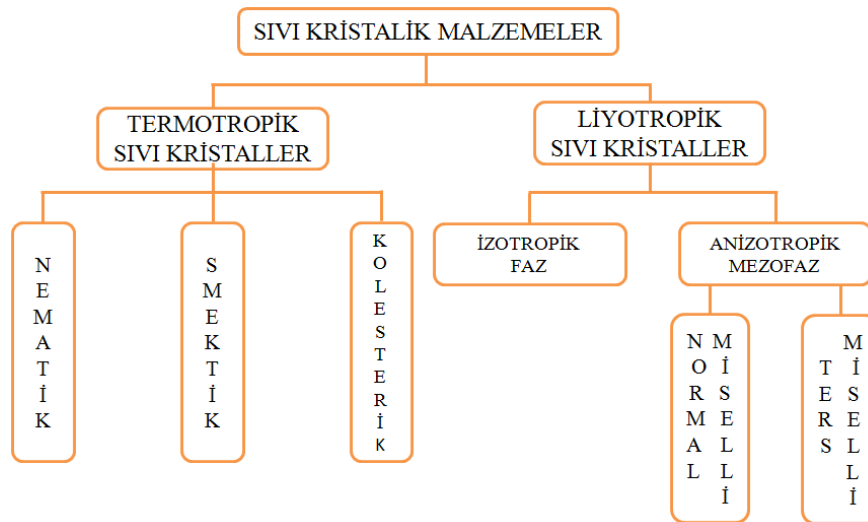
Sıvı kristaller, hem izotropik sıvıların reolojik özelliklerini hem de katı kristallerin fiziksel anizotropik özelliklerini bir arada sergileyen, benzeri olmayan ve oldukça önemli malzemelerdir (Peter, 1947; Friberg, 1976; Brown, 1979; Petrov, 1999; Shen,

2000). Bu nedenle sıvı kristaller hem temel bilim hem de uygulama açılarından büyük önem taşımaktadırlar.

Sıvı kristaller yapılarına göre termotropik ve liyotropik sıvı kristaller olmak üzere iki gruba ayrılır (Şekil 2.1.). Termotropik sıvı kristaller sıcaklığın değişimine bağlı olarak birden fazla faz geçişi sergilerken (Collings, 1990), liyotropik sıvı kristaller hem sıcaklığın hemde konsantrasyonun değişmesine bağlı olarak faz geçişi sergilerler (Collings, 2001). Termotropik sıvı kristallerin yapı birimleri moleküller iken liyotropik sıvı kristallerin yapı birimleri üç boyutlu polimoleküler (misel) oluşumlardır. Bu tez çalışmasının konusu liyotropik sıvı kristaller olduğundan bu malzemelerin doğasını, yapılarını ve özelliklerini ayrıntılı bir şekilde ele alalım.

Liyotropik sıvı kristallerin farklı fazları "mezofaz" olarak adlandırılır ve bu sistemlerin yapılarına göre birçok mezofazlara sahiptir. Söz konusu sistemlerin yapı birimlerin düzeni genel olarak üç farklı parametre ile açıklanır.

1. Yönelimsel düzen, liyotropik sıvı kristallerin yapı birimlerinin yön vektörü (\vec{n}) doğrultusunda oluşan düzenini belirler.
2. Konumsal düzen, liyotropik sıvı kristallerin yapı birimlerinin ve bu birim gruplarının birbirine göre konumunu belirler.
3. Translasyonel düzen, liyotropik sıvı kristallerin yapı birimlerinin liyotropik sistemin hacmi içinde uzun erimli konum ve yönlendirilmesini belirler.



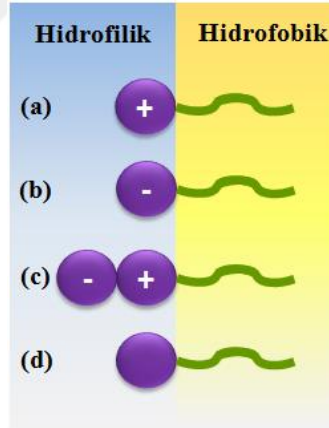
Şekil 2.1. Sıvı Kristallerin Sınıflandırılması

Liyotropik sıvı kristalik sistemler amfifil temelli iki veya daha çok bileşenden oluşmaktadır (Chandrasekhar, 1992). Amfifil, hem hidrofilik (suyu seven) kutuplu (polar) başa hem de hidrofobik (suyu sevmeyen) kutupsuz (apolar) kuyruğa sahip kimyasal bileşik tabanlı çözeltilerden oluşmaktadır (Nesrullajev, 2000). Şekil 2.2.'de amfifil molekülün şematik görünümü verilmektedir. Amfifil moleküllerin kutuplu olmayan kısımları yüksek biçimlendirme ve esneklik özelliğine sahiptirler. Aynı zamanda bu moleküller sulu çözeltilerde yüzey gerilimini azaltma eğiliminde oldukları için yüzeyce aktif maddelerdir (Myers, 1991; Tsuji, 1998; Evans, 1999).



Şekil 2.2. Amfifil molekülün şematik görünümü

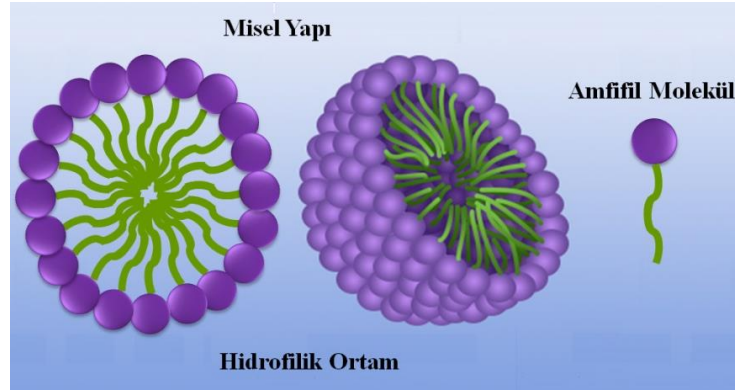
Amfifil malzemeler hidrofilik baş gruplarının anyonik (negatif polar başa sahip), katyonik (pozitif polar başa sahip), zwitteriyonik (pozitif ve negatif polar başa sahip) ve iyonik olmayan (yüksüz polar başa sahip) olmasına göre dört gruba ayrılmaktadır. Şekil 2.3.' te anyonik, katyonik, zwitteriyonik ve iyonik olmayan amfifil molekülleri gösterilmektedir.



Şekil 2.3. Amfifil moleküllerin sınıflandırılması a) katyonik, b) anyonik, c) zwitteriyonik ve d) iyonik olmayan

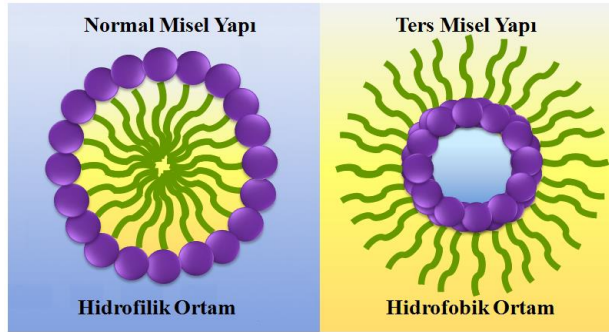
Katyonik amfifil moleküller genellikle uzun zincirli amin ve uzun zincirli amonyum tuz yapısındadır. Anyonik amfifil moleküller karboksilik asit tuz ve sulfonik asit tuz (sulfonat) yapısındadır. Amfifil moleküllerin konsantrasyonunun artmasıyla su içinde serbestçe hareket eden moleküller küresel bir bütün oluştururlar. Bu polimoleküller

yapılar miseller olarak adlandırılır ve genellikle yarıçapı 20÷200 Å civarındadır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4. İki ve üç boyutlu misel yapının görünümü

Küresel miseller çözelti içindeki çözücüye bağlı olarak normal ve ters olmak üzere iki farklı şekilde gruplanırlar. Normal misel yapı kutuplu (sulu) olan çözücülerde ortaya çıkar. Bu tip misel yapıda amfifil moleküllerin kutuplu kısımları su çözeltisinde misellerin yüzeylerini oluştururken, kutuplu olmayan kısımları misellerin çekirdeğini oluşturmaktadır. Ters misel yapı ise kutuplu olmayan (yağ) çözücülerde ortaya çıkmaktadır. Bu tip misel yapıda amfifil moleküllerin kutuplu olmayan kısımları misellerin yüzeylerini oluştururken, kutuplu kısımları misellerin çekirdeğini oluşturmaktadır (Şekil 2.5.). Ters miseller "lipofilik miseller" olarak da adlandırılır.

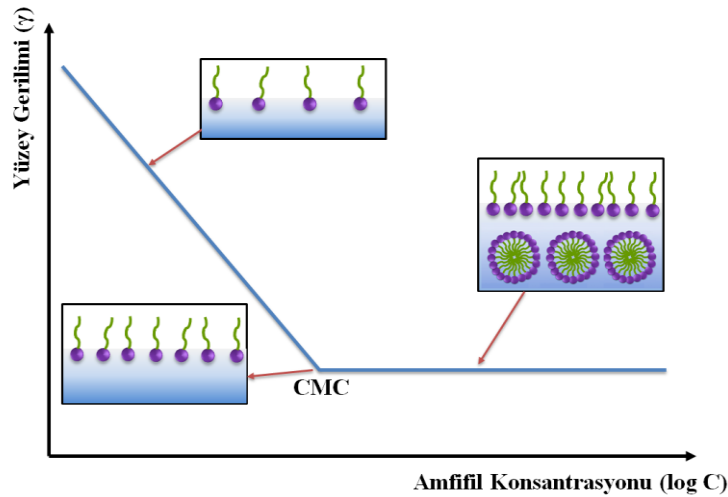


Şekil 2.5. Normal ve ters misel yapının görünümü

Sulu çözeltilerde misel oluşumunu sağlayan temel kuvvet, amfifil moleküllerin hidrofobik kuvvetleri arasındaki efektif etkileşmedir. Diğer önemli bir etken ise amfifil moleküllerin hidrofillik baş grupları arasındaki elektrostatik itmedir (Malmsten, 2002). Oluşan bu zıt kuvvetler arasındaki denge hidrofobik kuyruğun

boyutu, hidrofilik kısımların türü, pH, sıcaklık, ikinci veya daha fazla çözücünün varlığı gibi faktörlerden etkilenir.

Amfifil konsantrasyonun artmasıyla misellerin oluştuğu andaki konsantrasyon değeri kritik misel konsantrasyonu (critical micellization concentration (CMC)) olarak tanımlanır. CMC liyotropik sistemlerin ve kolloid çözeltilerin çok önemli ve özel bir karakteristiğidir. CMC bölgesinde, karmaşık liyotropik sıvı kristal sistemlerin fiziksel özellikleri (yüzey gerilimi, basınç, viskozite, elektriksel iletkenlik, ışık saçılması vb.) değişmektedir (Nesrullajev, 2007). CMC farklı konsantrasyonlarda yüzey gerilimi ölçülerek belirlenebilir (Şekil 2.6.). Şekil 2.6.'da görüldüğü üzere amfifil konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak yüzey gerilimi, CMC değerine gelene kadar lineer bir şekilde azalırken, bu değerden sonra sabitlenmektedir. Aynı zamanda CMC' den daha düşük konsantrasyonlarda amfifil molekülleri serbest halde dolaşırken (moleküler izotropik çözelti), CMC' den daha yüksek konsantrasyonlarda amfifil molekülleri bir bütün oluşturarak miselleri (miseller izotropik çözelti) meydana getirmektedir. Ayrıca misellerin meydana gelmesine etki eden bir diğer etken de sıcaklıktır. Miseller $T > T_K$ sıcaklıklarında oluşmaya başlamaktadır (T_K , Kraft sıcaklığı misellerin oluşması için gerekli minimum sıcaklıktır).

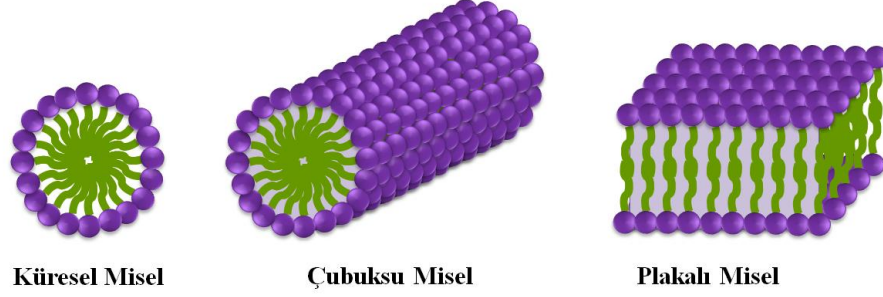


Şekil 2.6. Amfifil konsantrasyonuna bağlı olarak değişen yüzey gerilim eğrisi

<https://www.dataphysics-instruments.com/knowledge/understanding-interfaces/surfactants-cmc/>

Miselleri oluşturan amfifil moleküllerin kutuplu olmayan kısımlarının yüksek biçimlendirme ve esneklik özelliği moleküllerin paketlenmesini sağlar. Böylece küresel yapıdaki misellerin konsantrasyonlarının artmasıyla miseller karşılıklı

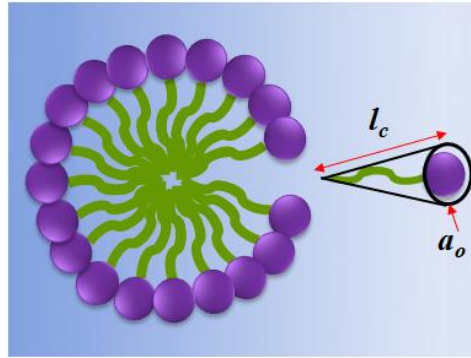
etkileşerek deforme edilirler ve çubuksu ve plakalı anizometrik miseller meydana gelir. Şekil 2.7.' de küresel, çubuksu ve plakalı misellerin şematik görünümü gösterilmektedir.



Şekil 2.7. Küresel, çubuksu ve plakalı misellerin şematik görünümü

Amfifil moleküllerin paketlenerek küresel, çubuksu ve plakalı misellere dönüştüren temel kuvvet amfifil moleküllerin hidrofilik baş grupları arasındaki kuvvet ve hidrofobik kuyruk-su ara yüzeyindeki kuvvettir. Bu etkileşimleri tanımlayan parametre kritik paketlenme parametresidir (Zhang vd., 2002) (Şekil 2.8.). Kritik paketlenme parametresi R , v amfifil molekül zincirinin hacmi, a_o optimal hidrofilik baş grup alanı ve l_c kritik zincir uzunluğu ile karakterize edilir ve aşağıdaki bağıntı kullanılarak belirlenir (Zhang vd., 2002);

$$R = \frac{v}{a_o l_c} \quad (2.1)$$



Şekil 2.8. Kritik paketlenme geometrisinin şematik görünümü (Ito vd., 2016)

Kritik paketlenme parametresi $R < 0.5$ durumunda küresel ve çubuksu miseller (yüksek eğrilikli geometriye sahip yapı) oluşurken, $0.5 < R \leq 1$ durumunda ise plakalı miseller (düşük eğrilikli geometriye sahip yapı) ortaya çıkmaktadır. Kritik paketlenme parametresi $R > 1$ durumunda ters misel yapı oluşmaktadır. Kritik paketlenme parametresini etkileyen faktörler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir;

Kritik paketlenme parametresini etkileyen faktörler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir;

1. Amfifil Konsantrasyonun Etkisi: Amfifil konsantrasyonun artmasına bağlı olarak amfifil moleküllerin hidrofilik baş gruplarının birleştiği su miktarı azalır. Su miktarının azalması, hidrofilik baş grup alanının (a_o) azalmasına neden olur. Kritik paketlenme parametresine bakıldığında, hidrofobik zincir uzunluğu sabit tutulursa hidrofilik baş grup alanının azalması kritik paketlenme parametresinin artmasına ve amfifil moleküllerinin farklı şekilde paketlenmesine (düşük eğrilikli geometriye sahip yapıya geçiş) yol açar.

2. Hidrofobik Zincir Uzunluğunun Etkisi: Aynı şekilde amfifil moleküllerin hidrofilik baş grup alanı (a_o) sabit tutulup hidrofobik zincir uzunluğunun artması ile kritik paketlenme parametresi artar ve yapı düşük eğriliğe sahip hegzagonal E mezofazı ve lamellar D mezofazına doğru faz geçişi gösterir.

3. İkinci Çözücünün Etkisi: Kutuplu (polar) çözücüler (metanol v.b.), amfifil moleküllerin hidrofilik baş grupları ile birleşme eğilimi gösterirken, kutuplu olmayan (apolar) çözücüler (1-dekanol v.b.) ise hidrofobik kuyruk ile birleşme eğilimi gösterirler. Bu durumda kutuplu çözücüler amfifil moleküllerin birbirleriyle birleşme eğilimini azaltıcı ve hatta çözücü konsantrasyonun artması ile amfifil moleküllerinin bir araya gelmesini engelleyici bir etkiye sahiptir. Apolar çözücülerde ise amfifil moleküllerin hacmini arttırıcı ve dolayısı ile kritik paketlenme parametresini arttırıcı yönde bir etkiye sahiptir.

4. Tuz ve İyonik Türlerin Etkisi: Katyonik ve anyonik amfifil moleküllerin oluşturduğu sıvı kristal sistemlere tuz ve iyonik türlerin etkisi iki durumda incelenmektedir. Birincisi yüklü hidrofilik baş gruplarına bağlanamayan iyonik türlerin etkisi, ikinci ise yüklü hidrofilik baş gruplarına güçlü bir şekilde bağlanan iyonik türlerin etkisidir. Yüklü hidrofilik baş gruplarına bağlanamayan iyonik türlerde iyon şiddetinin artması sonucunda yüklü hidrofilik baş grupları üzerinde bir perdeleme etkisi oluşmaktadır. Bu durum hidrofilik baş grupları arasındaki itme enerjisini azaltıcı ve kritik paketlenme parametresini arttırıcı bir etkiye sebep olmaktadır. Yüklü hidrofilik baş gruplarına güçlü bir şekilde bağlanan iyonik türlerinde ise kritik paketlenme parametresi çok büyük oranda artar ve yapı lameller

D mezofaz yapısına geçişe ve hatta ters misellerin oluşmasına neden olmaktadır. İyonik olmayan amfifil molekülerin oluşturduğu sıvı kristal sistemlere tuz eklenmesi çok az bir etkiye neden olmasına karşın inorganik yapıya sahip türlerin eklenmesi ile misel yapı etkileşime uğrayarak faz geçişi gösterirler.

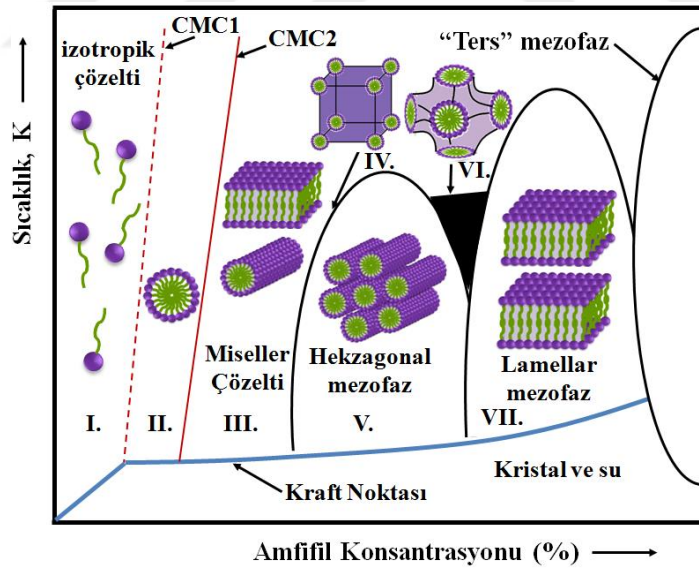
Amfifil moleküller minimum serbest enerjiye sahip yapılar oluşturacak şekilde bir araya gelmektedirler. Bu yapıları bir araya getiren temel kuvvetler elektrostatik ve Van der Waals kuvvetleridir. Van der Waals kuvvetleri çok zayıf kuvvetler olmasına karşın moleküler etkileşimleri düzenleyebilmektedirler. Sıcaklığın ve konsantrasyonun artması moleküler düzeni etkilemektedir. Dolayısıyla liyotropik sıvı kristal sistemde faz ve mezofaz geçişleri, sıcaklık ve konsantrasyona bağlı olarak değişmektedir (Burducea, 2004).

2.3. Liyotropik Sıvı Kristal Mezofazların Yapıları ve Bazı Özellikleri

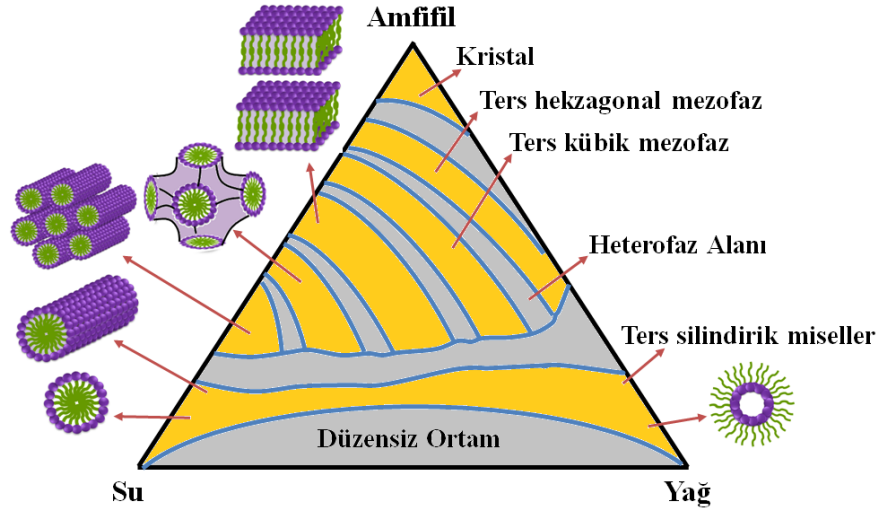
Liyotropik sıvı kristal sistemler termodinamik olarak dengede ve kararlı misel yapılardan oluşmuş izotropik faz ve anizotropik mezofazlardan oluşmaktadır. Liyotropik sistemde yer alan izotropik faz ve anizotropik mezofazlar belirli sıcaklık ve konsantrasyon aralıklarında değişiklik göstermektedir (Reekmans vd.,1993). Bu sistemde faz ve mezofazların türünün ve sayısının, faz ve mezofaz sıralanmasının ve yer aldıkları aralıkların belirlenmesi için liyotropik sistemin mezomorfik özelliklerinin incelenmesi ve faz diyagramlarının belirlenmesi gerekir (Özden, 2010). İkili liyotropik sıvı kristal sistemler için iki bileşenden oluşan faz diyagramı kullanılırken, üçlü liyotropik sıvı kristal sistemler için Gibbs diyagramları adı verilen üçlü faz diyagramı kullanılmaktadır. İkili faz diyagramı liyotropik sistemi oluşturan amfifil konsantrasyonun (%wt) sıcaklığa (K) bağlı eğrisi ile belirlenmektedir. Üçlü faz diyagramı veya Gibbs diyagramları ise eşkenar üçgen şeklinde çizilir ve liyotropik sistemi oluşturan bileşenler bu diyagramda belirgin bir noktadan üçgenin kenarlarına paralel şekilde çizilmiş doğrular ile belirlenmektedir. Bu diyagramda her bir bileşenin miktarı %0 kütle miktarından (0 wt%) %100 kütle miktarına (100 wt%) kadar değişir ve liyotropik sistemde tüm bileşenlerin toplam miktarı da %100'dür.

Şekil 2.9.' da sudaki herhangi bir amfifil malzemenin konsantrasyona bağlı sıcaklık eğrisini gösteren model bir diyagram gösterilmektedir. Şekil 2.10.' da ise amfifil+H₂O+kutuplu olmayan çözücü üçlü liyotropik sıvı kristal sistemin faz diyagramı örneği verilmektedir. Üçlü faz diyagramı genellikle liyotropik sıvı kristal sistemlerde çok sık kullanılmaktadır. Bazı durumlarda liyotropik sistemi tam olarak tanımlayabilmek için çok boyutlu faz diyagramları gerekir. Bu durumda çok bileşenli sistemde biri yada birkaç parametre sabit tutulur ve diğer parametre sistematik olarak değiştirilir (Malmsten, 2002).

Liyotropik faz geçişleri genelde keskin bir şekilde meydana gelmemektedir. İki mezofazın bir arada bulunduğu bu bölgeler heterofaz alanı olarak adlandırılır. Amfifil moleküllerin hidrofilik kısımları ve hidrofobik zincir uzunlukları liyotropik sistemin faz ve mezofaz geçişlerini önemli oranda etkilemektedir (Mitchell vd., 1983). Şekil 2.9.' da görüldüğü üzere amfifil+su liyotropik sıvı kristal sisteminde düşük konsantrasyonlarda (I. bölge) izotropik moleküler fazı gözlenir. Bu bölgede amfifil molekülleri çözelti içerisinde serbestçe hareket eder. İzotropik moleküler çözeltiden izotropik misel fazına geçiş konsantrasyonu CMC1 olarak tanımlanır.



Şekil 2.9. Amfifil+su liyotropik sıvı kristal sistemlerinin ikili faz diyagramı (CMC1, küresel miseller için kritik misel konsantrasyonu; CMC2, çubuksu miseller için kritik misel konsantrasyonu) (Raman, vd., 1996)



Şekil 2.10. Amfifil + su + yağ liyotropik sıvı kristalik sistemlerin üçlü faz diyagramı

<http://what-when-how.com/nanoscience-and-nanotechnology/self-assembled-structures-part-1-nanotechnology/>

Amfifil moleküllerin konsantrasyonunun arttırılmasıyla izotropik misel fazı gözlenmektedir (II. bölge). Normal misel yapıyı (su içinde izometrik küresel içeren liyotropik faz L_1 fazı, ters izometrik küresel misel yapıyı içeren liyotropik faz ise L_2 fazı olarak adlandırılır. Konsantrasyonun artması ile birlikte küresel miseller etkileşerek çubuksu ve disk biçimli miseller meydana gelir. Çubuksu misellerle nematik N_C mezofazı, disk biçimli misellerle nematik N_D mezofazı oluşmaktadır (III. bölge). Amfifil konsantrasyonunun artması ile kübik I_1 fazı gözlenmektedir (IV. bölge). Konsantrasyonun daha da artması ile çubuksu misellerin dizilimiyle hekzagonal E mezofazı (V. bölge), kübik $Pn3m$, $Im3m$, $Ia3d$ fazı (VI. bölge) ve plakalı misellerin dizilimiyle lameller D mezofazı (VII. bölge) meydana gelir. Amfifilin daha yüksek konsantrasyonlarında liyotropik sistemler yüksek viskoziteye sahip oldukları için homojen bir sistem elde etmek mümkün değildir. Bu nedenle lameller D mezofazının sınırını belirlemek olanaksız hale gelir. Tüm bu adı geçen mezofazlar normal misellerden oluşmaktadır. Ters misellerden oluşan mezofazların oluşabilmesi için kutuplu olmayan (yağ gibi) bir çözücüye ihtiyaç vardır.

Bir mezofazdan diğer bir mezofaza geçiş birbirini takip eden bir düzen doğrultusunda gerçekleşir. Örneğin amfifil konsantrasyonunun artmasıyla faz ve mezofazlar küresel misel izotropik misel L_1 fazı, çubuksu misel nematik N_C ve N_D

mezofazı, kübik faz (I_1), hegzagonal E mezofazı, kübik faz ($Pn3m$, $Im3m$, $Ia3d$) ve lamellar D mezofazı olarak devam eder (Şekil 2.11.).



Şekil 2.11. Amfifil konsantrasyonuna bağlı olarak meydana gelen faz ve mezofazların şematik gösterimi

Birçok araştırmacılar aynı liyotropik sistem için farklı sayıda, türde ve buldukları konsantrasyon aralıklarında liyotropik faz ve mezofazları içeren faz diyagramları elde etmişlerdir. Bu farklılıkların nedeni liyotropik sistemleri oluşturan bileşenlerin temizleme şartlarının yeterli olmaması, farklı yöntemlerle liyotropik sıvı kristal sistemin sentezlenmesi yada araştırmacılar tarafından faz hallerini belirlemede farklı yorumlamalar yapılmasına bağlı olabilir.

Faz diyagramını oluşturan liyotropik sıvı kristal mezofazların bazı özellikleri aşağıda ayrıntılı bir şekilde ele alınarak anlatılmıştır.

2.3.1. Liyotropik Nematik Mezofazlar

Liyotropik sıvı kristallerde meydana gelen önemli faz hali, nematik mezofazlardır. Nematik mezofazların fiziksel ve fiziko-kimyasal özellikleri genellikle misellerin şekli, büyüklüğü ve yapısı ile tanımlanır (Nesrullajev, 2010). Makroskopik açıdan bakıldığında viskoz, homojen ve akışkan bir görünüme sahip çözeltilerdir (Collings ve Hird, 2001). Aynı zamanda çift kırıcılık değeri de oldukça düşüktür. Bu mezofaza sahip liyotropik sıvı kristallerde miseller sadece yönelimsel düzene sahiptirler ve sıvıların molekül yapısından farklı olarak anizotropik özellik gösterirler. Önemli husus, termotropik sıvı kristallerde pozitif optiksel anizotropiyi sergileyen ve tek optiksel eksene sahip tek bir nematik mezofaz varken, liyotropik sıvı kristallerde hem pozitif hem de negatif optiksel anizotropiyi sergileyen hem tek optiksel ekseni hem de çift optiksel ekseni üç adet nematik mezofaz mevcuttur.

Şimdi de nematik mezofazın yönelimsel düzen parametresini belirleyelim. Genelliği bozmadan, söz konusu mezofazın yapı birimlerinin çubuksu olduğunu varsayalım. Ayrıca, bu yapı birimlerinin dağılım fonksiyonun da çubuksu moleküllerinin uzun

ekseninin \vec{n} yönüne göre simetrik ve $\vec{n} = -\vec{n}$ olduğu, yani + ve – yönlerde \vec{n} 'nin eşit olduğunu kabul edelim. Bu iki simetri şartını ve sıvı kristalik mezofazın yapı birimlerinin eksensel simetriye sahip olduğunu göz önüne aldığımız zaman, ilk kez Tsvetkov (1942) tarafından ileri sürülen S düzen parametresi uygulanabilir. Bu düzen parametresinin ortalama büyüklüğü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir:

$$S = \langle 3\cos^2\theta - 1 \rangle / 2 \quad (2.2)$$

Burada θ her bir yapı biriminin uzun eksenini ile \vec{n} arasındaki açıdır. Nematik mezofazda bu parametre genellikle 0.35÷0.70 arasında değişmektedir. $S = 1$ durumunda tamamen yönelmiş bir sıvı kristalken, $S = 0$ durumu ise yönelimin hiç olmadığını gösterir (Tschierske ve Photinos, 2010). Ayrıca, S parametresinin değeri kesin şekilde sıcaklığa bağlıdır.

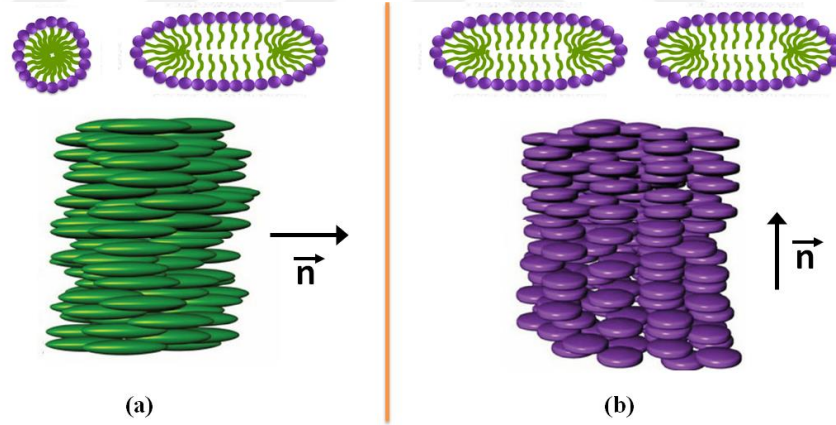
Kaydedelim ki, termotropik nematiklerde yapı birimleri moleküller ancak liyotropik nematiklerde yapı birimleri miseller olduğuna göre liyotropik nematiklerde yapı birimlerinin serbestlik derecesi daha fazladır. Serbestlik derecesinin daha fazla olması ayrıca büyük ölçüde yapı birimlerinin paketlenme karakterinden de kaynaklanmaktadır. Termotropik nematik ile liyotropik nematik arasındaki yapı birimlerinin farklı olmasından ve bu yapı birimlerinin farklı paketlenme olmasından dolayı, liyotropik nematik mezofazlarda düzen parametresi;

$$S = S_{ml} \cdot S_{mc} \quad (2.3)$$

şeklinde ifade edilebilir (Amaral, 1983; Osipov vd., 1988; Kazakov vd., 1991) S_{mc} parametresi misellerin yön vektörü \vec{n} 'ye göre konumu belirler; S_{ml} parametresi misel içindeki moleküllerin \vec{n} 'ye göre konumu belirler (Sonin, 1987; 2. Quist ve ark., 1992; Nesrullajev, 2013). Liyotropik nematik mezofazlarda bu şekilde ifade edilen S düzen parametresi, termotropik nematik mezofazlarda yer alan S düzen parametresine benzerdir, ancak termotropik nematik mezofazda S_{mc} ve S_{ml} parametreler söz konusu nematik mezofazlarda yapı birimlerinin farklı olduklarına göre bulunmamaktadır.

Liyotropik nematik mezofazlar optik ve manyetik özellikleri bakımından termotropik nematik mezofazların davranışına benzer davranış sergilemektedir. Nematik mezofazlar amfifil konsantrasyonu ile faz geçişi yaptıkları gibi sıcaklığın artması ile birlikte izotropik hale geçebilirler. Nematik mezofazları oluşturan çubuksu miseller yaklaşık olarak 10^2 - 10^3 amfifil molekülleri içermektedir (Nicoletta vd., 1996). Misellerin oluşumuna göre liyotropik nematik mezofazlar N_C (nematik-kalamitik), N_D (nematik-diskotik) ve N_{bx} (nematik-çift eksenli) mezofazı olmak üzere üçe ayrılmaktadır.

Nematik N_C mezofazı, uzatılmış dönme elipsoidi biçimli olan sonlu uzunluklu çubuksu misellerden oluşmaktadır (Charvolin vd., 1979; Forrest ve Reeves, 1981; Sonin, 1987) (Şekil 2.12a.). Küçük hacimde N_C mezofazının çubuksu miselleri, uzun eksenleri yaklaşık olarak birbirine paralel şekilde ve ağırlık merkezleri, uzayda düzensiz olarak dizilmişlerdir. N_C mezofazın yönü, çubuksu misellerin uzun eksenlerine paralel olarak yönelmiştir ve optiksel olarak tek eksenlidir ve negatif çift kırılmaya sahiptir (Bartolino vd.,1982; Neto vd., 2005).

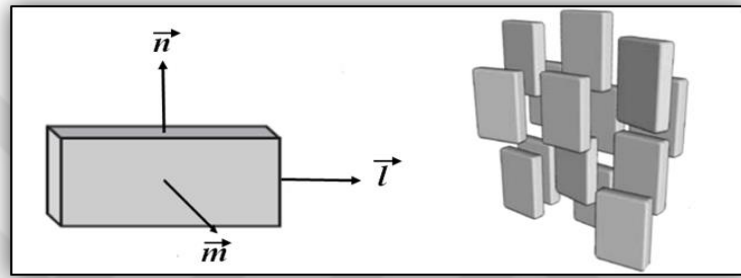


Şekil 2.12 a) N_C ve b) N_D mezofazının şematik yapısı

Nematik N_D mezofazı, N_C mezofazı gibi uzun erimli yönelimsel düzene sahiptir. N_D mezofazı, sıkıştırılmış dönme elipsoidi biçimli olan sonlu çapa sahip disk biçimli misellerden oluşmaktadır (Şekil 2.12b.). Küçük hacimde N_D mezofazının disk biçimli miselleri, yassı yüzeyleri birbirine paralel şekilde ve ağırlık merkezleri, uzayda düzensiz olarak dizilmişlerdir. Bu mezofazın yönü, disk biçimli misellerin yassı yüzeyine dik olarak yönelmiştir ve optiksel olarak tek eksenlidir ve pozitif çift kırılmaya sahiptir (Bartolino vd.,1982; Neto vd., 2005).

Nematik mezofazlar arasında N_{bx} ($N_{biaxial}$) mezofazı ilk kez Yu ve Saupe (1980) tarafından potasyum laurat+su+1-dekanol üçlü liyotropik sisteminde bulunmuştur. N_{bx} mezofazı, N_D ve N_C mezofazından farklı olarak çift optiksel eksene sahiptir ve yapı birimleri altı kenar dikdörtgen şeklindedir (Şekil 2.13.) (Van den Pol ve ark., 2009). Bu mezofazın düzen parametreleri üç adet direktörden oluşur (\vec{n} , \vec{l} ve \vec{m} ; $\vec{n} = \vec{l} \times \vec{m}$) ve ortogonal iki katlı simetri eksenine sahiptir (Kim vd., 2014).

N_C mezofazı iki ve üç bileşenli liyotropik sıvı kristalik sistemlerde gözlenirken, N_D ve N_{bx} mezofazları ise sadece üç bileşenli sistemlerde ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2.13. N_{bx} mezofazının şematik yapısı

N_C ve N_D mezofazı polarize mikroskop altında incelendiğinde Schlieren tekstür adı verilen özel bir tekstür sergilemektedir.

2.3.2. Liyotropik Hekzagonal E Mezofaz

Liyotropik hekzagonal E mezofazı, sanki - sonsuz uzunluğa sahip çubuksu misellerin hekzagonal bir kafes oluşturduğu iki boyutlu düzenlemeye sahip yapılardır (Şekil 2.14.). Misellerin uzun eksenleri birbirlerine paraleldir ve çapı genel olarak miselleri oluşturan amfifil moleküllerin iki kat uzunluğundan yaklaşık olarak %10 - %30 daha küçüktür (Vedenov ve Levchenko, 1983; Paineau vd., 2016). E mezofazında çubuksu misellerin arasındaki mesafe amfifil ve su konsantrasyonuna bağlı olarak $10 \div 80 \text{ \AA}$ arasında değişmektedir ve her bir çubuksu misellerin arasında su bulunmaktadır. Hekzagonal E mezofazı genellikle kütlece %30 - %60 arasında su içermesine karşın çok daha viskoz yapıya sahiptir (Libster vd., 2011).

Hekzagonal E mezofazı uzun erimli yönelimsel bir düzene sahiptir ve iki, üç ve çok bileşenli liyotropik sıvı kristalik sistemlerde gözlenir. Ayrıca bu mezofaz optiksel olarak tek optiksel eksenlidir ve negatif çiftkırılmaya sahiptir.



Şekil 2.14. Hekzagonal E mezofazın şematik yapısı

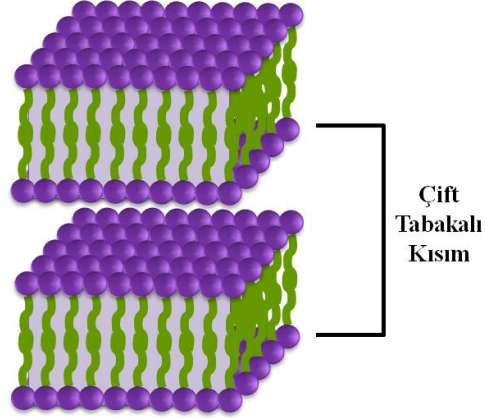
İkili amfifil+su liyotropik sıvı kristalik sisteminde amfifil moleküllerin hidrofobik zincir uzunluğunun artmasına bağlı olarak hekzagonal E mezofazı, sistemin faz diyagramında düşük amfifil konsantrasyon bölgesine doğru kaymaktadır. Böylece düşük amfifil konsantrasyonlarında E mezofazı ortaya çıkmaktadır. Üçlü amfifil+su+2. çözücü liyotropik sıvı kristalik sisteminde eklenen 2. çözücünün özelliğine ve kullanılan amfifil malzemeye bağlı olarak hekzagonal E mezofazı düşük veya yüksek amfifil konsantrasyon bölgesine doğru kaymaktadır. 2. çözücü olarak alifatik alkol eklenmesi durumunda amfifil molekülün hidrofobik kuyruk kısmı ile alifatik alkol molekülleri ile etkileşmeye girer. Bunun sonucunda amfifil moleküllerin hidrofilik baş grup alan ile hidrofobik kuyrukları içeren alan arasındaki oran artarak miselin çubuksu olarak paketlenmesi sağlanır.

Hekzagonal E mezofazı polarize optik mikroskop altında incelendiğinde konfokal (confocal), yelpaze (fan-like), açılı ve lif tür görünümünde tekstür çeşitleri sergilemektedir. Hekzagonal E mezofazı uzun erimli yönelimsel bir düzene sahiptir ve iki ve üç bileşenli liyotropik sıvı kristalik sistemlerde gözlenir. Ayrıca bu mezofaz optiksel olarak tek optiksel eksenslidir ve negatif çiftkırılmaya sahiptir.

2.3.3. Liyotropik Lamellar D Mezofaz

Liyotropik lamellar D mezofazı, sanki - sonsuz çapa sahip plakalı (diskotik) misellerden oluşmuş ve lamellilerindeki amfifil moleküller çift katlı olarak paketlenmişlerdir (Şekil 2.15.). Lamellar D mezofazın miseli, lamelle olarak adlandırılır.

Lamellar D mezofazı uzun erimli yönelimsel bir düzene sahiptir ve iki, üç ve çok bileşenli liyotropik sıvı kristalik sistemlerde gözlenir. Ayrıca bu mezofaz optiksel olarak tek optiksel eksenlidir ve pozitif çiftkırılmaya sahiptir.



Şekil 2.15. Lamellar D mezofazın şematik yapısı

Lamellar D mezofazında paralel çift katlı tabakalar arasındaki boşluk sabittir ve birbiri üzerinde hareket edebilmektedir. Tabakalar arasındaki kayma özelliği sayesinde D mezofazı çok fazla su içermemesine (su içeriği kütlece %10-%50) rağmen, hekzagonal mezofazdan daha düşük viskoziteye sahiptir (Fujii and Yamamoto, 2015). Lamellar D mezofazı genellikle %50' ye kadar amfilil konsantrasyonunda ortaya çıkar. Liyotropik sistemi oluşturan bileşenlerin konsantrasyonu çift katlı lamellar D mezofazını oluşturan lamellerin kalınlıklarını belirler. Liyotropik sistemde su konsantrasyonunun artması ile amfilil moleküllerin hidrofilik ve hidrofobik kısmına düşen yüzey alanı artar. Böylece lamellerin kalınlıkları artar. Lamellerin kalınlıkları amfilil moleküllerinin uzunluğunun yaklaşık iki katı kadar büyüklüğe sahiptir.

Liyotropik sistemlerde lamellar D mezofazının sıcaklığı azalması ile lamellerin hidrofobik kuyrukları katılaşıp sistem jel fazına döner. Termodinamik olarak kararsız durumdan kararlı halen gelen jel fazı çok özel yapısal özelliklere sahiptir (Brown ve Wolken, 1979). Lamellar D mezofazının sıcaklığının daha da azalması durumunda liyotropik sistem jel fazından "katı kristal" fazına dönüşür.

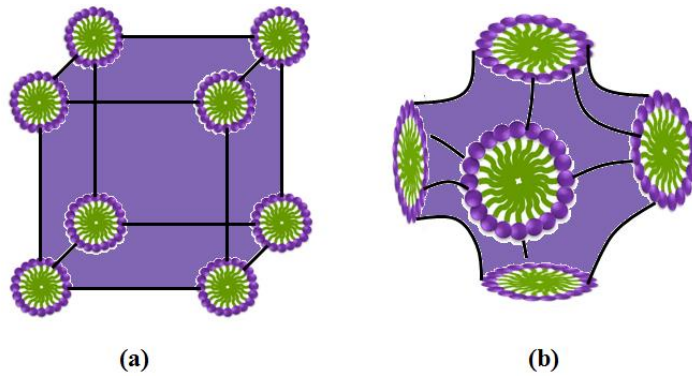
Lamellar D mezofazı üçlü ve daha fazla bileşenli liyotropik sistemlerde ortaya çıkmaktadır. Lamellar D mezofazı polarize mikroskop altında incelendiğinde küçük konfokal ve "yağlı şerit" (oily streaks) görünümünde tekstür çeşitleri sergilemektedir.

2.3.4. Liyotropik Kübik Faz

Liyotropik kübik faz (viskoz izotropik faz) yapısal olarak lamellar D ve hekzagonal E mezofazları kadar iyi karakterize edilebilmiş sistem olmadığından dolayı çok yaygın değildir. Kübik faz hekzagonal mezofazdan daha fazla viskoz yapıya sahip olmasına karşın fiziksel olarak izotropik özelliklere sahiptir. Bu nedenle polarize mikroskop altında karakterize edilemez (Abe ve Takahashi, 2007; Sharman vd., 2010).

İki tip liyotropik kübik faz bulunmaktadır. Bunlardan birincisi küresel izotropik misel faz (L_1 ve L_2) ile hekzagonal E mezofazı arasında meydana gelirler. Burada küresel miseller üç boyutlu periyodikliğe sahip kübik bir düzen oluşturarak yapıyı meydana getirmektedir. L_1 ve hekzagonal E mezofazı arasında oluşmuş faza kübik I_1 fazı, L_2 ve hekzagonal F mezofazı (ters çubuksu misellerin oluşturduğu hekzagonal yapı) arasında oluşmuş faza kübik I_2 fazı olarak adlandırılır (Şekil 2.16a.). Bazı araştırmacılar bu fazın kübik düzenin oluşturduğu misellerin küresel yada çubuksu yapıya sahip olduğu sonucuna da varmışlardır.

İkincisi ise hekzagonal E ve lamellar D mezofazının arasında yer alan kübik fazdır. Bu kübik faz nispeten kısa çubuksu misellerden oluşmuştur ve üç farklı faz yapısına sahiptir. $Pn3m$, $Im3m$, $Ia3d$ fazları sırasıyla elmas, ilkel ve giroid yüzey yapısına sahiptir. Şekil 2.16b.' de $Im3m$ liyotropik kübik fazın şematik yapısı gösterilmektedir.

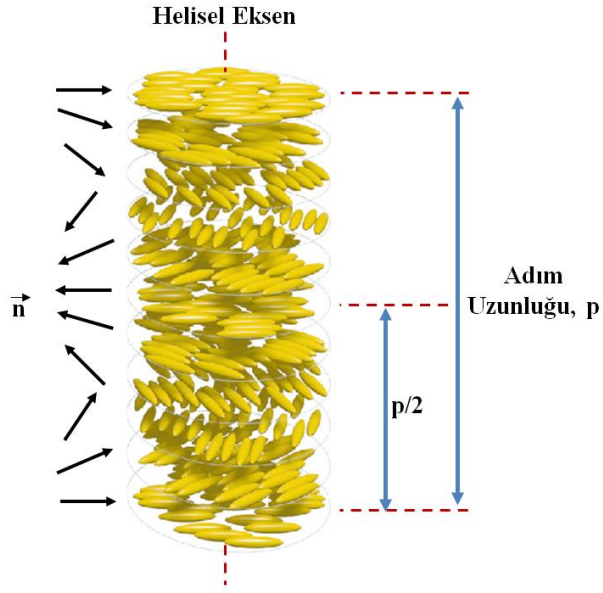


Şekil 2.16. a) I_1 ve b) $Im3m$ kübik fazın şematik yapısı

2.3.5. Liyotropik Kolesterik Ch Sıvı Kristal Mezofaz

Kolesterik Ch mezofaz veya kiral nematik mezofaz genel olarak moleküller arasında moleküler kuvvetlerin birbirine küçük bir açı ile dizilmesini sağlayan kiral nematik

moleküllerden oluşmuştur. Kolesterik mezofazda yapı, nematik yapıya sahip katmanlar yığılından oluşmaktadır. Burada her bir katmandaki \vec{n} yönelme vektörü, katman normaline etrafında sürekli spiral (helisel) bir yapı oluşturacak şekilde yönelim değişimi gösterir (Collings vd., 2001). Burada moleküllerin tabakalar arası geçişi mümkündür. Kolesterik mezofazın en önemli özelliği adım uzunluğudur (Şekil 2.17.). Adım uzunluğu (pitch, p), \vec{n} yönelme vektörünün helisel eksen içinde tam bir tur dönmesi için gerekli olan mesafedir ve ortamdaki sıcaklık, basınç, elektrik ve manyetik alan gibi dış etkilere karşı son derece duyarlıdır. Liyotropik kolesterik mezofazların spiral adımlarının boyutları amfifil malzemelerin türüne, amfifil malzemelerin moleküllerin uzunluğuna, liyotropik sistemin bileşen türüne, bileşen sayısına, bu bileşenlerin konsantrasyon oranlarına ve sıcaklığa bağlı olarak yaklaşık $10 \div 130 \mu\text{m}$ 'dir. Kolesterik mezofazdaki adım uzunluğunun sıcaklığa bağımlı olması ile bu tür malzemeler sıcaklık sensörü olarak kullanılmaktadır. Kolesterik mezofazın spiral yapısının diğer bir özelliği eşit dalga boylu ışığı yansıtarak sıcaklığa bağlı olarak renk değiştirebilme yeteneği göstermesidir (Zhou vd., 2016). Uygulanan ışık kolesterik mezofazın katmanlarına dik gelince $p = n \lambda$ ($n = 0,1,2 \dots$) Bragg yansıması meydana gelir. Yapıda gerçekleşen Bragg yansıması periyodikliğin sonucunda ortaya çıkar ve sıcaklık değişimlerine karşı son derece duyarlıdır. Bu özelliği sayesinde elektronik devrelerin veya mikro yapıların kusurlarının belirlenmesinde, yarıiletkenler endüstrisinde, güç transistörlerindeki ısı dağılışı işleminde, şok dalgalarının uçakların yüzeylerindeki etkilerinin incelemesinde ve hastalıklı dokuların teşhis edilmesinde kolesterik sıvı kristallerden yararlanılmaktadır (Chandrasekhar, 1992). Doğada en iyi bilinen örneği ise hücrelerimizin yönetimini ve kalıtımını sağlayan DNA molekülüdür (Şekil 2.18.). Dolayısı ile liyotropik kolesterik Ch mezofazlar fiziksel, fiziko-kimyasal ve biyofiziksel açıdan teknik, teknolojinin ve sanayinin birçok alanlarında uygulama alanlarına sahiptir.



Şekil 2.17. Kolesterik sıvı kristal mezofazda moleküllerin yönelimi (\vec{n}) ve adım uzunluğunun (p) şematik gösterimi

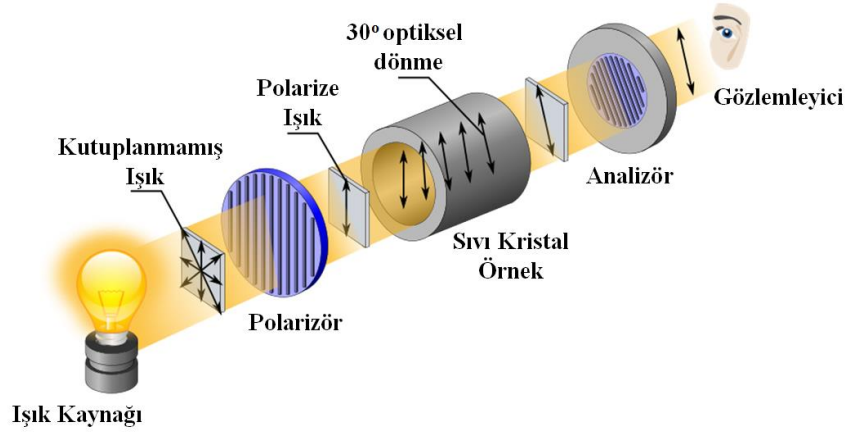
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000700049



Şekil 2.18. Spiral yapıya sahip DNA molekülü

<https://www.livescience.com/37247-dna.html>

Kolesterik sıvı kristallerin en belirgin özelliği, optiksel etkinlik özelliklere ve optiksel etkinliklerinin çok yüksek değerlere sahip olmasıdır. Bu nedenle doğada bulunan en yüksek optiksel etkinliğe sahip olan malzemelerdir. Kolesterik Ch mezofazların optiksel etkin olmaları, üzerlerine düşen kutuplanmış ışığın kutuplanma düzlemini döndürülmesini sağlamaktadır (Şekil 2.19.). Dolayısıyla spiral adımın belirlenmesi ve bu spiral adımı manyetik ve termik alanların belirlenmesi çok önemlidir.



Şekil 2.19. Kutuplanma düzleminde ışığın optiksel etkinliği

https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_rotation

Kolesterik mezofazlar optiksel olarak iki eksenlidir ve optiksel eksen spiral eksene paralel yöndedir. Çift optiksel eksenli liyotropik kolesterik Ch mezofazda spiral adım, optiksel etkin malzemenin konsantrasyonuna, C_m ve misellerin anizometrik biçimlerini karakterize eden parametre, S_a ile karakterize edilir (Dörfler, 2002).

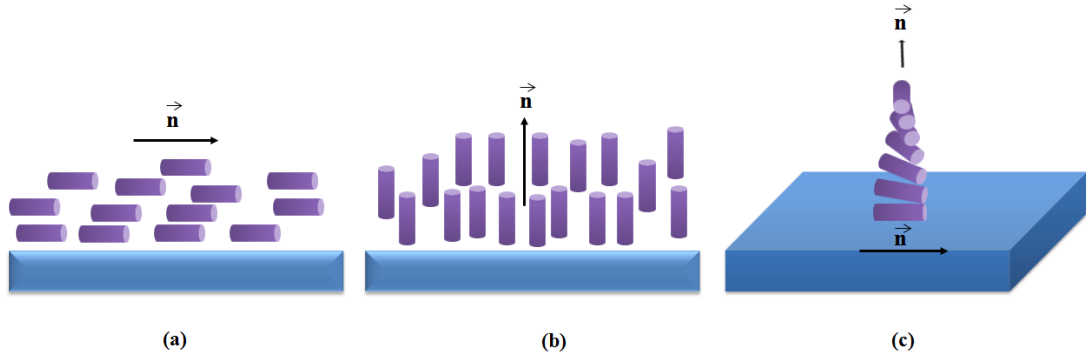
$$p \sim C_m^{-1} \cdot S_a^{-1} \quad (2.4)$$

Optiksel etkin malzeme olarak genellikle brusin sülfat, kolesterol, tartarik asit, şarap asiti, litoholik asit, 1-alenine, d-alenine, 1-proline, d-proline v.b. malzemeler kullanılmaktadır (Nesrullajev, 2007). Karmaşık liyotropik sıvı kristal sisteminde optiksel etkin malzemenin konsantrasyonunun artması kolesterik Ch mezofazın optiksel etkinliğini arttırırken, spiral adım uzunluğunun azalmasına yol açmaktadır. Bunun yanı sıra karmaşık liyotropik sıvı kristal sistemlerine optiksel etkin malzemenin eklenmesi termotropik faz geçişlerini etkilemektedir. Optiksel etkin malzemenin konsantrasyonunun artması ile termotropik faz geçişi yüksek sıcaklıklara doğru kaymaktadır. Ayrıca liyotropik sıvı kristallere optiksel etkin malzemenin eklenmesi kolesterik mezofazların yönelimsel özelliklerini etkilemektedir (Luemann ve Finkelmann, 1986; Nesrullajev, 2007). Bu durumda optiksel etkin malzemenin konsantrasyonunun arttırılması, kolesterik mezofazın tam yönelim için gerekli sürenin artmasına neden olmaktadır.

Kolesterik Ch mezofaz üçlü ve daha fazla bileşenli liyotropik sistemlerde ortaya çıkmaktadır. Kolesterik Ch mezofaz polarize mikroskop altında incelendiğinde parmak izi tekstür sergilemektedir.

2.4. Liyotropik Sıvı Kristalik Sistemlerde Yönelim Türleri

Sıvı kristaller anizotropik özellik sergiledikleri için kırılma indisi, dielektrik geçirgenlik, öz elektriksel iletkenlik, manyetik duyguluk vb. fiziksel parametreleri \vec{n} yön vektörüne bağlı olarak değişmektedir. Dolayısıyla bu fiziksel parametrelerin ölçülebilmesi için \vec{n} yön vektörünün, sıvı kristalin tüm hacimde aynı yöne sahip olması gerekmektedir. İki cam yüzey arasında bulunan sıvı kristalin yapı birimleri yüzeye etkileşme sonucunda tek bir yönde yönelebilirler (Blinov, 2012). Temel olarak üç tür yönelmiş monokristalik tekstür vardır. Bunlar, homeotropik, planar (düzlemsel) ve twist (burulma) yönelimdir. Planar yönelimde sıvı kristalin yapı birimlerinin yön vektörü referans yüzeylere paraleldir (Şekil 2.20.a); homeotropik yönelimde sıvı kristalin yapı birimlerinin yön vektörü referans yüzeye diktir (Şekil 2.20.b); twist yönelimde liyotropik kolesterik sıvı kristallerde gözlenen yapıya benzer şekilde, spiral adımlı burulmuş düzlemsel yapı meydana gelir (Şekil 2.20.c).



Şekil 2.20. Sıvı kristal yapı birimlerinin yönelim türlerinin şematik görünüşü. a) planar yönelim; b) homeotropik yönelim; c) twist yönelim.

Planar yönelim elde etmek için, kadife veya pamuk bez ile referans cam yüzeye sürtme işlemi uygulanarak mekanik olarak aşındırma işlemi yapılır ve bu sayede cam yüzey üzerinde belirli bir yönde mikro-oluklar oluşur (Şekil 2.20.a). Sıvı kristal molekülleri bu oluklara paralel olarak hizalandığı zaman, hiçbir yönelimsel deformasyon meydana gelmez. Mekanik aşındırma işlemi ile elde edilen planar

yönelimin ankraj (anchoring) kuvveti küçüktür (10^{-5} J/m²). Eğer sıvı kristal moleküller oluklara dik olarak dizilseydi, yönelimsel deformasyon olurdu ve bunun sonucunda çok enerji harcarlardı (Şekil 2.20.b). Planar yönelim için, en yaygın olarak kullanılan yöntem polimer polyamidelerdir. Sürtme işlemi ile polimide tabakalarda mikro oluklar oluşturulur ve böylece polimer zincirlerin belirli bir yön boyunca hizalanması sağlanır. Burada sıvı kristal moleküller arasında moleküler etkileşim ve yönelmiş polimer zincirler planar yönelime katkıda bulunduğu için oluşan ankraj kuvveti yüksektir (10^{-3} J/m²). Bunun dışında, eğik buharlaştırılmış SiO_x, GeO_x veya SeO_x gibi filmler kullanılarak da planar yönelim elde edilebilmek mümkündür (J. Cognard, 1982).

Homeotropik yönelim elde etmek için, öncelikle referans cam yüzeyler lesitin, stearik asit, tensidin gibi, yüzeyce aktif maddelerle hazırlanan çözeltilerle kontrollü olarak kaplanır (Dierking, 2003). Böylece cam yüzeyde optiksel olarak şeffaf ince bir film tabakası meydana gelir. Kullanılan yüzey aktif maddenin hidrofilik kısmı (polar baş) kimyasal olarak cam yüzeye bağlanırken, hidrofobik kısmı (hidrokarbon kuyruk) yüzeye dik şekilde dizilir. Yüzey aktif madde ve sıvı kristal arasındaki moleküler arası etkileşim homeotropik yönelime katkıda bulunur. Ayrıca homeotropik yönelim elde etmek için yaygın yöntem olarak polimer polyamidelerde kullanılmaktadır. (J. Cognard, 1982).

2.5. Liyotropik Sıvı Kristalik Sistemlerde Tekstür Türleri

Polarize optik mikroskop altında çapraz polarizörler arasında yerleştirilmiş liyotropik sıvı kristal sandviç-hücre içindeki moleküllerin yönelimi sonucu gözlenen optik resimlere tekstür adı verilir. Polarize mikroskop altında gözlenen bu tekstürlerin çeşitliliği ve çift kırılma renkleri sadece güzel görünmekle kalmaz aynı zamanda sıvı kristal mezofazların yapısı hakkında bize çok önemli bilgiler sağlamaktadır. Diğer bir deyişle tekstürlerin çeşitliliği ve görüntüleri, liyotropik sıvı kristallerdeki misellerin mezofazlardaki yönelim ve düzen mertebesinin tespit edilmesini, sıvı kristal örneğin hangi mezofaza ait olduğunun belirlenmesini, sınır şartlarının araştırılmasını, faz diyagramlarının belirlenmesini, mezofazların tekstür dönüşümlerinin dinamiğinin incelenmesini vb. sağlamaktadır.

Liyotropik sıvı kristalik mezofazların yapıları termik, elektrik ve manyetik alanlara, deformasyonlara, akışlara, sınır şartlarına vb. etkilere ve liyotropik sistemi oluşturan bileşenlerin sayısına, türüne ve konsantrasyonlarına çok duyarlı oldukları için bu değişimler yapıları yansıtan tekstürlerin değişmesine neden olmaktadır. Sıvı kristal mezofazların yapısını ve fiziksel özelliklerini belirlemek için birçok deneysel teknikler olmasına rağmen mikroskopik gözlemler, yüzey homojen olmasa bile genellikle yapıyı belirlemek için yeterli bilgiyi verirler.

Liyotropik sıvı kristallerde tekstürler özgül ve özgül olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Özgül tekstürler kesin olarak belli bir mezofaza ait oldukları için mezofaz türünün belirlenmesini sağlamaktadırlar. Özgül olmayan tekstürler ise aynı tekstürün farklı mezofazlarına ait olduğu için mezofazın tanımlanmasında genellikle katkıda bulunmazlar. Özgül olmayan tekstürlerde bu durum paramorfizm olarak adlandırılmaktadır.

Liyotropik sıvı kristalik mezofazların bazı tekstürleri ayrıntılı bir şekilde ele alınarak incelenmiştir (Demus vd., 1978; Sonin, 1984; Dierking, 2003).

2.5.1. Liyotropik Nematik Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler

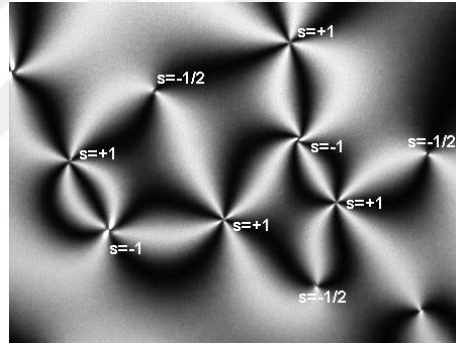
Yüzey işlenmemiş cam tabakalar arasındaki sıvı kristal moleküller referans cam yüzeye paralel olarak yönelirler. Eğer yönelim homojen değilse oluşan tekstüre Schlieren tekstürü adı verilir. Liyotropik sıvı kristallerde bu tekstür ilk olarak Lawson ve Flautt (1967) tarafından bulunmuştur. Schlieren tekstürleri yön vektörlerinin sürekli olmadığı noktaların bir kümesi ile karakterize edilir ve bu tekil noktalar disklinasyon şeritlerine karşılık gelir. Çapraz polarizörler arasında tekstüre bakıldığında bu tekil noktalar koyu bölgelere karşılık gelmektedir. Bu noktalardan çıkan koyu şeritler, sıvı kristalin yön vektörünün gelen ışığın kutuplanma düzlemine paralel veya dik olan bölgelere karşılık gelir. Schlieren tekstürlerde pozitif çift kırıcılı ve negatif çift kırıcılı planar yönelmiş bölgelerin olması, nematik N_C ve N_D mezofazların tanıtımını sağlamaktadır. Şekil 2.21.' de N_C ve N_D nematik mezofazında gözlenen schlieren tekstürleri verilmektedir.

Schlieren tekstürü, schlieren oluşumlarının sıklığına ve bu oluşumların başladığı tekil noktaların disklinasyon güçlerine (S) bakılarak karakterize edilir. Tekil noktaların disklinasyon gücü, tekil noktadan çıkan siyah şeritlerin sayısı ile belirlenir;

$$S = \text{çizgi sayısı} \times \frac{1}{4} \quad (2.5)$$



Şekil 2.21. Liyotropik a) N_C (Nesrullajev, 2007) ve b) N_D (Nesrullajev, 2010) mezofazda gözlenen schlieren tekstürü



Şekil 2.22. Nematik mezofazda gözlenen schlieren tekstürü

(<http://www.personal.kent.edu/~bisenyuk/liquidcrystals/textures1.html>)

Nematik mezofaza sahip sıvı kristallerin tekstürlerinde $S = \pm \frac{1}{2}$, $S = \pm 1$ disklinasyon güçlerine sahip disklinasyonlar gözlenmektedir. Şekil 2.22.'de görüldüğü üzere $S = \pm \frac{1}{2}$ durumunda iki şeritli disklinasyonlar, $S = \pm 1$ durumunda ise dört şeritli disklinasyonlar gözlenmektedir.

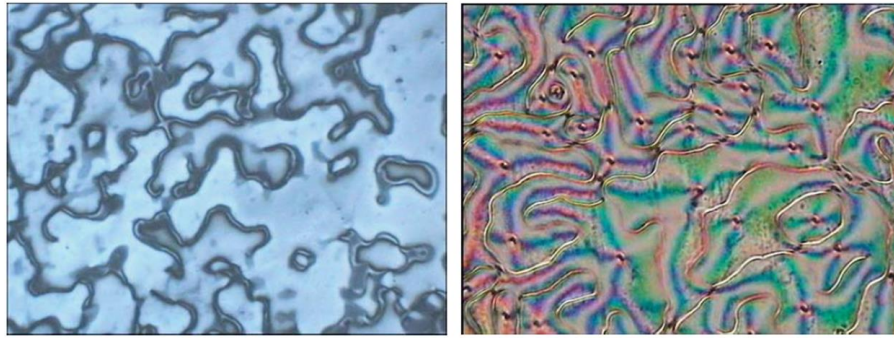
Disklinasyon güçleri büyük olan disklinasyonlar büyük enerjiye sahip oldukları için kararsızdırlar ve sıvı kristallerde gözlenmezler (Nehring ve Saupe, 1972; Chandrasekhar, 1992).

Çapraz polarizörlerin, aralarında bulunan hareketsiz (döner tablada sabit tutulan) örneğe göre döndürülmesi ile koyu şeritler gelişi güzel dönme hareketi yaparlar.

Çapraz polarizörler döndüğünde koyu şeritler aynı yönde döner ise pozitif disklinasyonlar, zıt yönde ise negatif disklinasyonlar gözlenmektedir.

Schlieren tekstürlerde noktasal disklinasyonların yanı sıra çizgisel disklinasyonlarda gözlenmektedir. Çizgisel disklinasyonlar iplik tür oluşumlardır (Şekil 2.23a.). İplik tür oluşumlar sıvı kristal hacim içinde ya da referans cam yüzeyle temas halinde meydana gelebilir. Bu oluşumların deformasyonları için az miktarda bir enerji yeterlidir (Nesrullazade vd., 2000).

Schlieren tekstürlerde meydana gelen bir başka oluşum ise inversiyon duvarlarıdır. İversiyon duvarları iplik tür oluşumlardan farklı olarak daha kalın siyah şeritler şeklinde oluşurlar (Şekil 2.23b.). İversiyon duvarların içerisinde sıvı kristal moleküller referans yüzeye dik olarak yönelmektedir (Drzaic, 1995). Başka bir deyişle, inversiyon duvarların dış kısmından merkezine doğru yaklaşıldıkça farklı yönelime sahip bölgelerin molekülleri sürekli bir şekilde değişerek söz konusu duvarın merkezinde referans cam yüzeye dik konuma gelerek yönelim oluşturmaktadır (Drzaic, 1995). Sıvı kristal moleküllerin yönelimindeki bu değişimin yönü inversiyon duvarın her iki tarafında birbirine göre zıt yönde gerçekleşir.



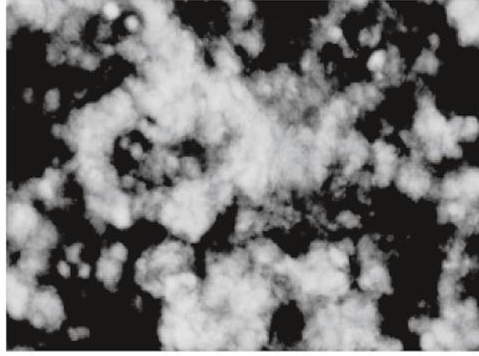
(a)

(b)

Şekil 2.23. Nematik mezofazda gözlenen a) iplik tür oluşumlar b) inversiyon duvarları (Dierking, 2003)

Nematik mezofazda çok sık gözlenen bir diğer tekstür mermer tür (marble-like) tekstürlerdir. Bu tekstür genellikle yüzeyi işlenmemiş referans cam tabakalar içindeki sıvı kristal örneğin ince hazırlanması halinde gözlenmektedir. Mermer tür oluşumlar düzensiz, parlak geometrik olmayan oluşumlardan oluşmaktadır (Şekil 2.24.). Bu tekstürde her bir farklı \vec{n} yönelimine sahip alanlar inversiyon duvarları ve disklinasyon çizgileri ile birbirinden ayrılmıştır. Katı kristalden nematik mezofaza

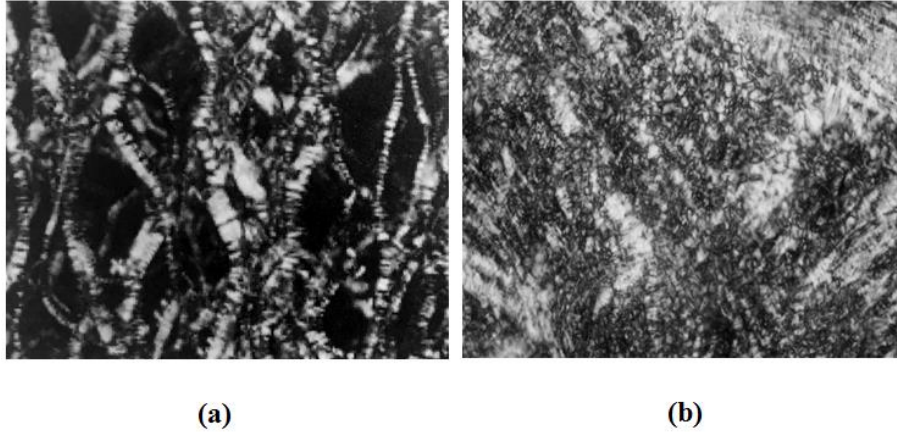
geçiş sergileyen sıvı kristaller için mermer tür tekstürler, kristalitin ısıtılması ile nematik mezofaza geçerken görünebilir (Friedel, 1922).



Şekil 2.24. Mermer tür tekstür

2.5.2. Lamellar D Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler

Lamellar D mezofazına ait tekstürler sanki-izotropik (pseudo-izotropik) fon üzerinde bulunan “yağlı şerit” (oily streaks) oluşumlar şeklindedir (Şekil 2.25.a) ve küçük konfokal oluşumlar şeklindedir (Şekil 2.25.b). Bu tekstür lamellar D mezofazında çok yaygın görülen tekstürlerdir. Bu oluşumlar farklı liyotropik sistemlerde ve termotropik kolesterik mezofazlarda genellikle lamellar D mezofazında çeşitli araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Saupe, 1976; Friberg vd., 1988; Hoffman vd., 1995; Nesrullajev, 2003).



Şekil 2.25. Lamellar D mezofazında gözlenen a) sanki-izotropik fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlar içeren tekstür (Nesrullajev, 2007), b) küçük konfokalli tekstür

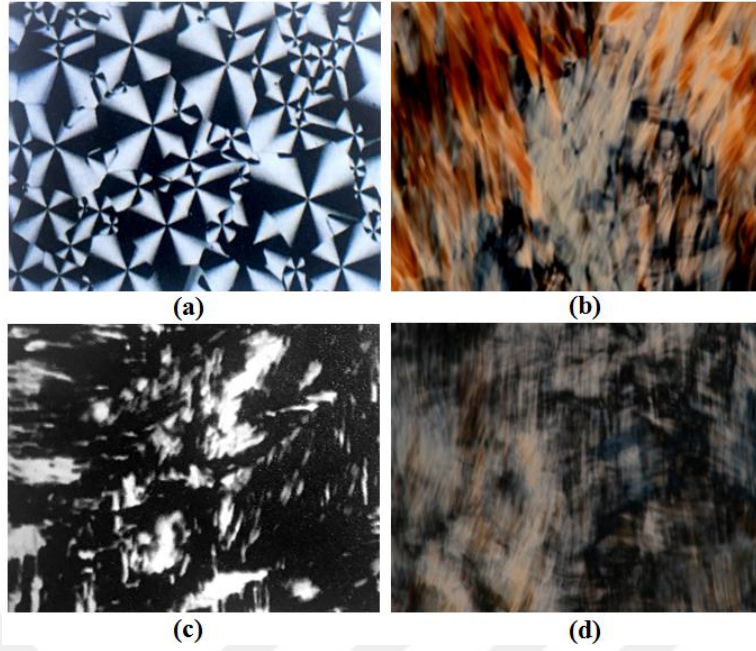
Lamellar D mezofazında gözlenen "yağlı şerit", pseudo-izotropik arka fon üzerinde pek çok sayıda küçük konfokal ve yelpaze tür oluşumların örgü şeklinde düzensiz dağılmasıyla meydana gelmektedir. "Yağlı şerit" oluşumlara sahip tekstürler polarize mikroskop tablasının döndürülmesiyle, ışıklanıp sönen düzensiz bir şekilde dağılmış

aydınlık ve karanlık şeritlerden oluşmaktadır. "Yağlı şerit" oluşumları, yüksek çiftkırılyaya sahip, boyutları çeşitli dış etkilere bağlı, konfokal oluşumlardan oluşur.

Çeşitli dış etkiler altında (termik, elektrik ve manyetik alanlara, deformasyonlara, akışlara vb. etkilere) lameller D mezofazın özgül tekstürleri özgül olmayan tekstürlere dönüşebilmektedir. Bunun nedeni lameller D mezofazının yüksek viskoziteye sahip olmasıdır. Dış etkiler ortadan kalktıktan sonra bir önceki bu mezofaza özgül olan tekstür tekrar ortaya çıkabilir.

2.5.3. Hekzagonal E Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler

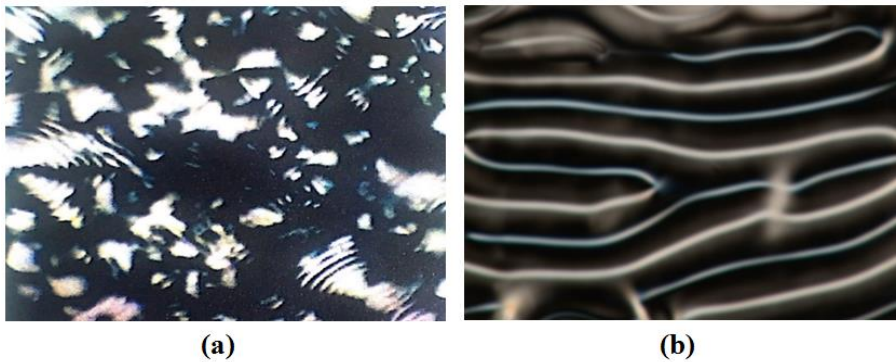
Hekzagonal E mezofazına ait tekstürler özellikle konfokal, yelpaze, açılı ve lif tür tekstürler sergilemektedir (Şekil 2.26.). Konfokal tekstürler ayrı ayrı konfokallerden oluşan uzaysal şekillerin bir bütünüdür. Geometrik yapısına bakılacak olduğunda konfokalin tabanı elips şeklinde ve tepesi elipsin odak noktasından yüzeyine dik yönde hiperbolde bulunan üç boyutlu şekilden oluşmaktadır. Şekil 2.26a.' da gösterilen tekstür farklı yüksekliklere sahip konfokallerden oluşmaktadır ve bu konfokallerin tabanı kesilmiştir. Aynı zamanda konfokal oluşumları ikili, üçlü ve dörtlü gruplar oluşturarak üst üste konumlanmışlardır. Konfokal tekstürlerin deformasyonu sonucunda yelpaze ve açılı tür tekstürler gözlenmektedir. Yelpaze tür tekstürler hiperbollerini içeren düzlemlerdeki konfokal oluşumların deformasyonu sonucunda oluşurken, açılı tür tekstürlerde ise konfokal oluşumlar arasındaki bağların bozulması sonucunda ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.26b. ve Şekil 2.26c.). E mezofazın lif tür tekstürlerinde oluşumlar, sandviç-hücredeki sıvı kristal örneğin referans yüzeylerine paralel olarak yerleşmiştir. Bu tekstürün lif tür oluşumları birbirinden inversiyon duvarlarıyla ayrılmaktadır. Mikroskop tablasının döndürülmesiyle bu duvarlar tekstürün art arda ışıklanıp söndüğü (paralel koyu veya ışıklı) şeritler şeklinde görülmektedir (Nesrullajev, 2007). Bu tekstürde, planar yönelime sahip geniş bölgeler bulunmaktadır (Şekil 2.26d.).



Şekil 2.26. Hekzagonal E mezofazında gözlenen a) konfokal tekstür (Nesrullajev, 2007), b) yelpaze tür tekstür, c) açılı tekstür (Nesrullajev, 2007), d) lif tür tekstür

2.5.4. Kolesterik Mezofazda Gözlenen Bazı Tekstürler

Liyotropik kolesterik Ch mezofazına ait tekstür parmak izi (fingerprint) ve spagetti tür tekstürler sergilemektedir (Şekil 2.27a. ve Şekil 2.27b.). Şekil 2.27a.' da görüldüğü üzere parmak izi tekstüründe bazı bölgeler yönlendirilmiş morfolojik özellikler sergilerken, spagetti - tür tekstürlerde tüm bölgeler yönlendirilmiş morfoloji özelliklere sahiptir. Liyotropik kolesterik mezofaz nematik mezofazlar gibi dış manyetik alana duyarlıdır. Kolesterik kalamitik mezofazın Ch_c kiral yapısı dış manyetik alan etkisi ile bozulur ve spiral yapı oluşur. Bu durumda parmak izi tekstürü bozularak nematik mezofazda gözlenen schlieren tekstürüne dönüşebilir.



Şekil 2.27. Kolesterik Ch mezofazda gözlenen a) parmak izi tekstür (Nesrullajev, 2007), b) spagetti tür tekstür

Manyetik alan sandviç-hücrenin referans yüzeylerine paralel olarak uygulandığında kolesterik Ch_C mezofaz, nematik mezofazın planar tekstürünü sergilerken, manyetik alan kaldırıldığında ise kolesterik Ch_C mezofazın planar tekstürünü sergilemektedir. Bu durumda tekstürde, kolesterik Ch_C mezofazın çubuksu miselleri, spiral adım eksenine dik ve sandviç-hücrenin referans yüzeylerine paralel olarak yönelmektedir.

Kolesterik diskotik Ch_D mezofazı negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğu için uygulanan dış manyetik alanla spiral yapı bozulmaz ve spiral adım eksenine sandviç-hücrenin referans yüzeyine paralel olarak yönelmiş spagetti tür tekstür gözlenmektedir. Kolesterik çift eksenli Ch_{bx} mezofazı ise Ch_D mezofazına benzer şekilde yönelim göstermektedir. Ancak Ch_{bx} mezofazı, Ch_C ve Ch_D mezofazlarından farklı olarak gayet ufak konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında bulunmaktadır.

3. MATERYALLER VE YÖNTEMLER

Bu tez çalışmasında incelenen materyaller bilimsel araştırma doktora tez projesi (17/132) kapsamında alınmıştır. İncelenen sıvı kristal örnekler Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünün Sıvı ve Katı Kristaller Araştırma Laboratuvarında hazırlanmıştır. Tezin deneysel araştırma çalışmalarında kullandığımız yöntemler, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünün Sıvı ve Katı Kristaller Araştırma Laboratuvarında bulunan düzenekler, cihazlar ve aletler ile yapılmıştır.

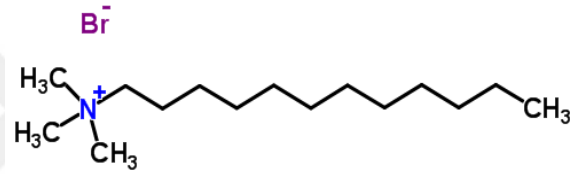
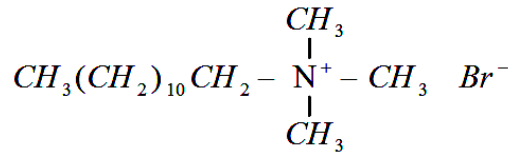
3.1. İncelenen Materyaller

Bu çalışmada iki, üç ve dört bileşenli karmaşık liyotropik sıvı kristalik sistemler incelenmiştir. İki bileşenli liyotropik sıvı kristalik sistemler amfifil+su şeklindedir. Üç bileşenli karmaşık liyotropik sıvı kristalik sistemler amfifil1+amfifil2+su , amfifil+alifatik alkol+su şeklindedir. Dört bileşenli karmaşık liyotropik sistemler amfifil+alifatik alkol+optiksel etkin malzeme+su şeklindedir. Kullanılan amfifil malzemeler aşağıda sıralanmıştır;

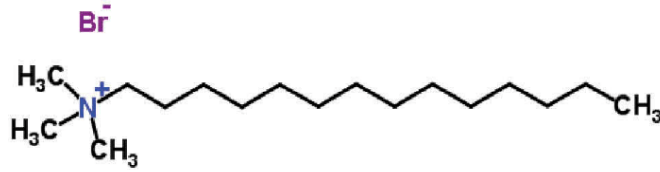
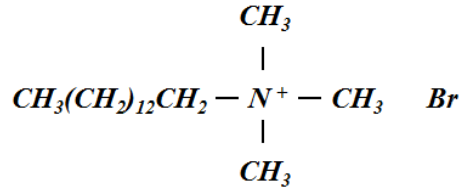
1. Dodesiltrimetilamonyum bromür ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{11}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$ - DDTMABr)
2. Tetradeciltrimetilamonyum bromür ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{13}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$ - TDTMABr)
3. Heksadesiltrimetilamonyum bromür ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}(\text{CH}_3)_3\text{Br}$ - HDTMABr)
4. Sodyum desilsülfat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$ - SDS)
5. Sodyum dodesilsülfat ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{CH}_2\text{OSO}_3\text{Na}$ - SDDS).

DDTMABr "Sigma Aldrich" firmasından, TDTMABr "Roth" firmasından, HDTMABr "Applichem" firmasından, SDS ve SDDS "Merck" firmasından satın alınmıştır. Alifatik alkol olarak 1-Dekanol ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_9\text{OH}$ - DeOH) kullanılmıştır ve "Merck" firmasından satın alınmıştır. Optiksel etkin malzeme olarak ise şarap asiti ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_5$ - WA) ve tartarik asit ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ - TA) kullanılmıştır ve "Merck" firmasından satın alınmıştır. Kullanılan bütün kimyasallar en az %99.0 saflığa sahiptir. Temel çözücü olan su (H_2O), üç kere distile ve deionize edilmiş olarak kullanılmıştır.

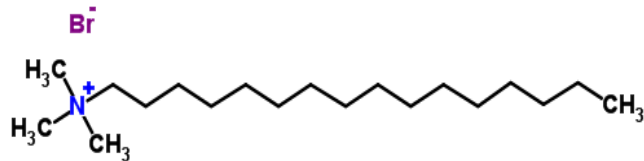
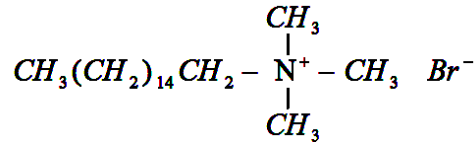
Amfifil malzeme olarak kullanılan DDTMABr, TDTMABr, HDTMABr, SDS ve SDDS moleküllerinin kimyasal formülleri ve molekül yapılarının şematik görünümü sırasıyla Şekil 3.1., Şekil 3.2., Şekil 3.3., Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'de verilmiştir. DDTMABr, TDTMABr ve HDTMABr sırasıyla 12, 14 ve 16 alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip katyonik amfifil malzemelerdir ve polar başı (hidrofilik kafa) Br⁻ 'den oluşmaktadır. SDS ve SDDS sırasıyla 10 ve 12 alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip anyonik amfifil malzemelerdir ve polar başı (hidrofilik kafa) Na⁺ 'dan oluşmaktadır.



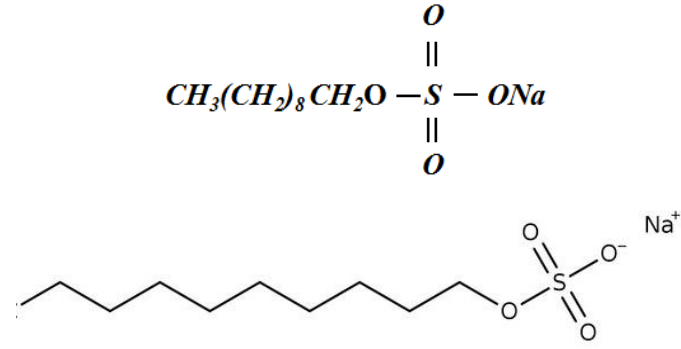
Şekil 3.1. DDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü



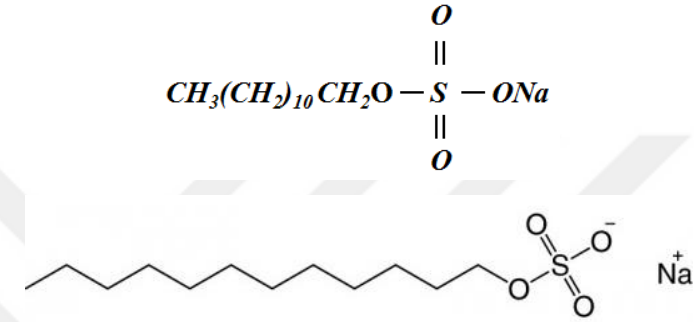
Şekil 3.2. TDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü



Şekil 3.3. HDTMABr molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü

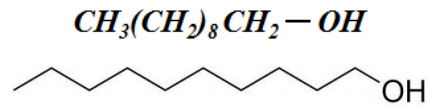


Şekil 3.4. SDS molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü



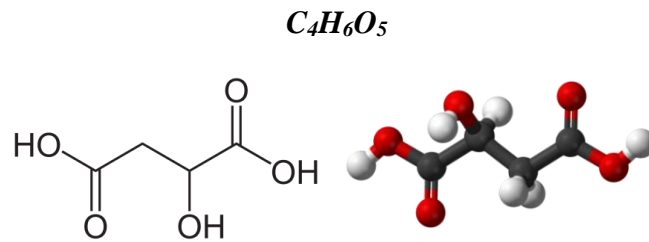
Şekil 3.5. SDDS molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü

Alifatik alkol olarak kullanılan DeOH molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü Şekil 3.6.'da gösterilmektedir. Şekil 3.6.'da görüldüğü üzere, DeOH on karbon atomlu aromatik zincir uzunluğuna sahip yağlı bir alkoldür.



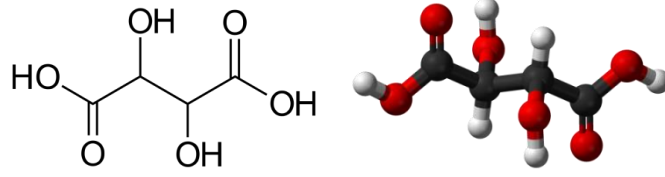
Şekil 3.6. DeOH molekülünün kimyasal formülü ve molekül yapısının şematik görünümü

Optiksel etkin malzeme olarak kullanılan WA ve TA bileşiğinin kimyasal formülü ve yapısının iki ve üç boyutlu görüntüsü sırasıyla Şekil 3.7. ve Şekil 3.8.'de verilmektedir.



Şekil 3.7. WA bileşiğinin kimyasal formülü ve yapısının iki ve üç boyutlu görünümü





Şekil 3.8. TA bileşiğinin kimyasal formülü ve yapısının iki ve üç boyutlu görünümü

WA, bir tür meyve asidi olup tek asimetric karbon merkezine sahip bir bileşik iken, TA ise iki farklı asimetric karbon merkezine sahip bileşiktir.

Üç ve dört bileşenli karmaşık liyotropik sıvı kristal örnekler, kütle-kütle toplamı %100 olacak şekilde çeşitli konsantrasyon oranlarında hazırlanmıştır. Konsantrasyon miktarı önemli olduğu için önceden belirlenmiş oranlarda amfifil, su, alifatik alkol, optiksel etkin malzeme Shimadzu AW220 marka hassas terazide tartılarak küçük cam şişeler içine konulmuştur. Şişelerin temizliği, üç aşamada hassas bir şekilde yapılmıştır. Önce aseton ve etil alkol kullanarak ve ardından Selecta Ultrasons marka ultrasonik banyoda deterjanla yıkandıktan sonra birçok kez distile edilmiş su ile durularak Selecta Termostat marka kurutma fırınında kurutulmuştur. Üç ve dört bileşenli sıvı kristal örneklerin hazırlanma şekli birbirinden farklı olduğu için sırasıyla ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır.

Temizlenmiş cam şişelerde belirli konsantrasyon oranlarında hazırlanan üç bileşenli amfifil1+amfifil2+su sıvı kristal örnekler, Velp Scientifica Vortex marka karıştırıcı ile periyodik olarak karıştırılmış ve bir hafta süre ile 313 K sıcaklığında kurutma fırınında tutularak homojenize edilmesi sağlanmıştır. Bir diğer üç bileşenli amfifil + alifatik alkol+su sıvı kristal örneklerin hazırlanması iki aşamada gerçekleşmiştir. Birinci aşamada önceden belirlenmiş oranlarda amfifil+su hassas terazide tartılarak karıştırıcı yardımıyla karıştırılmış ve ortalama bir hafta süre ile 313 K sıcaklığında kurutma fırınında tutulmuştur. İkinci aşamada bir hafta süre ile homojenize edilmiş amfifil+su karışımına yine önceden belirlenen miktarda DeOH eklenmiştir. Elde edilen amfifil+alifatik alkol+su sıvı kristal örnek bir hafta süre ile 313 K sıcaklığında kurutma fırınında tutulmuştur.

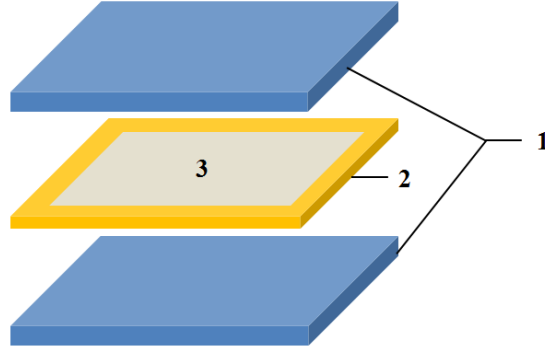
Dört bileşenli amfifil+alifatik alkol+optiksel etkin malzeme+su sıvı kristal örneklerin hazırlanması üç aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada belirlenen oranda optiksel etkin malzeme+su hassas terazide tartılarak karıştırıcı yardımıyla karıştırılmış ve

ortalama iki gün süre ile 313.0 K sıcaklığında kurutma fırınında tutulmuştur. İkinci aşamada ise optiksel etkin malzeme+su karışımına amfifil malzeme eklenerek ortalama beş gün süre ile 313.0 K sıcaklığında kurutma fırınında tutulmuştur. Son aşamada amfifil+optiksel etkin malzeme+su karışımına DeOH eklenerek elde edilen amfifil+alifatik alkol+optiksel etkin malzeme+su sıvı kristal örnek bir hafta süre ile 313.0 K sıcaklığında kurutma fırınında tutulmuştur. Elde edilen tüm sıvı kristal örneklerin homojenliği çapraz polarizörler ve polarize mikroskop kullanılarak kontrol edilmiştir.

3.2. Sandviç-Hücre Tipi Sıvı Kristal Örneklerin Hazırlanması

Liyotropik sıvı kristalik sistemler incelenirken konsantrasyonlarının sabit kalabilmesi çok önemli olmasından dolayı örnekler kapalı bir sistem içinde hazırlanmış ve incelenmiştir. Bu nedenle çalışmalarda kullanılan örnekler sandviç-hücre (sandwich-cell) yapısında hazırlanmıştır. Sandviç-hücrelerin referans yüzeyleri iki mikroskop lameli ve çift taraflı ara bant ile amaca uygun şekilde hazırlanmıştır (Şekil 3.9.). Mikroskop lamelleri kullanım öncesi aseton ve alkol ile temizlenmiş, ardından ultrasonik banyoda deterjanla yıkandıktan sonra üç kez distile ve deionize edilmiş su ile durularak kurutma fırınında kurutulmuştur.

Çift taraflı özel ince yapışkan bant slayt cam üzerine uygun olacak şekilde çerçeve şeklinde kesilmiştir. Alt referans cam yüzey üzerine çerçeve şeklinde kesilmiş bant yapıştırılmıştır. İncelenmek istenen örnek spatül yardımı ile çift taraflı bant sınırları içine taşmayacak şekilde yerleştirilmiş ve üst referans cam yüzey yapıştırıcı bandın üst yüzeyine bastırılarak sıkıştırılmış ve böylelikle sandviç-hücre tamamlanmıştır. Sandviç-hücre içerisindeki sıvı kristal malzemenin kalınlığı $120.0 \pm 1.0 \mu\text{m}$ olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın tamamında sabit kalınlıkta çift taraflı bant kullanılmıştır ve sandviç-hücre içindeki örneklerin kalınlıklarının sabit olması sağlanmıştır.



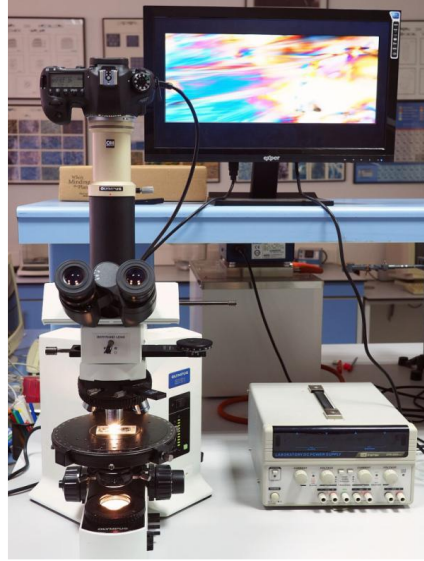
Şekil 3.9. Sandviç-hücrenin şematik görünümü 1) alt ve üst referans cam yüzeyler, 2) çift taraflı bant, 3) sıvı kristal örneğinin bulunduğu bölge

3.3. İnceleme Yöntemleri

3.3.1. Politermik Optiksel Mikroskop (POM) Yöntemi

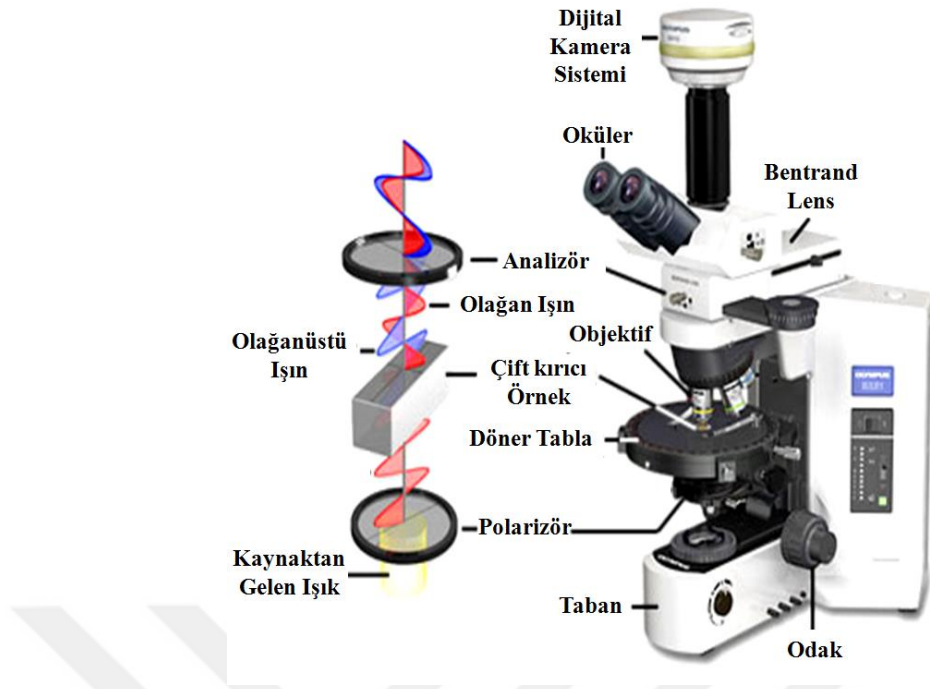
POM yöntemi, ışığın kutuplanmasından (polarizasyon) yararlanarak belirli konsantrasyon ve sıcaklık aralıklarında sıvı kristallerin fiziksel özelliklerini ortaya çıkarmak için gerekli bir yöntemdir (Nesrullazade vd., 2000). Buna göre liyotropik faz ve mezofazların tanımlanması, sınıflandırılması, mezofazların termo-morfolojik, magneto-morfolojik, termotropik özelliklerinin incelenmesi için POM yöntemi kullanılmaktadır. Ayrıca sıvı kristal mezofaza ait karakteristik özellik taşıyan tekstürlerin kristalografik, optiksel ve yönelimsel özellikleri bu yöntemle belirlenmektedir.

POM düzeneği ortoskopik/konoskopik "Olympus" BX-PS1 marka trinoküler polarize mikroskobu, "Olympus" marka sistem, "Olympus" marka Berek kompansatör ve iki farklı λ -düzleminden ($\lambda_1 = 0.137 \mu\text{m}$ ve $\lambda_2 = 0.530 \mu\text{m}$) oluşmaktadır. Sıcaklık bağımlı ölçümler için özel yapım ısıtıcı – termostat aygıtı, "Good Will GPS 3003" marka 36 V DC güç kaynağı, "Leybold" marka dijital sıcaklık kontrol ünitesi, "Keithley 2000 ve 2010" marka multimetreler ile Cu-Co diferansiyel termoçiftler kullanılmıştır. Olympus BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop ve görüntüleme sistemi Şekil 3.10' da gösterilmektedir.



Şekil 3.10. Olympus BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop ve görüntüleme sistemi

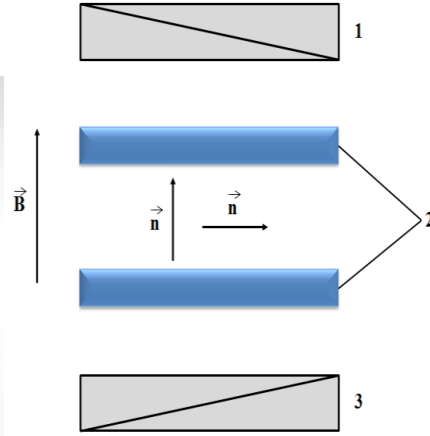
Şekil 3.11.'de "Olympus BX-PS1 polarize mikroskopun şematik gösterimi verilmektedir. Kaynaktan gelen ışık polarizörden geçerek optik eksene göre bir düzlem üzerinde ışığın kutuplanmasını sağlar. Çift kırılmaya sahip örneğe giren ışık burada kırılarak örnek eksenine paralel ve dik olarak titreşen iki bileşene ayrılır (olağan ve olağanüstü ışın). Kutuplanmış ışık dalgası sıvı kristal örnekten ve objektiften geçer. Daha sonra analizöre gelen ışık dalgası analizörün kutuplanma düzlemine paralel olan bileşenini geçirirken, dik olan bileşeni geçirmez. Analizörden çıkan ışınlar birbirlerine göre farklı hızlarda çıkarlar. Bunun nedeni çift kırıcı örnekten kırılan olağan ve olağanüstü ışınların hızlarının farklı olmasıdır. Dolayısıyla farklı hızlarla hareket eden ışınlar arasında bir faz farkı olur ve bunun sonucunda girişim meydana gelir. Elde edilen girişim desenleri sıvı kristal örneğin fiziksel özellikleri hakkında bilgi verir.



Şekil 3.11. Olympus BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop şematik gösterimi

Liyotropik sıvı kristalik mezofazların magneto-morfolojik özelliklerinin incelenmesi için sabit bir manyetik alan altında mıknatısın kullanıldığı magneto-optiksel düzenek (MOD) sistemi kullanılmıştır. MOD düzeneği "Olympus" BX-PS1 trinoküler polarize mikroskop, "Canon 6D" marka dijital kamera sistemi, "Pasco" marka mıknatıstan oluşmaktadır. "Pasco" marka mıknatısın uyguladığı manyetik alanın değeri 0-10 kG aralığında değiştirilebilmektedir ve manyetik alan sandviç-hücrelerin referans yüzeyine dik ve paralel yönlerde uygulanabilmektedir. Uygulanan manyetik alanın değeri "F.W. BELL 5180" marka Gaussmetre/Teslametre kullanılarak belirlenmiştir.

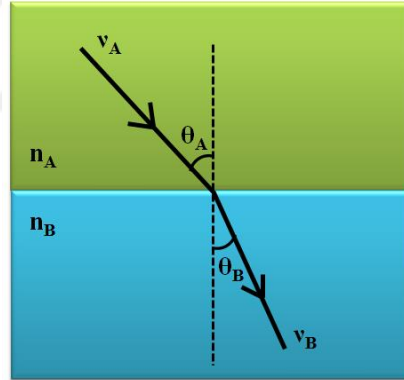
Şekil 3.12.'de "Pasco" marka mıknatısın fotoğrafı ve polarize optik mikroskop altındaki sandviç-hücrenin uygulanan manyetik alan \vec{B} ve yön vektörlerinin \vec{n} yönelimleri şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.12. "Pasco" marka mıknatıs ve manyetik alan \vec{B} ' nin ve yön vektörü \vec{n} ' nin yönelimleri
1) analizör, 2) sandviç-hücrenin referans yüzeyleri, 3) polarizör

3.3.2. Politermik Optiksel Refraktometri (POR) Yöntemi

Işık boşlukta aynı hızda ilerlemesine karşın maddesel bir ortama girdiğinde ortamın atomları ile etkileşime girer ve boşluktaki hızına oranla daha yavaş bir hızda hareket eder. Işığın boşluktaki hızının herhangi bir madde içindeki hızına oranı o maddenin kırılma indisi olarak (n) tanımlanır (Tenquist ve ark., 1970).



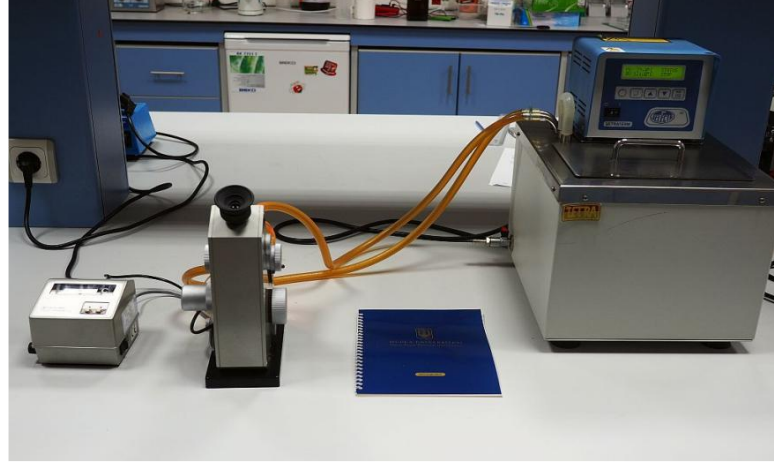
Şekil 3.13. Işığın bir ortamdan diğer bir ortama ilerlermesi

Işığın farklı bir ortamda hareketini tanımlayan Snell yasasına göre iki ortam arasındaki ışık hızları, kırılma indisleri ile ışığın geçtiği ve kırıldığı açılar arasındaki ilişki ile ifade edilir (Şekil 3.13.).

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\sin\theta_A}{\sin\theta_B} = \frac{n_B}{n_A} \quad (3.1)$$

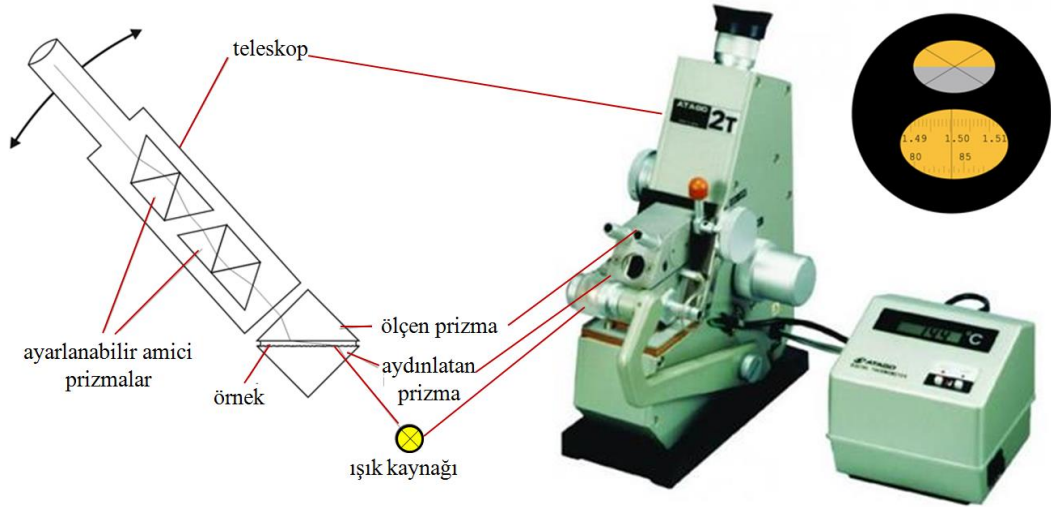
Liyotropik sıvı kristallerin izotropik faz ve anizotropik mezofazların kırılma indislerinin sıcaklığa ve konsantrasyona bağlı olarak incelenmesi için politermik optiksel refraktometri yöntemi kullanılmıştır. POR düzeneği "Atago" marka dijital

termometre, "Atago marka Abbe refraktometresi ve "Selectra Ultraterm 200" marka ısı dönüşümlü termostattan oluşmaktadır (Şekil 3.14.).



Şekil 3.14. Politermik Optiksel Refraktometri düzeneği

Abbe refraktometresi ilk 1900'lü yılların başında Ernst Abbe tarafından tasarlanan ve ticari olarak kullanılan refraktometre olmasına karşın günümüzde orijinal dizaynı değiştirilmeden hala kullanılmaktadır. Şekil 3.15.'de dijital yüksek sıcaklıklı Digital Abbe refraktometresi gösterilmektedir.



Şekil 3.15. Politermik Optiksel Refraktometri düzeneği ve şematik gösterimi

Abbe refraktometresinin çalışma prensibi toplam iç kırılmaya, bir başka deyişle kritik açıya dayanan klasik bir yöntemdir. Sıvı kristal örnek, ölçen ve aydınlatan prizma arasında ince bir katman (~ 0.1mm) halinde yerleştirilir. Ölçen ve aydınlatan prizma bir menteşe ile birbirine bağlanmıştır. Bu sayede sıvı kristal örneğin konulması ve prizmaların temizliği kolaylıkla sağlanmaktadır. Işık kaynağı pürüzlü olan aydınlatan prizmadan girer ve örnekten geçer. Örneğin ara yüzeyi ile ölçen prizmanın alt

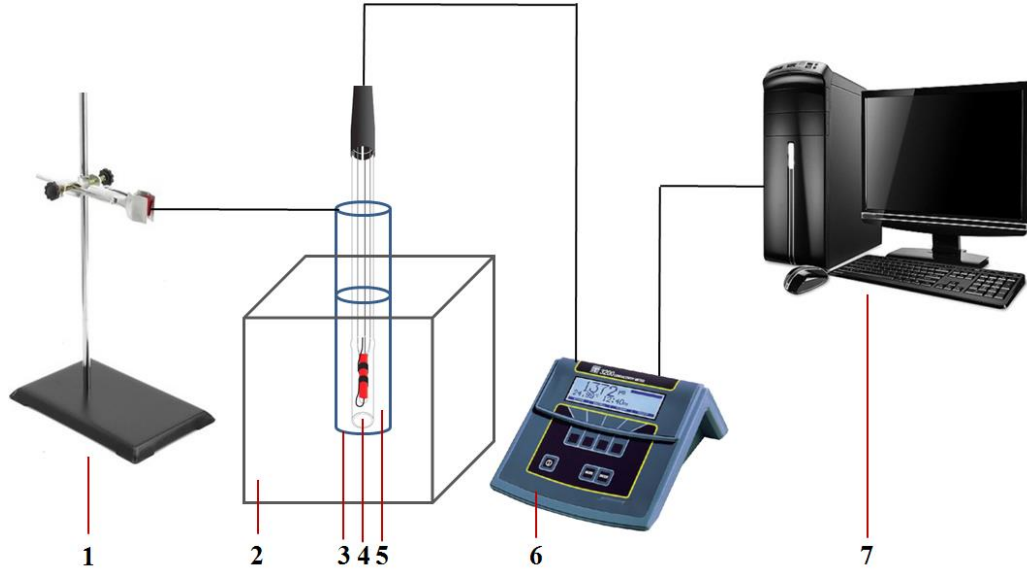
yüzeyinde kritik açıda kırılan ışın sabit bulunan teleskopa girer. Birbirlerine göre ters yönde dönen amici prizmalar karanlık ve açık alanlar arasında sınırın konumunu ölçmek için kullanılır. Okülerde görüntüyü ikiye bölen bir çizgi bulunur; aydınlık ve karanlık ara yüzeyi okülerdeki çizgi ile üst üste gelinceye kadar teleskoptaki gösterge düğmesi döndürülür. Ölçekten kırılma indisi değeri okunur. Bu yöntem ile 1.3-1.7 arasındaki kırılma indisi değerleri ± 0.0002 hassasiyetle belirlenebilmektedir. Ayrıca sabit sıcaklıkta çalışabilmesi için prizmaları saran kısımlardan su devri yapılır. Dolayısıyla geniş sıcaklık ve kırılma indisi aralığına sahip olması ve çok az örneğe ihtiyaç duyulması Abbe refraktometri düzeneğinin çok kullanılmasını sağlamaktadır.

3.3.3. Politermik Konduktivimetri (PK) Düzeneği

Liyotropik sıvı kristallerin faz ve mezofazların öz elektriksel iletkenliğinin sıcaklığa ve konsantrasyona bağlı olarak incelenmesi için politermik konduktivimetri yöntemi kullanılmıştır.



Şekil 3.16. Politermik Konduktivimetri düzeneği



Şekil 3.17. Politermik Konduktivimetri düzenine şematik gösterimi 1) örnek tutucu, 2) su ısıtıcı, 3) deney tüpü, 4) iletkenlik probu, 5) liyotropik sıvı kristalik örnek, 6) iletkenlik ölçüm cihazı, 7) bilgisayar sistemi

Politermik konduktivimetri (PK) düzenine "WiseCicu" marka su ısıtıcı, "YSI 3200" marka iletkenlik elektrodu, "YSI 3200" marka iletkenlik ölçüm cihazı ve bilgisayar sisteminden oluşmaktadır (Şekil 3.16.). Deney tüpü içerisinde bulunan incelenen sıvı kristal örneğe "YSI 3200" marka iletkenlik probu yerleştirilerek para film yardımıyla deney tüpünün ağzı hermetik olarak kapatılacak şekilde sarılır ve örnek tutucu ile sabitlenir. Örnek tutucu "WiseCircu" su ısıtıcısının içerisine sıvı kristal örnek ve iletkenlik probu girecek şekilde (aşağı veya yukarı yönde) ayarlanır. Dolayısıyla örneğin sıcaklığı, içinde bulunduğu su ısıtıcı ile değiştirilmekte ve içerisine yerleştirilen iletkenlik prob aracılığı ile iletkenlik değeri "YSI 3200" iletkenlik ölçüm cihazı ile ölçülmektedir. Ölçülen iletkenlik değeri, ölçüm sistemine uygun bilgisayar programı ile sıcaklığa bağlı olarak kaydedilmektedir. Şekil 3.17.'de politermik konduktivimetri ölçüm sisteminin şematik gösterimi verilmektedir.

3.3.4. Kapilyar Sıcaklık Kama (KSK) Yöntemi

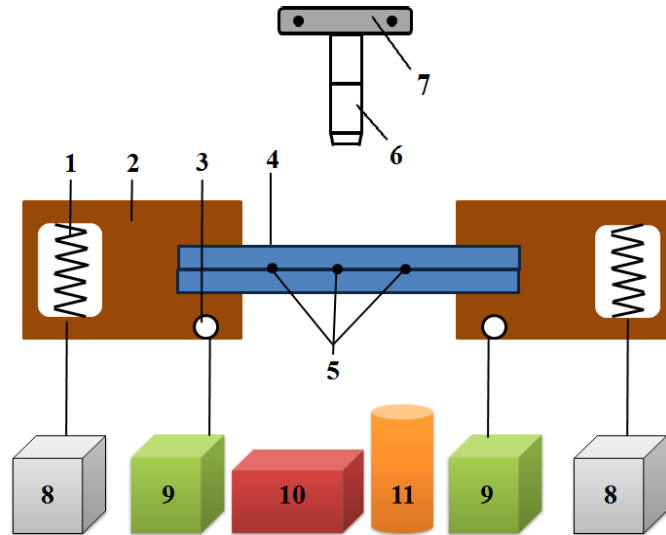
Liyotropik sıvı kristallerde bulunan *mezofaz-mezofaz* ve *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerinin morfolojik, termotropik ve termodinamik özelliklerinin incelenmesi, faz geçiş sıcaklıklarının ve heterofaz alanlarının sınırlarının yüksek hassasiyetle belirlenmesi amacıyla Kapilyar Sıcaklık Kama (KSK) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem, Nesrullajev (1985) ve Nesrullajev (1992) çalışmalarında tanıtılmıştır. Bu yöntemin temeli, uzamsı sandviç-hücre boyunca kararlı ve simetrik sıcaklık

gradyentinin oluşturulmasına ve incelenen sıvı kristal malzeme ile temasta bulunan ve sandviç-hücre içinde eşit mesafelerde yerleştirilmiş olan üç adet Cu-Co termociftlerle sıcaklığın belirlenmesine dayanmaktadır. Kullandığımız KSK düzeneği 20x35 mm² alanlı 120 µm kalınlıkta sıvı kristal sandviç-hücre yapıda uzun düzlem kapilyara, ısıtma sistemine, sıcaklık kontrol sistemine ve kayıt sistemine sahiptir (Şekil 3.18.). Sandviç-hücre uzun kapilyar düzlem içerisine konur ve DC güç kaynağı (0-30V) uygulanarak kapilyar sistemin bir tarafı ısıtılır. Sandviç-hücrenin uzun eksenı boyunca bir sıcaklık gradyenti oluşur. Sandviç-hücre içindeki sıvı kristal örneğın sıcaklık değeri hassas ölçmek için birbirlerine eşit mesafelerde bulunan üç diferansiyel Cu-Co termocift kullanılmıştır.

Heterofaz alanın genişliği ısı olarak kararlı yapıda ise aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenir (Nesrullajev; 1992);

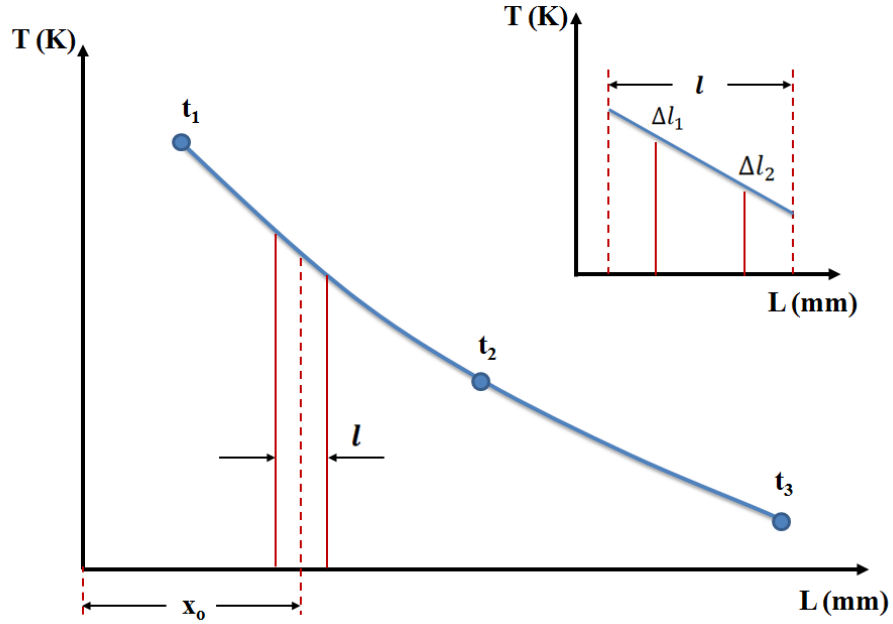
$$\Delta t = \frac{\partial t(L)}{\partial x} |x_0 (\Delta l_1 - \Delta l_2) \quad (3.2)$$

Denklem 3.1'de $t(L)$ sandviç-hücre boyunca sıcaklık dağılımı; t_1, t_2, t_3 üç farklı noktadan termociftlerle kaydedilen sıcaklıklardır, Δl_1 ve Δl_2 heterofaz alanının başlangıç ve bitiş koordinatları, x_0 gözlem merkezidir. KSK yöntemi ile faz geçiş sıcaklıkları ve heterofaz alanlarının genişliği $\pm 10^{-3}$ °C hassasiyetle belirlenir.



Şekil 3.18. Kapilyar sıcaklık kama düzeneğinin şematik gösterimi 1) ısıtıcılar; 2) ısıtıcıların çerçeveleri; 3) Pt rezistans termometreler; 4) sandviç-hücre; 5) Cu-Co termociftler; 6)

mikroskop objektifi; 7) dijital foto kamera; 8) güç kaynağı; 9) sıcaklık kontrol sistemi; 10) termociftler için multimetre; 11) termociftler için termostat

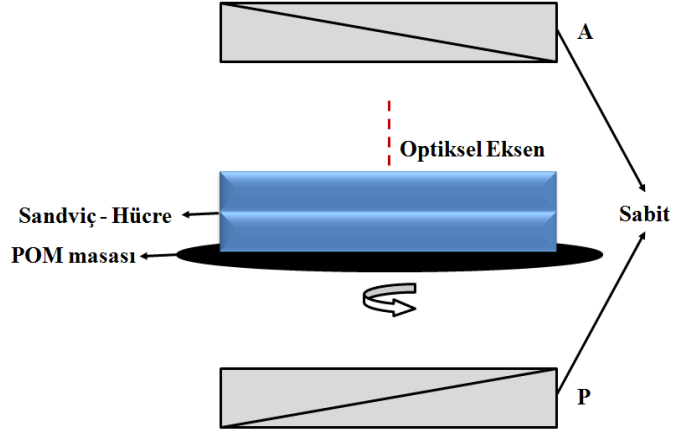


Şekil 3.19. Sandviç-hücre boyunca genel sıcaklık dağılımı (Nesrullajev, 1992)

3.3.5. Optiksel Harita (OH) Yöntemi

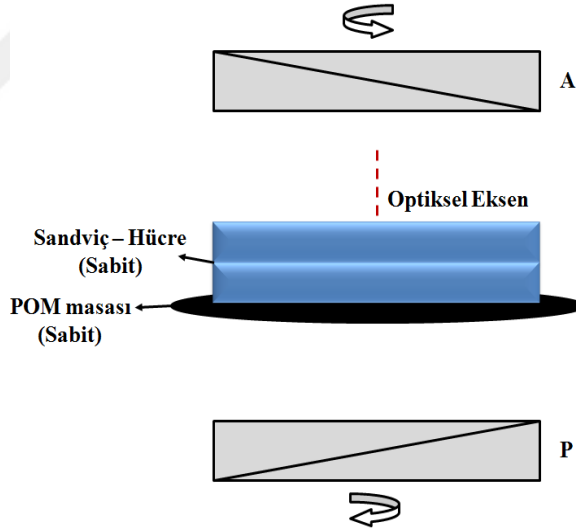
Liyotropik sıvı kristalik mezofazların morfolojik özelliklerinin incelenmesi, disklinasyon ve tekil noktaların optiksel özelliklerin ve optiksel işaretin belirlenmesi (pozitif veya negatif) için Optiksel Harita yöntemi kullanılmıştır. OH yöntemi Nehring ve Saupe, 1972 ve Zimmer, Dissertation 1978 tarafından geliştirilmiştir ve birçok araştırmacılar tarafından sıvı kristal tekstürlerin optiksel, yapısal ve morfolojik özelliklerinin incelenmesinde kullanılmıştır (Nehring ve Saupe, 1972: Zimmer, 1978; White ve Zimmer, 1978; Zimmer ve White, 1982; Lydon, 1998; Nesrullajev, vd., 2000). OH yönteminde birçok uygulama yolu izlenebilir. Bu yollardan birkaçı aşağıda sıralanmıştır.

1. Çapraz polarizör ve analizör sabit konumda, sandviç-hücre konoskopik/ortoskopik polarize mikroskop masası üzerinde mikroskobun optiksel eksen etrafında belirli açı altında döndürülerek tekstür mikrofotografaları çekilir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Çapraz polarizör (P) ve analizör (A) sabit, sandviç -hücre mikroskop masası üzerinde döndürülüyor. Durumun şematik görünümü.

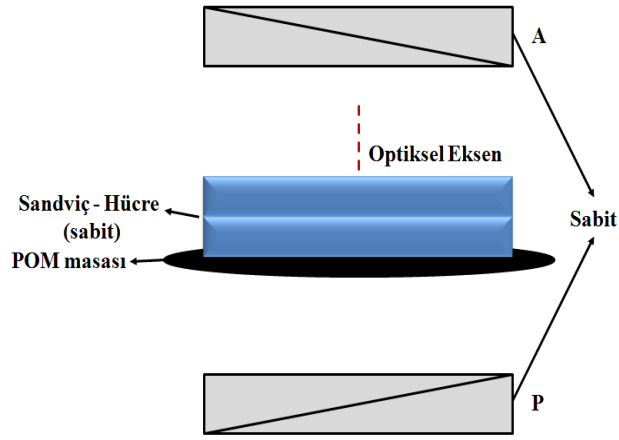
2. Sandviç-hücre konoskopik/ortoskopik polarize mikroskop masası üzerinde sabit konumda, polarizör ve analizör çapraz olarak tutulur ve çapraz halde konoskopik/ortoskopik polarize mikroskopun optiksel eksen etrafında birlikte belirli açı altında döndürülerek (örneğin, 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75°) tekstür mikrofotografaları çekilir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Sandviç-hücre sabit, çapraz polarizör (P) ve analizör (A) birlikte çapraz konumda döndürülüyor. Durumun şematik görünümü.

3. Sandviç-hücre polarize mikroskop masası üzerinde ve çapraz konumda bulunan polarizör (P) ve analizör (A) sabit konumda iken, belirli zaman

aralığı ile incelenen sıvı kristalin tekstüründe değişim dinamiğinin mikrofotografı çekilir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Sandviç-hücre sabit, çapraz polarizör (P) ve analizör (A) sabit. Durumun şematik görünümü.

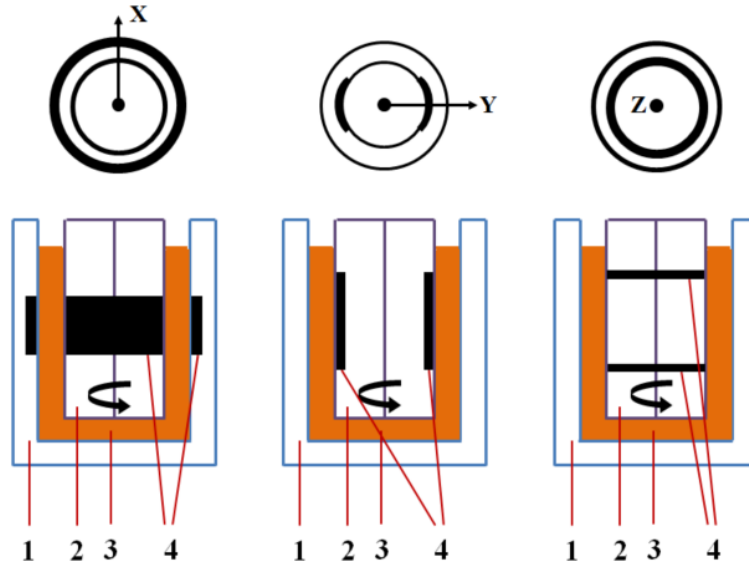
3.3.6. Kayma Akışında Elektriksel İletkenlik Anizotropisi Yöntemi

Liyotropik sıvı kristalik mezofazların türlerinin belirlenmesi için kayma akışında elektriksel iletkenlik anizotropi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem Götz (1958) ve K.Heckmann ve arkadaşlarının yapmış olduğu (1958) çalışmalarda tanıtılmıştır ve Nesrullajev (1989), Nesrullajev (1992) ve Nesrullajev (1992)' in yapmış olduğu çalışmalarda modifiye edilmiştir.

Sıvı kristalik mezofazların türlerinin belirlenmesinde misellerin biçimleri, boyutları ve farklı etkiler altındaki değişimlerinin bilinmesi gerekir. Bu nedenle liyotropik sistemlerin optiksel özelliklerinin belirlenmesinde misellerin biçimleri ve boyutlarını belirlemek çok önemlidir. Sanki sonsuz uzunluğa sahip çubuksu ve plakalı misellerin boyutlarının belirlenmesi çok zordur. Söz konusu yöntem sayesinde misellerin biçimleri ve boyutları belirlenmektedir (Nesrullazade, 2007).

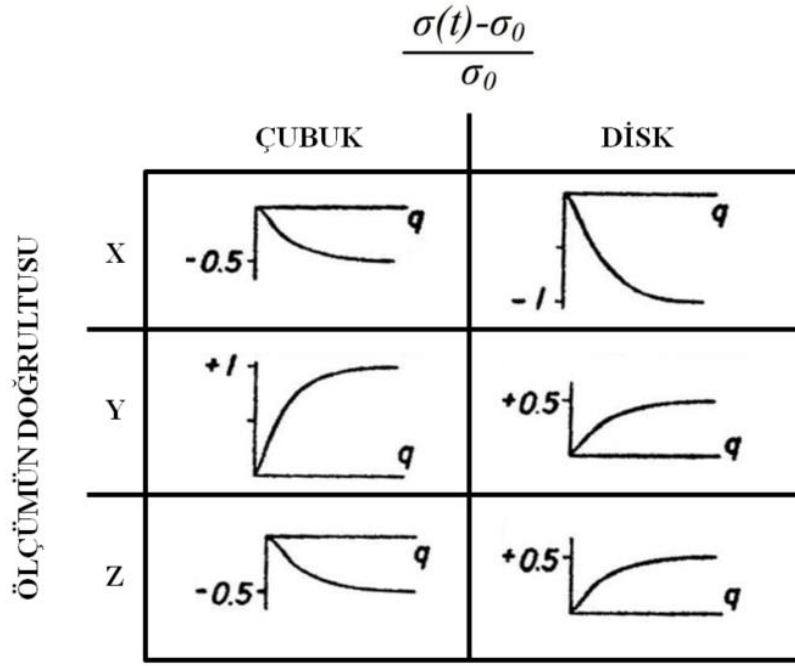
Miseller elektriksel yüke sahip oldukları için öteleme mobiliteleri sayesinde elektriksel iletkenlik anizotropisi meydana getirirler. Misellerin öteleme mobiliteleri misellere etki eden kuvvetin yönüne bağlı olarak değişmektedir. Kayma akışında misellerin dönme momentleri, misellerin akış yönünde ve birbirlerine paralel olarak yönelmeye zorlar. Dolayısıyla kayma akışında elektriksel iletkenlik anizotropisiyle birbirine dik üç yönde elektriksel iletkenliğin büyüklükleri bulunarak misellerin

biçimleri belirlenebilir (Charvolin, 1984; Kato vd., 1989; Hoffman vd., 1992; Özden, 2017).



Şekil 3.23. Koaksiyal küvette X, Y ve Z yönlerinde elektrotların şeması 1 - sabit parça, 2 - dönen kısım, 3 - liyotropik sistem, 4 - elektrotlar (Özden, 2017)

Elektriksel iletkenliğin anizotropisinin toplamı, birbirine dik üç yönde sıfır olduğundan dolayı elektriksel iletkenliği sadece iki yönde veya kayma akışına dik iki yönde belirlemek yeterlidir (Şekil 3.23.). Elektriksel iletkenlik akış yönünde (Y-ekseni yönünde) artar, akışa dik yönde (Z-ekseni yönünde) azalırsa çubuksu misellerin varlığından söz edilir. Elektriksel iletkenlik akışa dik yönde (X-ekseni yönünde) azalır, akış yönünde (Y-ekseni yönünde) artarsa plakalı misellerin varlığından söz edilir (Şekil 3.24.).



Şekil 3.24. Çubuksu ve plakalı misellere sahip liyotropik sıvı kristalik sistemlerde öz elektriksel iletkenlik anizotropisinin X, Y ve Z doğrultularındaki değişimlerin şematik diyagramı (Heckmann ve Götze, 1958)

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

4.1. İKİ VE ÜÇ BİLEŞENLİ LİYOTROPİK SİSTEMLER

İki ve üç bileşenli liyotropik sistemler, iki bileşenli DDTMABr+H₂O, HDTMABr+H₂O karışım ve üç bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O karışım olacak şekilde üç farklı örnek grupları olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan örnek grupları ağırlıkça konsantrasyonları %100 olacak şekilde Çizelge 4.1.'de verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

Çizelge 4.1. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

Örnek No	(50wt% DDTMABr+ 50wt% HDTMABr), wt%	DDTMABr, wt%	HDTMABr, wt%	H ₂ O, wt%
S1	30.00	-	-	70.00
S2	32.50	-	-	67.50
S3	35.00	-	-	65.00
S4	37.50	-	-	62.50
S5	40.00	-	-	60.00
S6	-	30.00	-	70.00
S7	-	32.50	-	67.50
S8	-	35.00	-	65.00
S9	-	37.50	-	62.50
S10	-	40.00	-	60.00
S11	-	-	30.00	70.00
S12	-	-	32.50	67.50
S13	-	-	35.00	65.00
S14	-	-	37.50	62.50
S15	-	-	40.00	60.00

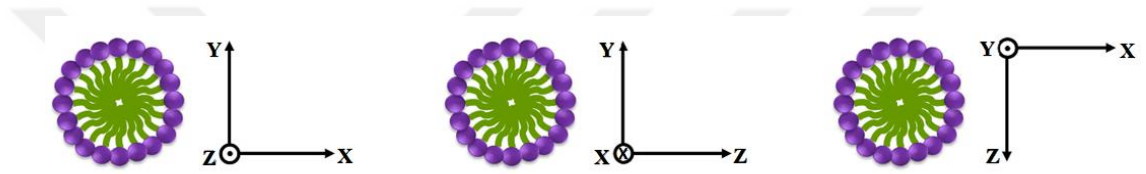
4.1.1. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O Liyotropik Sistemin Faz Halleri

S1-S15 örnek gruplarına sahip ikili ve üçlü liyotropik sistemlerin morfolojik ve mezomorfik özelliklerinin incelemelerinde, S1-S5 örnek grubunda izotropik misel L₁ fazı, S6-S10 örnek grubunda izotropik misel L₁ fazı, S11-S15 örnek grubunda ise anizotropik tekstür oluşumu gözlenmiştir ve bu tekstür hegzagonal E mezofazına özgüdür (Çizelge 4.2.). Buna göre (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O üçlü liyotropik sistemin faz halleri, S1-S10 örneklerinde optiksel olarak izotropik tekstür davranışından S11-S15 örneklerinde optiksel olarak anizotropik tekstür davranışına geçişi gözlenmiştir.

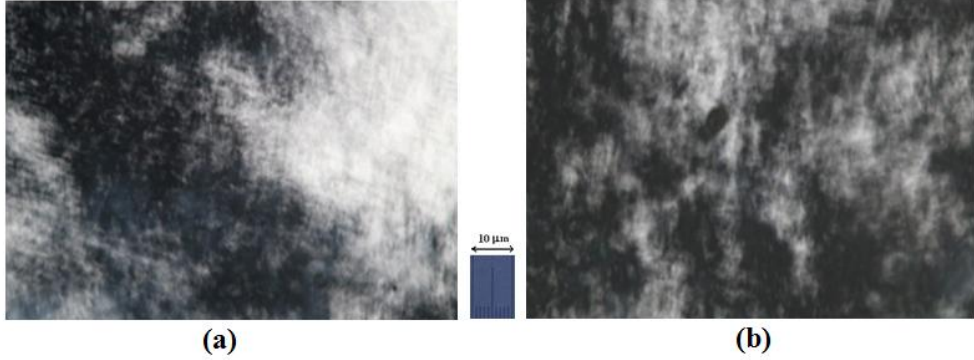
Çizelge 4.2. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin faz halleri

Örnek Sembolleri	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15
Fazlar	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	E	E	E	E	E

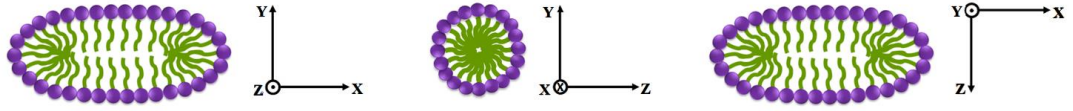
S1-S10 örneklerinde gözlenen izotropik küresel misel L₁ fazı, optiksel olarak kararlı izotropik tekstür karakteri sergilemektedir. İzotropik misel L₁ fazı, su çözeltisinde izometrik küresel misellerden oluşmaktadır ve bu misellerin çapı yaklaşık olarak miselleri oluşturan amfifil moleküllerin uzunluğunun iki katına eşittir (Ekwall, 1975; Lingmann ve Wennerström, 1980; Burducea, 2004; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005; Nesrullajev, 2007). İzotropik misel L₁ fazının üç boyutta şematik görünümü Şekil 4.1.'de verilmektedir.



Şekil 4.1. İzotropik misel L₁ fazının üç boyutta şematik görünümü



Şekil 4.2. S11-S15 örneklerinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K. S11-S15 örneklerinde gözlenen anizotropik sıvı kristal tekstürler uzun filament tür oluşumlar ve planar ve eğik yönelmiş bölgelerden oluşmaktadır. Bu tekstür hekzagonal E mezofazına özgüdür ve düşük çift kırılmaya sahiptir (Şekil 4.2.). Söz konusu tekstürler farklı araştırmacılar tarafından çeşitli liyotropik sistemlerinde gözlenmektedir (Ekwall, 1975; Hyde, 2001; Özden vd., 2010). Hekzagonal E mezofazının yapı birimleri sanki sonsuz uzunluklu çubuksu misellerin hekzagonal bir kafes oluşturduğu üç boyutlu düzenlemeye sahiptir (Ekwall, 1975; Laughlin, 1996; Nesrullajev vd., 2003; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005).



Şekil 4.3. Hekzagonal E mezofazının üç boyutta şematik görünümü

Hekzagonal E mezofazının üç boyutta şematik görünümü Şekil 4.3.'de verilmektedir. Hekzagonal E mezofazın çubuksu misellerin uzunlukları 2000-4000 Å büyüklüğünde ve kesit alanlarının çapı ise yaklaşık olarak amfifil moleküllerin uzunluğunun iki katına eşittir (Ekwall, 1975; Petrov vd., 1999; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005).

DDTMABr+H₂O ikili liyotropik sistemine ait S6-S10 örneklerinde optiksel izotropik tekstür ve izotropik misel L₁ fazı gözlenirken, HDTMABr+H₂O ikili liyotropik sistemine ait S11-S15 örneklerinde optiksel anizotropik tekstür ve hekzagonal E mezofazı gözlenmektedir (Çizelge 4.1.). DDTMABr ve HDTMABr sırasıyla 12 ve 16 alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip katyonik amfifil malzemelerdir ve hidrofilik başları Br⁻ 'den oluşmaktadır. Amfifil moleküllerindeki alkali zincir uzunluğunun farklı olması hidrofilik derecesinde farklılığa yol açar. Ayrıca DDTMABr amfifil molekülün CMC değerinin $1.0 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ yüksek ve HDTMABr amfifil molekülün CMC değerinin $0.90 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ düşük olması alkali zincir uzunluğunun farklı olmasına sebep olmaktadır. Bu farklılık HDTMABr amfifil molekülü için izotropik misel L₁ fazından-hekzagonal E mezofazına kaymasına ve liyotropik sıvı kristal mezofazın ortaya çıkmasına yol açmaktadır.

(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O üçlü liyotropik sistemine ait S1-S5 örneklerinde ise optiksel olarak izotropik tekstür ve izotropik misel L₁ fazı gözlenmektedir (Çizelge 4.1.). (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O üçlü liyotropik sistemi, düşük ve yüksek hidrofilik derecesine sahip amfifil moleküllerin bir karışımı olmasına rağmen daha yüksek hidrofilik derecesine sahip amfifil molekülü karışımda daha etkin olmuştur. Bu nedenle farklı hidrofilik derecesine sahip iki amfifil+H₂O karışımında daha yüksek hidrofilik derecesine sahip amfifil malzeme çok daha etkin olmaktadır.

DDTMABr+H₂O, HDTMABr+H₂O ve (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O karışımına sahip liyotropik sistemlerin izotropik misel L₁ fazı için yüksek konsantrasyon sınırları Çizelge 4.3.'de verilmektedir.

Çizelge 4.3. İkili ve üçlü liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

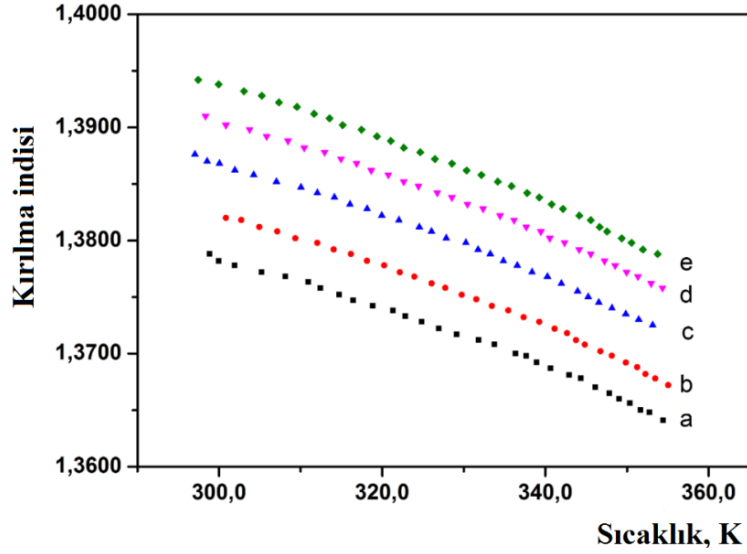
Liyotropik Sistem	L ₁ fazı için yüksek konsantrasyon sınırları	
	Amfifil, wt%	H ₂ O, wt%
(50wt% DDTMABr + 50wt% HDTMABr) + H ₂ O	47.50	52.50
DDTMABr + H ₂ O	49.79	50.21
HDTMABr + H ₂ O	21.18	78.82

Çizelge 4.3.'de görüldüğü üzere L₁ fazının yüksek konsantrasyon sınırları için amfifil/H₂O konsantrasyon oranları arasındaki ilişki $c_{HDTMABr} < c_{DDTMABr+HDTMABr} < c_{DDTMABr}$ 'dir. Bu durum, aynı hidrofilik başa ve farklı hidrofobik zincir uzunluğuna sahip amfifil karışımları ile elde edilen liyotropik sistemlerin morfolojik ve mezomorfik özelliklerinin belirlenmesine olanak sağlamaktadır.

4.1.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

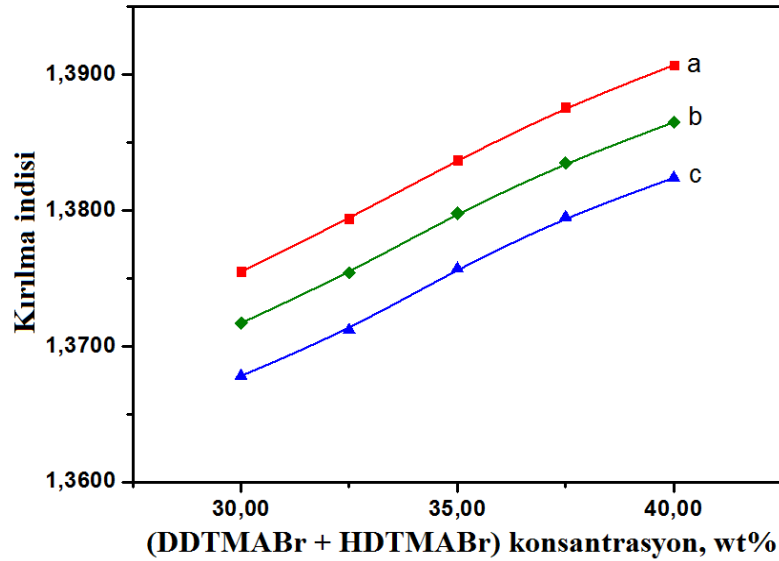
Liyotropik sıvı kristalik sistemlerde fiziksel olarak izotropik faz ve anizotropik mezofazların optiksel özelliklerinin belirlenmesinde kırılma indisi önemli bir parametredir. Bu parametre ortamın optiksel yoğunluğunu ve kırıcılık özelliklerini belirler ve liyotropik sıvı kristalik sistemleri oluşturan bileşenlerin sayısına, türlerine, sıcaklığına, konsantrasyonuna vb. etkilere bağlı olarak değişkenlik gösterir. Öyle ki birçok kaynaklarda kırılma indisi davranışının belirlenmesinin liyotropik sıvı kristalik sistemlerin incelenmesinde ve uygulamalarında önemli olduğu belirtilmiştir (Mitra vd., 1991; Pan vd., 2004; Nesrullajev, 2010; Kumar, 2014). Bu yüzden bu çalışmada DDTMABr+H₂O, HDTMABr+H₂O ve (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemin sıcaklığa ve konsantrasyona bağlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.4.'de (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı ($n = n(T)$) değişimi verilmiştir.



Şekil 4.4. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S1 örnek; b- S2 örnek; c- S3 örnek; d- S4 örnek; e- S5 örnek

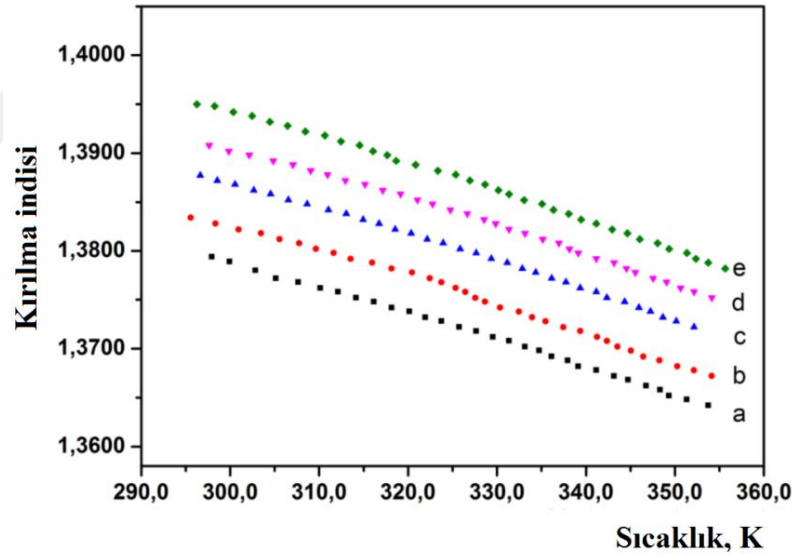
Şekil 4.4.'de görüldüğü üzere S1-S5 örnekleri için artan sıcaklıkla kırılma indisi değerinde monoton bir azalma gözlenmektedir. S1-S5 örnekleri için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı ($n = n(T)$) davranışı $y = 1.3944 - 2.66 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile karakterize edilebilir. Ayrıca (DDTMABr+HDTMABr)/H₂O konsantrasyon oranının artması ile bu örneklerin optiksel kırıcılık özelliklerinde artış olduğu belirlenmiştir. Böylece (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyonun değiştirilmesi ile sistemin optiksel kırıcılık özellikleri ayarlanabilmektedir.



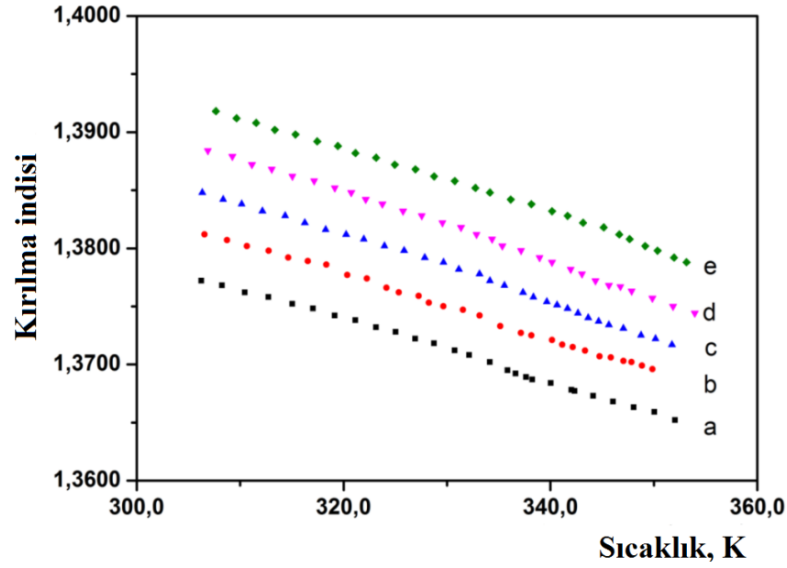
Şekil 4.5. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313,0 K; b- 328,0 K; c- 343,0 K

Şekil 4.5.'de üç farklı sıcaklık için S1-S5 örneklerinin kırılma indisinin (DDTMABr+HDTMABr)/H₂O konsantrasyon oranına bağlılığı ($n = n(c)$) verilmektedir. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde $n = n(T)$ ve $n = n(c)$ eğrilerinin monoton doğrusal lineer bir davranış sergilemeleri, bu sistemin optiksel kırıcılık özelliklerinin kararlı olduğunu göstermektedir.

DDTMABr+H₂O (S6-S10 örnekleri) liyotropik sistemi ve HDTMABr+H₂O (S11-S15) liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı ($n = n(T)$) değişimi sırasıyla Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.'de verilmiştir. Her iki şekilde de görüldüğü gibi bu liyotropik sistemler, (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde olduğu gibi artan sıcaklıkla kırılma indisi değerinde monoton lineer bir azalma gözlenmektedir. S6-S10 örnekleri için $n = n(T)$ davranışı $y = 1.3947 - 2.80 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile S11-S15 örnekleri için $n = n(T)$ davranışı $y = 1.3949 - 2.93 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile karakterize edilebilir.

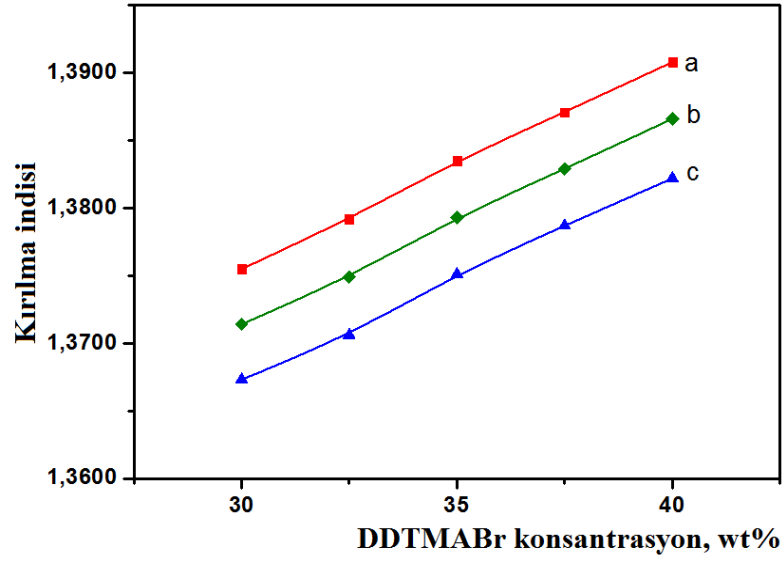


Şekil 4.6. DDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S6 örnek; b- S7 örnek; c- S8 örnek; d- S9 örnek; e- S10 örnek.

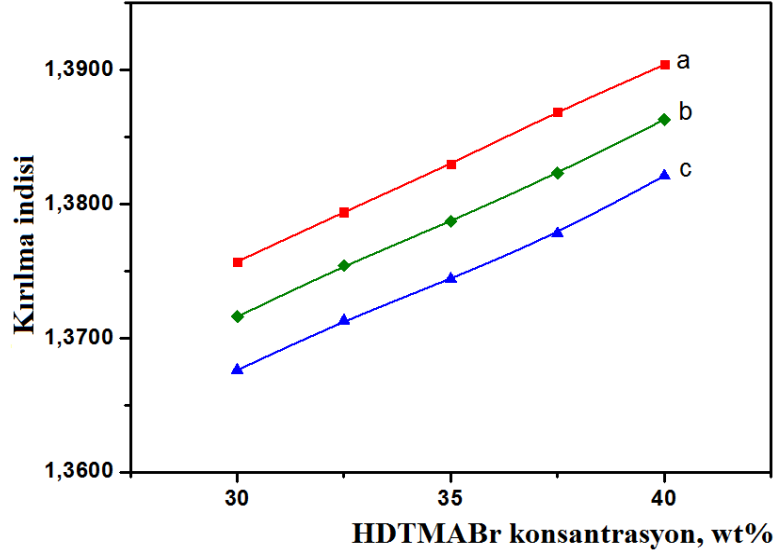


Şekil 4.7. HDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. a- S11 örnek; b- S12 örnek; c- S13 örnek; d- S14 örnek; e- S15 örnek.

(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde $n = n(T)$ davranışına benzer şekilde DDTMABr+H₂O ve HDTMABr+H₂O liyotropik sistemlerinde sıcaklığa bağlı kırıcılık özellikleri aynı davranış sergilemektedir. Araştırmalar sonucunda Şekil 4.4., Şekil 4.6. ve Şekil 4.7.'de kırılma indisleri arasındaki ilişki $n_{HDTMABr} < n_{DDTMABr+HDTMABr} < n_{DDTMABr}$ şeklindedir. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için $\delta n = 0.0153$, DDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için $\delta n = 0.0167$ ve HDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için $\delta n = 0.0130$ 'dur. Bu sonuçlar farklı hidrofobik zincir uzunluğuna sahip amfifil karışımları kullanarak liyotropik sistemde δn kırılma indisi değişim aralığını kontrol etmenin mümkün olduğunu göstermiştir. Ayrıca hidrofobik zincir uzunluğu kısa olan amfifilik malzemenin (DDTMABr) optiksel kırıcılık özelliklerine çok daha etkin olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.8. DDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.



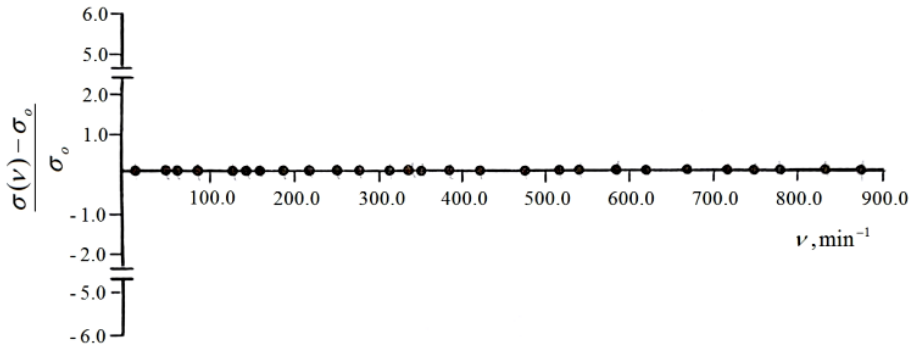
Şekil 4.9. HDTMABr+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.

DDTMABr+H₂O (S6-S10 örnekleri) liyotropik sistemi ve HDTMABr+H₂O (S11-S15) liyotropik sistemi için kırılma indisinin konsantrasyona bağlı ($n = n(c)$) değişimi sırasıyla Şekil 4.8. ve Şekil 4.9.'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü üzere amfifil+H₂O liyotropik sisteminde amfifil konsantrasyonun artması ile kırılma indisinde artış olduğu belirlenmiştir. Bu davranış (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminin kırılma indisine karşı konsantrasyon eğrisine benzerdir (Şekil 4.5.). Bilindiği üzere, liyotropik faz ve mezofazları belirlemede amfifil konsantrasyonun artması liyotropik sistemde misellerin sayısının artmasına neden

olmaktadır (Ekwall, 1975; Lignmann ve Wennerström, 1980; Perez-Rodriguez vd., 1998; Puvvada ve Blackshtein, 1992). Misellerin sayısının artması liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunu ve dolayısıyla optiksel kırıcılık özelliklerini arttırmaktadır. Bu yüzden, farklı hidrofobik zincir uzunluğuna sahip amfifil ve amfifil karışımlardaki konsantrasyon oranının değişimi, liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunu ve kırıcılık özelliklerini düzenlemek için olanak sağlamaktadır.

4.1.3. Elektriksel İletkenlik Anizotropi Özellikleri

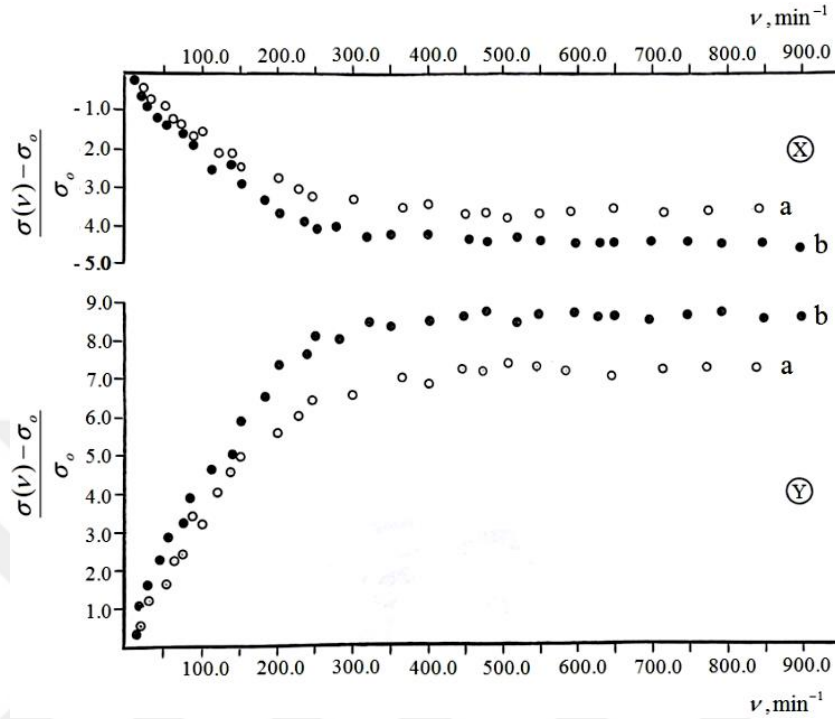
Liyotropik sıvı kristalik mezofazların türlerinin belirlenmesi için kayma akışında elektriksel iletkenlik anizotropi yöntemi kullanılmaktadır. Bu nedenle S1-S10 örneklerinin izotropik küresel misel L_1 fazı ve S11-S15 örneklerinin ise hegzagonal E mezofazı sergilediklerini doğrulamak ve kontrol etmek için kayma akışında öz elektriksel iletkenlik anizotropi yöntemi kullanılmıştır. S1-S10 örnekleri için izotropik misel L_1 fazının X ve Y yönünde dönme frekansına karşı elektriksel iletkenlik anizotropisini etkilemediği görülmektedir. Şekil 4.10.'da izotropik misel L_1 fazı için elektriksel iletkenlik anizotropisinin X ve Y yönündeki dönme frekansına bağlı değişimi verilmektedir. Elektriksel iletkenlik anizotropisinin dönme frekansına bağlı bu değişimi, liyotropik sistemlerde küresel misellerin davranışına karşılık gelmektedir (Götz ve Heckmann, 1958; Heckmann ve Götz, 1958; Schwarz, 1956; Tsvetkov, 1986; Nesrullajev, 2010).



Şekil 4.10. İzotropik misel L_1 fazının (S1-S10 örnekleri için) elektriksel iletkenlik anizotropisinin X- ve Y-yönündeki dönme frekansına bağlı değişimi

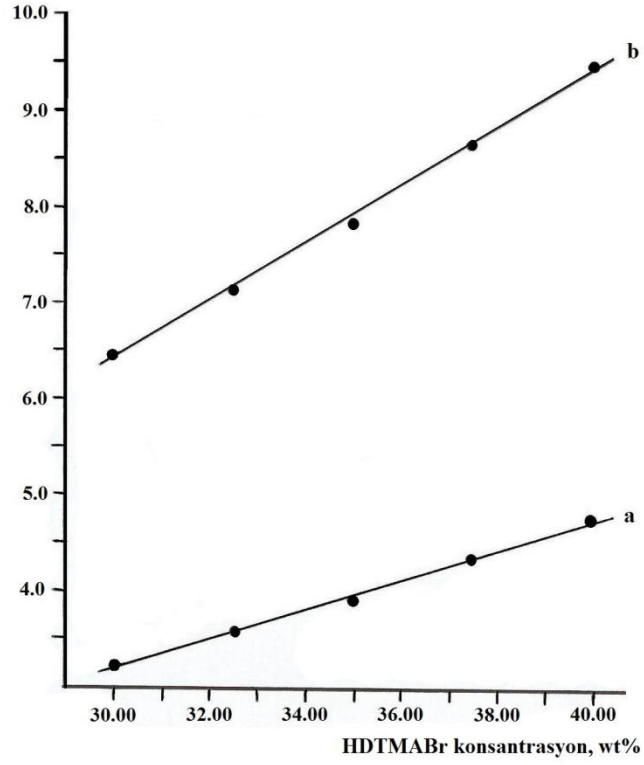
S11-S15 örnekleri için elektriksel iletkenlik anizotropisinin dönme frekansına bağlı değişimine bakıldığında X yönünde negatif ve Y yönünde pozitif yönde elektriksel iletkenlik değerleri değişmektedir. Şekil 4.11.' de S12 ve S14 örnekleri için elektriksel iletkenlik anizotropisinin dönme frekansına bağlı değişimi verilmektedir.

Buna göre elektriksel iletkenlik anizotropisindeki bu davranış, liyotropik sistemlerde çubuksu misellerde gözlenmektedir (Götz ve Heckmann, 1958; Heckmann ve Götz, 1958; Schwarz, 1956; Tsvetkov, 1986; Nesrullajev, 2010).



Şekil 4.11. Hekzagonal E mezofazının elektriksel iletkenlik anizotropisinin X- ve Y-yönündeki dönme frekansına bağlı değişimi a) S12 örnek ve b) S14 örnek

S11-S15 örneklerinde X- ve Y-yönünde dönme frekansı için elektriksel iletkenlik anizotropisinin maksimum değerlerinin HDTMABr amfifil konsantrasyon oranları ile ilişkisine bakıldığında, HDTMABr amfifil konsantrasyon oranı arttıkça elektriksel iletkenlik artmaktadır (Şekil 4.12.). HDTMABr amfifil konsantrasyon oranının artması ile liyotropik sıvı kristal sistemin hacminde misellerin artmasına bağlı olarak artmaktadır ve miseller ve karşı iyonlar arasındaki etkileşimin değişmesine neden olmaktadır (Sonin, 1987; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005; Nesrullajev, 2013).



Şekil 4.12. S11-S15 örnekleri için HDTMABr amfilil konsantrasyona bağlı $\left| \left[\frac{\sigma(v) - \sigma_0}{\sigma_0} \right]_{max} \right|$ eğrisi.
a-X yönünde, b-Y yönünde

Liyotropik sıvı kristalik sistemde HDTMABr amfilil konsantrasyonun artması ile miselleri meydana getiren amfilil moleküllerin hidrofilik başlarının ve hidrofobik kuyrukların düzen parametresinde artış gözlenmektedir. Bu etki elektriksel iletkenlik değerinde değişikliğe ve hatta liyotropik mezofazlarda elektriksel iletkenlik anizotropisinin maksimum değerinin değişmesine neden olmaktadır (Şekil 4.12.).

4.2. AMFİFİL KARIŞIMLI LİYOTROPİK SİSTEMLER

Amfifil karışimli liyotropik sistemler iki amfifil bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O karışım olacak şekilde üç farklı örnek grupları olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan örnek grupları ağırlıkça konsantrasyonları %100 olacak şekilde Çizelge 4.4.'de verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

Çizelge 4.4. Amfifil karışimli liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

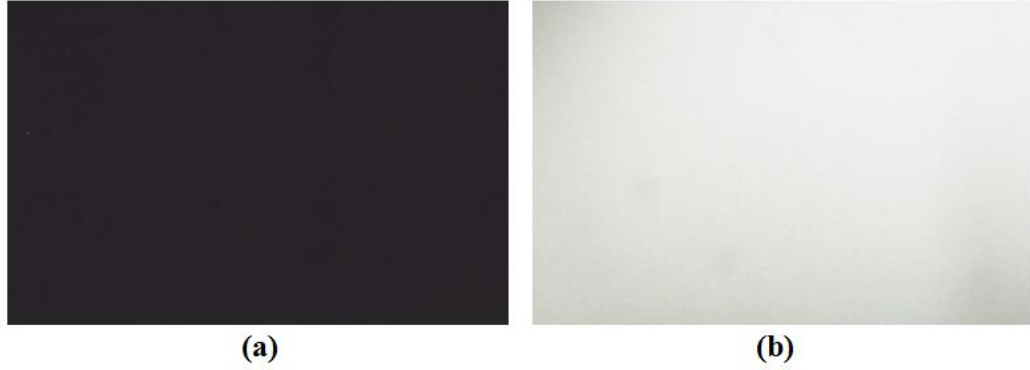
Örnek No	Amfifil Karışımları			H ₂ O, wt%
	(70wt% DDTMABr+ 30wt% HDTMABr), wt%	(50wt% DDTMABr+ 50wt% HDTMABr), wt%	(30wt% DDTMABr+ 70wt% HDTMABr), wt%	
M1	20.00	-	-	80.00
M2	25.00	-	-	75.00
M3	30.00	-	-	70.00
M4	35.00	-	-	65.00
M5	40.00	-	-	60.00
M6	-	20.00	-	80.00
M7	-	25.00	-	75.00
M8	-	30.00	-	70.00
M9	-	35.00	-	65.00
M10	-	40.00	-	60.00
M11	-	-	20.00	80.00
M12	-	-	25.00	75.00
M13	-	-	30.00	70.00
M14	-	-	35.00	65.00
M15	-	-	40.00	60.00

4.2.1. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O Liyotropik Sistemin Faz Halleri

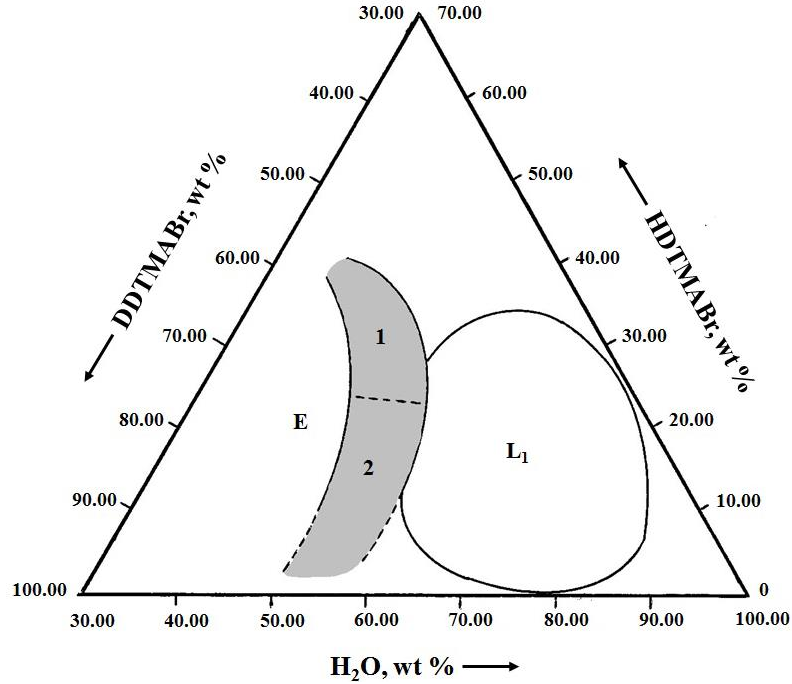
M1-M15 örnek gruplarına sahip liyotropik sistemin morfolojik ve mezomorfik özelliklerinin incelemelerinde, tüm örnek grubunda optiksel olarak izotropik tekstür gözlenmiştir (Çizelge 4.5.). Şekil 4.13.'de izotropik misel L₁ fazının çapraz ve paralel polarizörler arasındaki tekstürü verilmektedir. Şekilde görüldüğü üzere L₁ fazının çapraz polarizörler arasında siyah bir arka fon üzerinde tekstür gözlenirken, paralel polarizörler arasında ise beyaz bir arka fon üzerinde tekstür gözlenmektedir. Tüm örneklerde görülen bu faz, optiksel olarak kararlıdır ve sıcaklık, deformasyon ve manyetik alan gibi dış etkilerden etkilenmez. Buna göre incelenen konsantrasyon aralığında (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemin tekstür karakteri izotropik misel fazına karşılık gelmektedir.

Çizelge 4.5. Amfilil karışımı liyotropik sistemlerin faz halleri

Örnek Sembolleri	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15
Fazlar	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁



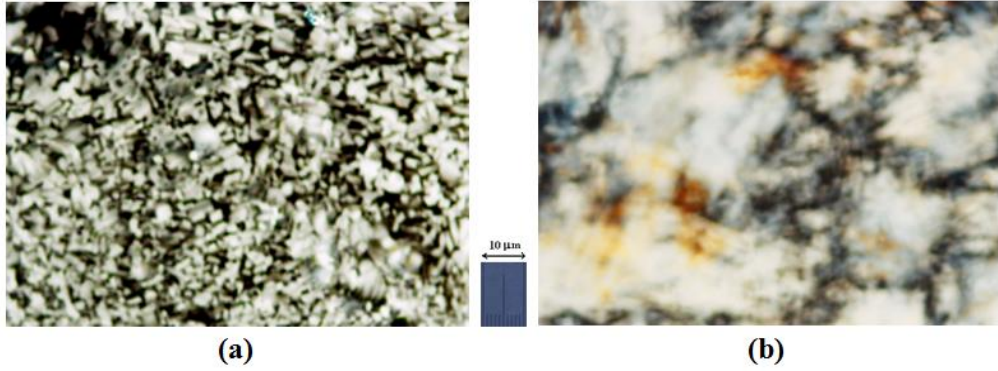
Şekil 4.13. İzotropik misel L₁ fazında gözlenen tekstürler. a) Çapraz polarizörler, b) paralel polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K



Şekil 4.14. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde L₁ fazı için üçlü faz diyagramı gözlenen tekstürler. Gri bölge L₁ fazı ve E mezofazının birlikte bulunduğu alanlardır. 1 ve 2 numaralı bölge hekzagonal E mezofazının farklı tekstürlerine karşılık gelmektedir. Sıcaklık 298.5 K.

(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemde izotropik misel L₁ fazı için 298.5 K sıcaklığında gözlenen üçlü faz diyagramı Şekil 4.14.'de verilmektedir. Üçlü faz diyagramında izotropik misel L₁ fazının sınırları belirlemek için yaklaşık 70 adet örnek hazırlanmıştır. Şekil 4.13.'de görüldüğü üzere üç bileşenli liyotropik sistemlerde izotropik misel L₁ fazı geniş konsantrasyon bölgesinde yer almaktadır.

Bilindiği üzere izotropik misel L_1 fazı, su çözeltisinde izometrik küresel misellerden oluşmaktadır ve bu misellerin çapı yaklaşık olarak miselleri oluşturan amfifil moleküllerin uzunluğunun iki katına eşittir (Bölüm 4.1.1.). Üçlü faz diyagramında H_2O konsantrasyonunun $\sim\%50$ - $\%60$ olduğu gri alanlar, izotropik misel L_1 fazı ve anizotropik hegzagonal E mezofazının birlikte olduğu ikili faz bölgesidir. H_2O konsantrasyonunun $\sim\%50$ ' nin altındaki alan ise (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde hegzagonal E mezofaz bölgesine karşılık gelmektedir (Şekil 4.14.). (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde her iki fazın birlikte gözleendiği bu polimorfolojik özellik, hegzagonal E mezofazı için gözlenmiştir. Hegzagonal E mezofazı için farklı tekstürlerin gözlenmesi (1 ve 2 numaralı bölgeler) liyotropik sıvı kristalik sistemlerde nadiren görülen bir özelliktir. Üçlü faz diyagramında 1 numaralı bölgede konfokal tekstür gözlenmiştir. Hegzagonal E mezofazında konfokal tekstür ilk olarak liyotropik pentadesilsulfonat+su+1-dekanol sisteminde gözlenmiştir. Daha sonra bu tekstür sodyum desil sulfat+su+1-dekanol, sodyum dodesil sulfat+su+1-dekanol ve dodesil trimetilamonyum bromid+1-butyl-3-metil imidazolyum+ H_2O liyotropik sistemlerinde gözlenmiştir (Hendriks ve Charvolin, 1981; Thiele vd., 2001; Wu vd., 2008) .



Şekil 4.15. (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde hegzagonal E mezofazında gözlenen tekstürler. a) konfokal tekstür (1 numaralı bölge), b) lif tür tekstür (2 numaralı bölge) Çapraz polarizörler, büyütme $\times 100$, sıcaklık 308.5 K

(DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde hegzagonal E mezofazında gözlenen konfokal ve lif tür tekstürler Şekil 4.15.'de verilmektedir. Şekil 4.15a.) 'da görüldüğü üzere konfokal tekstürde inversiyon duvarları ve ayrı çift kırıcılı bölgeler mevcuttur. Üçlü faz diyagramında 2 numaralı bölgede ise lif (filament) tür tekstür gözlenmiştir. Hegzagonal E mezofazında lif tür tekstür çeşitli ikili amfifil+ H_2O ve üçlü amfifil+ H_2O +alifatik alkol liyotropik sistemlerde gözlenmiştir (Ekwall, 1975;

Zhang vd., 2005; Zhao vd., 2010; Özden vd., 2010; Li vd., 2016). Bu tekstür, herhangi bir keskin oluşumlar olmadan belirli oluşumlara ve düşük çift kırıcılığa sahiptir (Şekil 4.15b.).

4.2.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

Bu kısımda (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemin (M1-M15 örnekleri) kırılma indislerinin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.16.'da (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı ($n = n(T)$) değişimi verilmiştir. Şekil 5.4.'de görüldüğü üzere M1-M15 örnekleri (A, B ve C grafikleri) için artan sıcaklıkla kırılma indisi değerinde monoton bir azalma gözlenmektedir. Sıcaklığın artması ile ortamın optiksel yoğunluğu azalmaktadır ve buna bağlı olarak kırılma indisi değerlerinde azalma görülmektedir. Bu davranış incelenen tüm liyotropik karışımlar için aynıdır.

M1-M15 örneklerinde gözlenen izotropik misel L₁ fazının optiksel yoğunluğu, izometrik misellerin sayısına ve boyutuna bağlı olarak değişmektedir. Tüm örneklerdeki miseller, DDTMABr ve HDTMABr amfifil malzemelerin karışımından oluştuğu için ((DDTMABr+HDTMABr)+H₂O amfifil karışımı) DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranı küresel misellerin hacmini karakterize etmektedir.

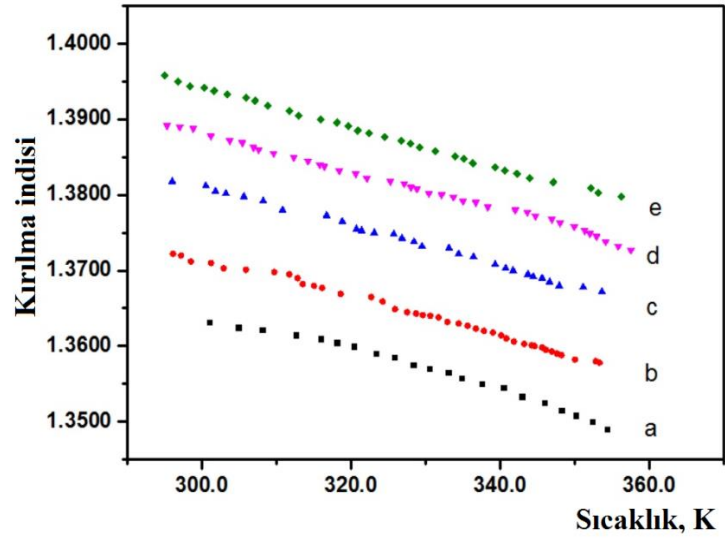
İncelenen liyotropik karışımda (M1-M15 örnekleri) misellerin boyutunu tahmin edebiliriz. Bu durumda aynı hidrofilik başa ve farklı hidrofobik zincir uzunluğuna sahip amfifil moleküller (DDTMABr ve HDTMABr), misellerin yüzey alanı ile karakterize edilir ve aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenir;

$$4\pi R^2 = n \cdot A \quad (4.1)$$

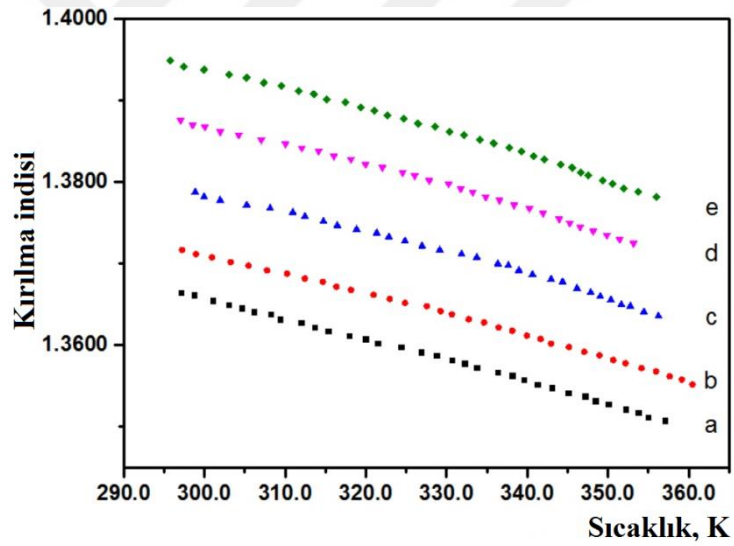
Burada R , izometrik misellerin yarıçapı; n , misellerdeki amfifil moleküllerin sayısı; A , amfifil moleküllerin hidrofilik kısımlarının yüzey alanıdır. Aynı zamanda amfifil moleküllerin hidrofobik zincir uzunluğunun hacmi $n_o \cdot V$ olacak şekilde izometrik misellerin hidrofilik kısımları aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenir;

$$\frac{4}{3}\pi R^3 = n \cdot n_o \cdot V \quad (4.2)$$

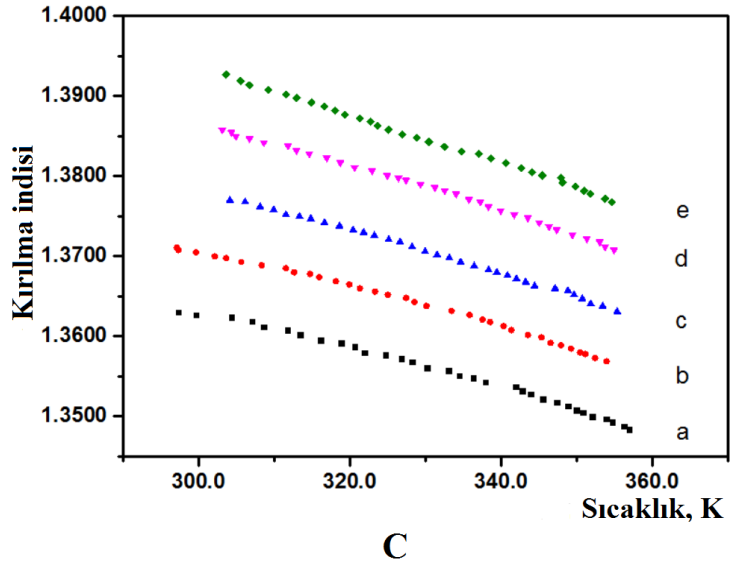
Burada n_o alkali zincir uzunluğunun sayısıdır (DDTMABr için $n_o = 12$, HDTMABr için $n_o = 16$).



A



B



Şekil 4.16. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı. A : a- M1 örnek; b- M2 örnek; c- M3 örnek; d: M4 örnek; e: M5 örnek ; B : a- M6 örnek; b- M7 örnek; c- M8 örnek; d- M9 örnek; e- M10 örnek ; C : a- M11 örnek; b- M12 örnek; c- M13 örnek; d- M14 örnek; e- M15 örnek.

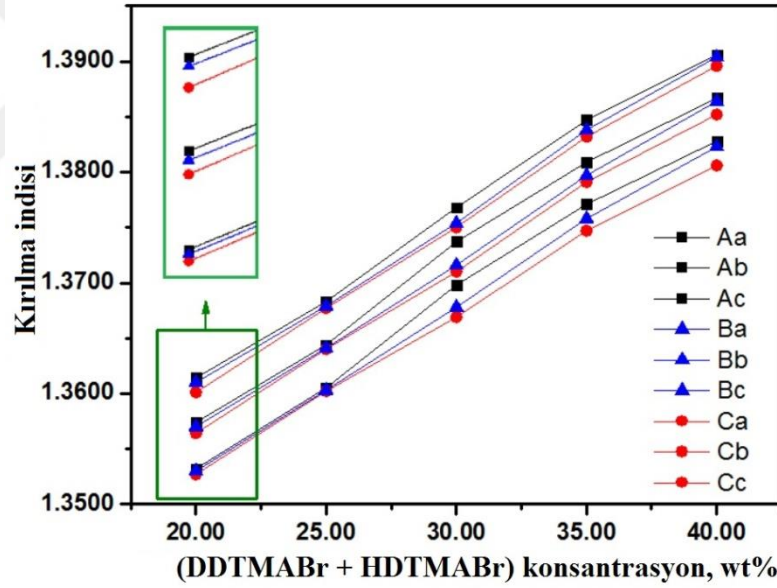
Denklem 4.1. ve denklem 4.2. kullanılarak izometrik misellerin yüzey alanı ve hacmi arasındaki ilişki denklem 4.3. 'de elde edilmiştir;

$$R = \frac{3}{A} n_o \cdot V \quad (4.3)$$

Denklem 4.3. 'e göre M1 - M5 örnek grubu, M6-M10 örnek grubu ve M11-M15 örnek grubundaki R değerleri oldukça farklıdır. Bu farklılıklar örnek gruplarındaki optiksel yoğunluğu belirler ve kırılma indisi değerlerindeki farklılıkları karakterize eder.

Şekil 4.16.'da üç farklı sıcaklık için M1-M15 örneklerinin kırılma indisinin (DDTMABr+HDTMABr) amfifil konsantrasyon oranına bağlılığı ($n = n(c)$) verilmektedir. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde her bir örnek grubu optiksel olarak aynı davranışı sergiledikleri için M1-M5 örnek grubunda M1 örneği (A grafiği), M6-M10 örnek grubunda M6 örneği (B grafiği) ve M11-M15 örnek grubunda ise M11 örneğinin (C grafiği) kırılma indisi & konsantrasyon bağılıkları incelenmiştir (Şekil 4.16.). Buna göre (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde DDTMABr+HDTMABr konsantrasyonunun artması ile kırılma indisi lineer olarak artmaktadır. Ayrıca M1-M15 örnekleri için üç farklı örnek grupları açısından kırılma indisinin konsantrasyona bağlı ilişkisine bakıldığında

$n_C < n_B < n_A$ şeklindedir. Diğer bir deyişle (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının $\frac{3}{7} \rightarrow \frac{1}{1} \rightarrow \frac{7}{3}$ artması kırılma indisi değerlerinde artışa neden olmaktadır (Şekil 4.17.). Hidrofobik zincir uzunluğu kısa olan amfifil molekül, hidrofobik zincir uzunluğu uzun olan amfifil molekülüne kıyasla daha yüksek düzen derecesine sahiptir (Blumstein, 1978; Vedenov, 1984). Bu yüzden (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde DDTMABr konsantrasyonunun artması, daha yüksek düzen derecesine ve kırılma indisi değerlerinin artmasına neden olmaktadır. Benzer durum termotropik sıvı kristalik sistemlerde daha yüksek düzene sahip (smektik mezofaz) yapıların daha düşük düzene sahip (nematik mezofaz) yapılarla kıyasla daha büyük kırılma indisine sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Liyotropik sıvı kristalik sistemlerdeki bu etki optiksel kırıcılık özelliklerini belirlemek ve kırılma indisi değerlerini kontrol etmek için olanak sağlamaktadır.

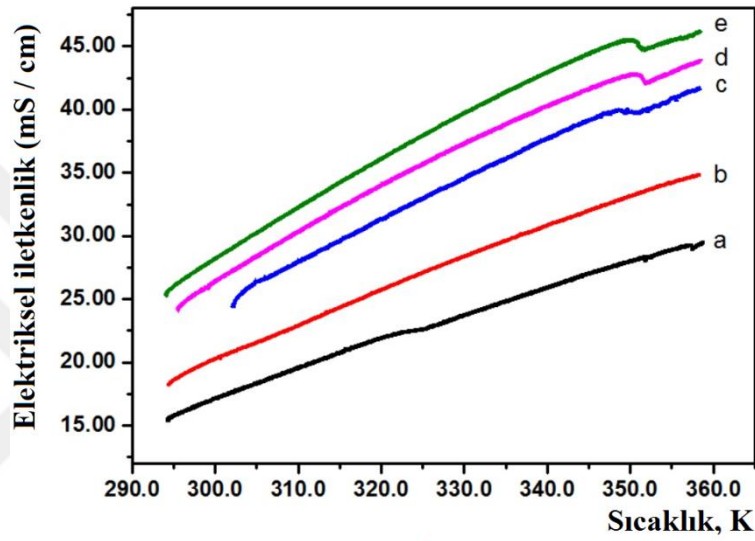


Şekil 4.17. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi (M1-M15 örnekleri) için kırılma indisinin (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyonuna bağlılığı: A-M1 örnek; B -M6 örnek; C-M11 örnek; a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K

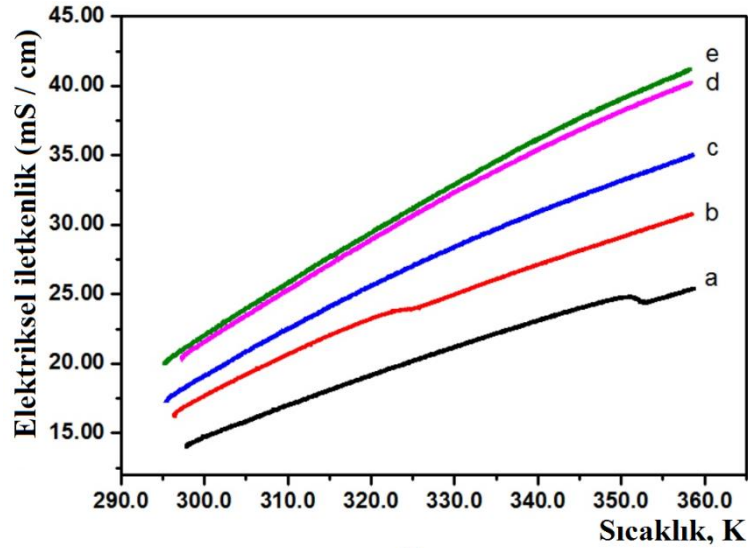
4.2.3. Öz Elektriksel İletkenlik Özellikler

Çalışmamızın bu kısmında (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde M1-M15 örneklerinin öz elektriksel iletkenliğin sıcaklık ($\sigma \sim f\left(\frac{1}{T}\right)$) ve konsantrasyona ($\sigma = \sigma(c)$) bağlılıkları incelenmiştir. Liyotropik sıvı kristalik sistemlerde iyonik iletkenliğin sıcaklığa bağlılığı etkin olduğu için Şekil 4.18.'de M1-

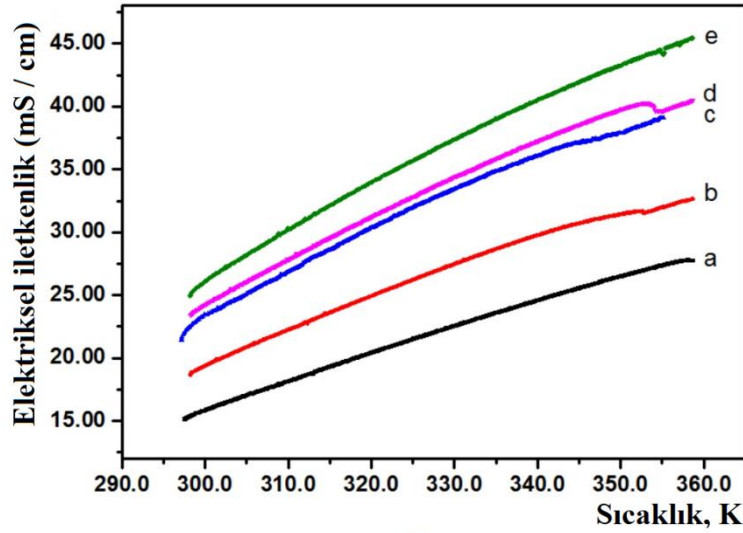
M15 örnekleri için iletkenliğin sıcaklığa bağlı ($\log \sigma \sim f\left(\frac{1}{T}\right)$) değişimi verilmiştir. Şekil 4.18.'de görüldüğü üzere M1-M15 örneklerinin öz elektriksel iletkenlikleri (SEC) tüm örnek için benzer davranış sergilemiştir. Sıcaklığın değişmesiyle öz elektriksel iletkenlik değerleri lineer bir değişim göstermektedir. $\log \sigma \sim f\left(\frac{1}{T}\right)$ ve $\sigma = \sigma(T)$ 'nin lineer davranışı, çeşitli liyotropik sistemlerde farklı araştırmacılar tarafından gözlemlenmiştir (Gilchrist vd., 1967; Francois vd., 1967; Francois vd., 1969; Photinos ve Saupe, 1986; Garbovskiy vd., 2007).



A



B



C

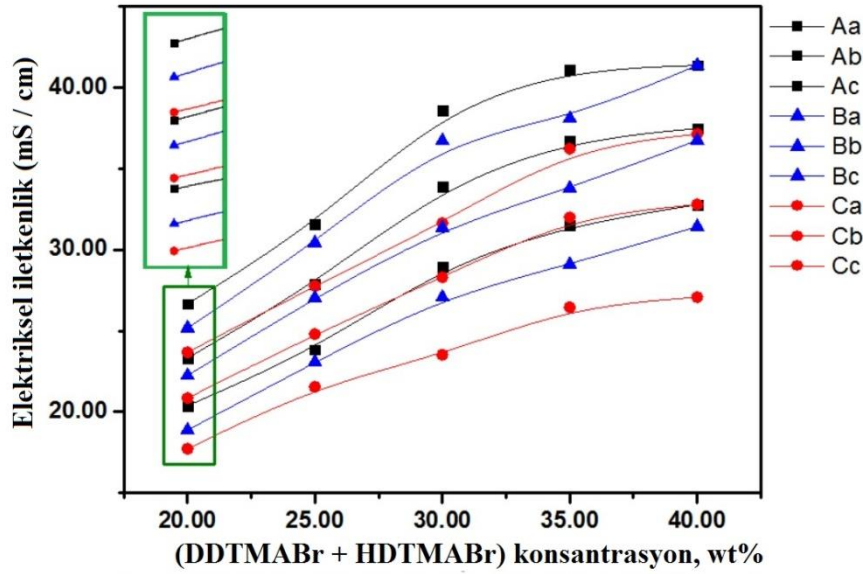
Şekil 4.18. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi için elektriksel iletkenliğin sıcaklığa bağlılığı. A : a- M1 örnek; b- M2 örnek; c- M3 örnek; d- M4 örnek; e- M5 örnek ; B : a- M6 örnek; b- M7 örnek; c- M8 örnek; d- M9 örnek; e- M10 örnek ; C : a- M11 örnek; b- M12 örnek; c- M13 örnek; d- M14 örnek; e- M15 örnek.

Elektriksel iletkenliğin sıcaklığa bağlılığının $\sigma = \sigma(T)$ davranışı (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde H₂O ortamında dağılmış iyonların yük taşıyıcı olması ile ilişkilidir. Bilindiği üzere, sıcaklığın artması ile liyotropik sistemlerdeki misellerin boyutları azalmaktadır. Misellerin boyutlarındaki bu değişiklik yük taşıyıcı sayılarının artmasına neden olmaktadır. Ayrıca sıcaklığın artmasıyla liyotropik sistemin viskozitesi azalmakta ve buna bağlı olarak iyonların mobiliteleri artmaktadır. Bu gibi etkiler elektroforetik mobilite ve elektriksel iletkenlikte artışa neden olmaktadır. Ayrıca Şekil 4.18.'de görüldüğü üzere, her bir örnek grubu için (A, B ve C grafikleri) belirli sıcaklık aralığı içinde elektriksel iletkenliğin sıcaklık bağımlılığında atlama benzeri değişiklikler gerçekleşmektedir. Elektriksel iletkenlikteki bu atlama benzeri değişiklikler iletkenlikteki dispersiyonlardan kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.18.'de verilen A, B ve C grafiklerini karşılaştırdığımızda M1-M15 örneklerinden her bir örnek grubu için (sabit DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranına sahip örnekler) su konsantrasyonunun artması ile elektriksel iletkenlik değerlerinde azalma görülmektedir. Su konsantrasyonunun artması ve (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyonunun azalması izotropik L₁ fazının küresel misellerin sayısında azalmaya neden olmaktadır. Küresel misellerin sayısının azalması liyotropik sistemde yük taşıyıcının azalmasına yol açar. Ayrıca Şekil

4.18.'de görüldüğü üzere bazı örneklerde (M1, M3, M4, M5, M6, M7, M12, M13, M14 örnekleri gibi) belirli sıcaklık aralığı içinde elektriksel iletkenliğin sıcaklık bağımlılığında atlama benzeri değişiklikler gerçekleşmiştir. Bu atlama benzeri değişiklikler elektriksel iletkenlikteki dispersiyonlardan kaynaklanmaktadır.

Şekil 4.19.'da üç farklı sıcaklık için M1-M15 örneklerinin elektriksel iletkenliğin (DDTMABr+HDTMABr) amfifil konsantrasyon oranına bağıllığı ($\sigma = \sigma(c)$) verilmektedir.



Şekil 4.19. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemi (M1-M15 örnekleri) için elektriksel iletkenliğin (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyonuna bağıllığı: A-M1 örnek; B -M6 örnek; C-M11 örnek; a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.

(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde her bir örnek grubu Şekil 4.17.'de olduğu gibi benzer davranışı sergiledikleri için M1-M5 örnek grubunda M1 örneği (A grafiği), M6-M10 örnek grubunda M6 örneği (B grafiği) ve M11-M15 örnek grubunda ise M11 örneğinin (C grafiği) elektriksel iletkenlik & DDTMABr+HDTMABr konsantrasyon bağıllıkları incelenmiştir (Şekil 4.19.). Şekil 4.19.'da görüldüğü üzere (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde DDTMABr+HDTMABr konsantrasyonunun artması ile elektriksel iletkenlik yaklaşık lineer bir şekilde artmaktadır. $\sigma = \sigma(c)$ bağıllığının bu davranışı, DDTMABr+HDTMABr amfifil konsantrasyonunun artması ile yük taşıyıcıların sayısının artmasına neden olduğu ile ilişkilidir. Bununla birlikte DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının $\frac{3}{7} \rightarrow \frac{1}{1} \rightarrow \frac{7}{3}$ artması, $\sigma_C < \sigma_B < \sigma_A$

şeklinde SEC değerlerinde artmasına neden olmaktadır. Bu sonuç, DDTMABr+HDTMABr amfifil karışımında hidrofobik zincir uzunluğu daha uzun olan amfifil molekülün (HDTMABr gibi) SEC değerleri üzerinde etkisi olduğunu göstermektedir. Böylece (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde DDTMABr/HDTMABr amfifil konsantrasyon oranının değişmesi ile izotropik misel L₁ fazının elektriksel iletkenlik değerlerini kontrol etmek ve düzenlemek mümkün olmaktadır.



4.3. KATYONİK-KATYONİK, ANYONİK-ANYONİK VE KATYONİK-ANYONİK LİYOTROPİK SİSTEMLER

Katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik (kat-anyonik) iki amfifil bileşenli liyotropik sistemler (amfifil1+amfifil2)+H₂O karışım olacak şekilde beş farklı örnek grupları olarak hazırlanmıştır. Hazırlanan beş farklı örnek grupları ağırlıkça konsantrasyonları toplamda %100 olacak şekilde Çizelge 4.6.'da verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

Çizelge 4.6. İki bileşenli amfifil liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

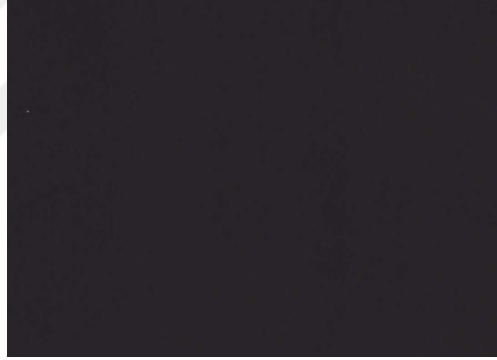
Örnek No	Amfifil Karışımları					H ₂ O, wt%
	(50 wt% DDTMABr + 50 wt% HDTMABr), wt%	(50 wt% SDDS+ 50 wt% SDS), wt%	(50 wt% DDTMABr+ 50 wt% SDDS), wt%	(50 wt% TDTMABr + 50 wt% SDS), wt%	(50 wt% HDTMABr + 50 wt% SDDS), wt%	
K1	10.00	-	-	-	-	90.00
K2	15.00	-	-	-	-	85.00
K3	20.00	-	-	-	-	80.00
K4	-	10.00	-	-	-	90.00
K5	-	15.00	-	-	-	85.00
K6	-	20.00	-	-	-	80.00
K7	-	-	10.00	-	-	90.00
K8	-	-	15.00	-	-	85.00
K9	-	-	20.00	-	-	80.00
K10	-	-	-	10.00	-	90.00
K11	-	-	-	15.00	-	85.00
K12	-	-	-	20.00	-	80.00
K13	-	-	-	-	10.00	90.00
K14	-	-	-	-	15.00	85.00
K15	-	-	-	-	20.00	80.00

Bölüm 3.1.'de bahsedildiği üzere, DDTMABr, TDTMABr ve HDTMABr sırasıyla 12, 14 ve 16 alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip katyonik amfifil malzemelerdir ve polar başı (hidrofilik kafa) Br⁻ 'den oluşmaktadır. SDS ve SDDS sırasıyla 10 ve 12 alkali zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip anyonik amfifil malzemelerdir ve polar başı (hidrofilik kafa) Na⁺ 'dan oluşmaktadır. Buna göre Çizelge 4.6.'da verilen örnek gruplarından (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O; katyonik-katyonik amfifil bileşenli liyotropik sistem, (SDDS+SDS)+H₂O ; anyonik-anyonik amfifil bileşenli liyotropik sistem, (DDTMABr+SDDS)+H₂O,

(TDTMABr+SDS)+H₂O ve (HDTMABr+SDDS)+H₂O; kationik-anyonik amfifil bileşenli liyotropik sisteme karşılık gelmektedir.

4.3.1. Tekstürler ve Magneto-Morfolojik Özellikler

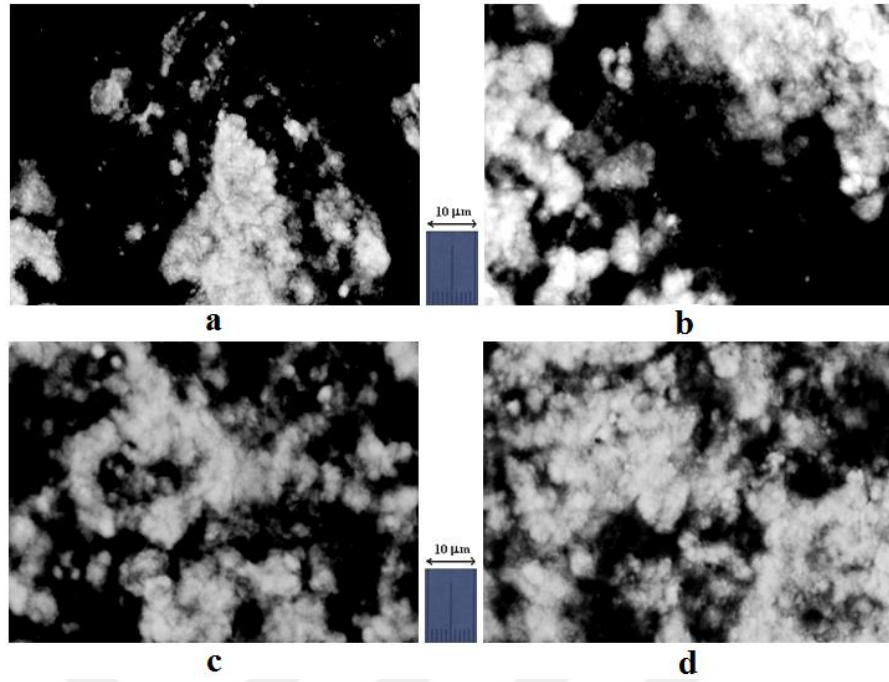
K1-K15 örnek gruplarına sahip iki bileşenli amfifilik liyotropik sistemin morfolojik ve mezomorfik özelliklerinin incelemelerinde ve manyetik alan altındaki tekstür dönüşümlerinin çalışılmalarında, K1-K3 örnek grubunda fiziksel olarak izotropik faz (izotropik misel L₁ fazı) ve optiksel olarak izotropik tekstür gözlenmiştir. K4-K6 örnek grubu, K1-K3 örnek grubunda gözlenen aynı mezomorfik ve morfolojik özelliklere sahiptir. Dolayısıyla K1-K3 ve K4-K6 örnek gruplarına sahip liyotropik sistemin tekstürleri optiksel olarak kararlıdır ve sıcaklık, deformasyon ve manyetik alan gibi dış etkilere etkilenmez. K1-K6 örneklerine sahip liyotropik sistemin çapraz polarizörler arasındaki tekstürü Şekil 4.20.'de verilmiştir. Şekil 4.20.'de görüldüğü üzere tekstürde sadece siyah bir arka fon görülmektedir.



Şekil 4.20. K1-K6 liyotropik sistemin tekstürü. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K.

K7-K15 örneklerine sahip liyotropik sistemin morfolojik özellikleri oldukça farklıdır. Bu sistemler tek bileşenli amfifilik liyotropik sistemlerde gözlenen anizotropik mezofazların tekstüründen oldukça farklı tekstür karakteri sergilemektedir.

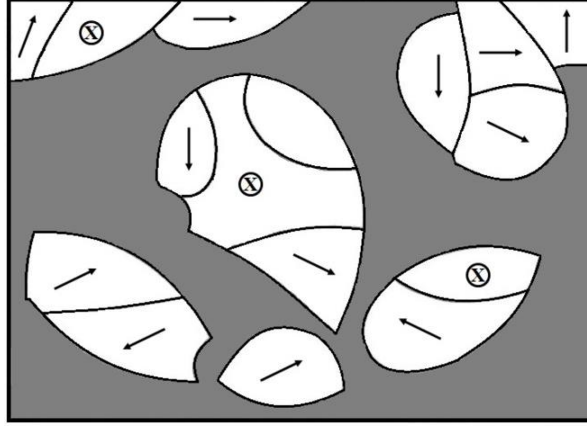
Liyotropik K7-K9 örnek grupları birbirleriyle aynı morfolojik özellikler gösterdikleri ve çok benzer tekstür sergiledikleri için K8 örneğinin tekstür davranışı incelenmiştir. Şekil 4.21.'de K8 örneği için genel tekstür karakteri ve manyetik alan etkisi altında 3 saat, 6 saat ve 24 saat sonraki tekstür dönüşüm dinamikleri gösterilmektedir.



Şekil 4.21. K8 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K, a) Mermer tür (marble-like) tekstür (manyetik alan etkisi bulunmayan), b) 3 saat manyetik alan etkisinde, c) 6 saat manyetik alan etkisinde ve d) 24 saat manyetik alan etkisinde oluşan tekstürleri.

Şekil 4.21.'de görüldüğü üzere K8 örneğinin tekstürü mozaik tekstürün bir çeşidi olan mermer tür tekstürdür ve bu tekstür düzensiz, parlak geometrik olmayan oluşumlardan oluşmaktadır. Mermer tür tekstürler tek bileşenli (Ekwall, 1975; Krishnaswamy vd., 2005; Ghosh vd., 2007) ve iki bileşenli (Marques vd., 1993; Vitiello vd., 2014; Li vd., 2016) amfifilik liyotropik sistemlerde hekzagonal E mezofazında gözlenmektedir. Bu tekstür termotropik sıvı kristallerde de çok sık görülmektedir (Demus, 1978; Sonin, 1984; Dierking, 2003). K7-K9 örneklerinde görülen bu mermer tür oluşumlar, termotropik sıvı kristallerde görülenin aksine izotropik arka fon üzerinde keskin sınırlarla birbirinden ayrılmış ayrı bölgelerden oluşmaktadır (Şekil 4.21.). Ayrıca bu oluşumlar farklı renklere sahiptir. Bu renklerin olması kırılma indisinin değişimi ile ilişkilidir. Mermer tür oluşumlar arasındaki sınırlar inversiyon duvarlarıdır. İversiyon duvarları üzerinde anizotropik mezofazın optiksel devamlılığı kırılmaktadır. İversiyon duvarlarının bazıları sandviç-hücrenin referans yüzeylerine dik olarak konumlanırken, diğerleri bu yüzeylere belirli bir açı ile konumlanmıştır.

Her bir mermer tür oluşumlar \vec{n} yön vektörünün belirli yönelimlerine sahiptir. Her bir bölgenin yönelim karakteri komşu bölgelerin yönelim karakterinden farklıdır. Şekil 4.22.'de mermer tür oluşumların \vec{n} yönelim vektörleri gösterilmektedir.

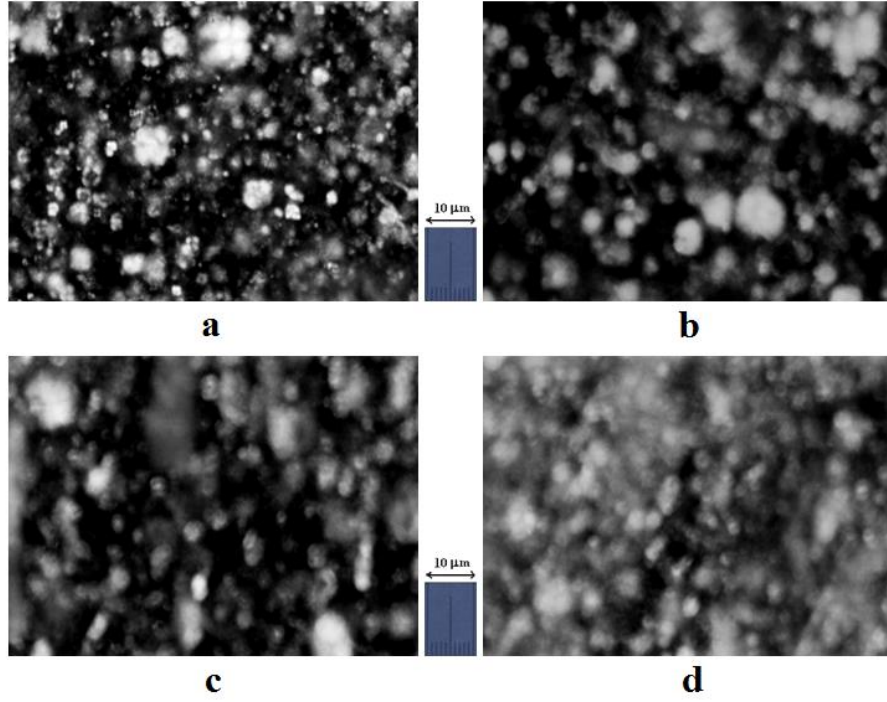


Şekil 4.22. Sanki-izotropik arka fon üzerinde mermer tür oluşumların şematik gösterimi. İşaretler, mermer tür oluşumların \vec{n} yönelim vektörlerini göstermektedir.

(DDTMABr+SDDS)+H₂O liyotropik sistemin benzer tekstür karakteri, farklı ikili amfifilik liyotropik sıvı kristal sistemlerde gözlenmektedir (Zhao vd., 2010; Vitiello vd., 2014; Li vd., 2009; Li vd., 2016). Bunun yanı sıra bu liyotropik sistemin tekstürleri bazı tek amfifilik liyotropik sıvı kristal sistemlerde de görülmektedir (Ekwall, 1975; Ashev ve Pershan, 1979; Boltekhagen vd., 1991; Dörfler ve Göpfert, 2000; Thielle vd., 2001; Nesrullajev, 2003; Nesrullajev, 2014; Amaral vd., 2015).

K7-K9 örneklerinin tekstürleri zayıf magneto-morfolojik özellik sergilemektedir (Şekil 4.21.). Şekil 4.21b., Şekil 4.21c. ve Şekil 4.21d.' de görüldüğü üzere manyetik alan etkisi altında mermer tür oluşumların bölgesi, zamanla artmaktadır ve izotropik arka fon alanı ise azalmaktadır. 24 saatin üzerinde manyetik alan etkisi altında K7-K9 örneklerinin tekstür karakteri zamanla değişmemiştir ve kararlıdır. Tek amfifilik liyotropik sistemlerin tekstür dönüşümleri, K7-K9 örneklerinin tekstür dönüşümleri ile kıyaslanırsa çok daha keskindir ve çeşitli kusurların ortaya çıkmasına yol açmaktadır (Fujiwara vd., 1978; Palangana vd., 2003; Nesrullajev, 2007; Özden vd., 2010; Nesrullajev, 2015).

Liyotropik K10-K12 örnek grupları birbirleriyle aynı morfolojik özellikler gösterdikleri ve çok benzer tekstür sergiledikleri için K11 örneğinin tekstür davranışı incelenmiştir. Şekil 4.23.'de K11 örneği için genel tekstür karakteri ve manyetik alan etkisi altında 3 saat, 6 saat ve 24 saat sonraki tekstür dönüşüm dinamikleri gösterilmektedir.



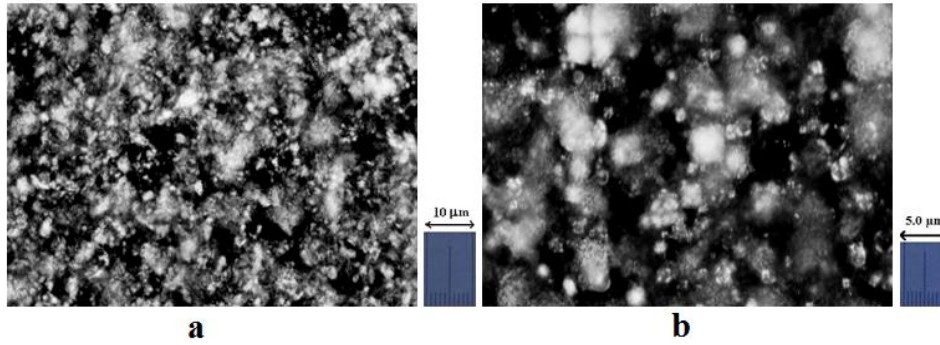
Şekil 4.23. K11 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Sıcaklık 308.5 K. a) Genel tekstür (manyetik alan etkisi bulunmayan), b) 3 saat manyetik alan etkisinde, c) 6 saat manyetik alan etkisinde ve d) 24 saat manyetik alan etkisinde.

Şekil 4.23a.'da görüldüğü üzere K11 örneğinin tekstürü yoğun bir şekilde dağılmış Malta haçı (Maltese cross) benzeri oluşumlara sahiptir. Bu oluşumların boyutu yaklaşık olarak $\sim 3 - 10 \mu m$ büyüklüğündedir. Liyotropik sıvı kristal tekstürlerinde Malta haçı benzeri oluşumlar lamellar D mezofazında gözlenmektedir. Lamellar D mezofazı için Malta haçı oluşumlara sahip tekstürler birçok araştırmacılar tarafından ikili amfifilik liyotropik sistemlerde gözlenmiştir (Borne vd., 2000; Li vd., 2009; Zhao vd., 2010; Pommella vd., 2012; Vitiello vd., 2014).

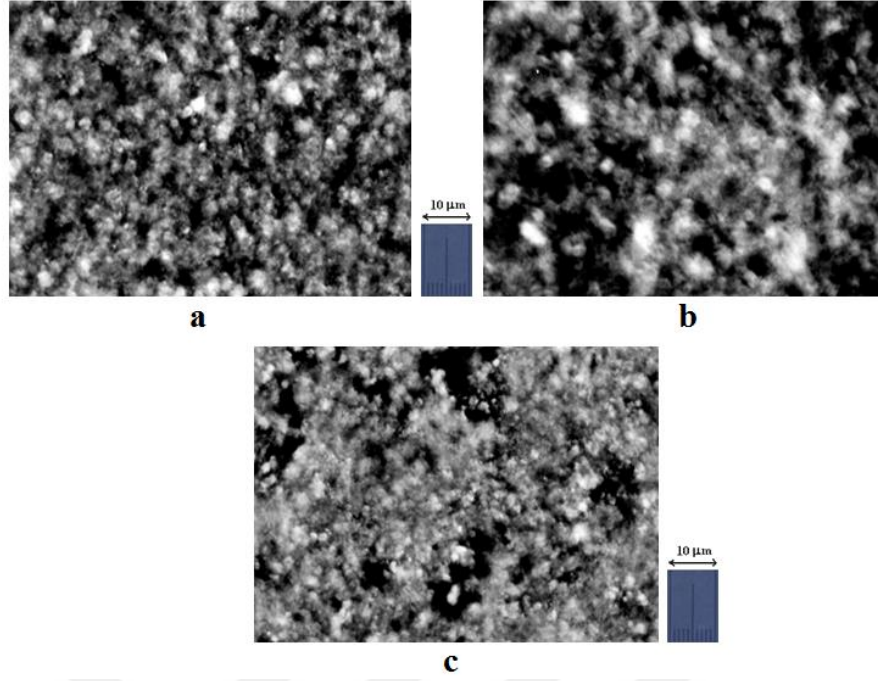
K10-K12 örneklerinin tekstürleri liyotropik lamellar D mezofazı için termal olarak kararlıdır ve tekrarlanabilir. (TDTMABr+SDS)+H₂O liyotropik sistemin tekstürleri zayıf magneto-morfolojik özellik sergilemektedir (Şekil 4.23.). Şekil 4.23b., Şekil 4.23c. ve Şekil 4.23d.' de görüldüğü üzere manyetik alan etkisi altında Malta haçı benzeri oluşumların bölgesi, zamanla artmaktadır. 24 saatin üzerinde (48 saat ve 72 saat) K10-K12 örnekleri K7-K9 örnekleri gibi manyetik alan etkisiyle değişmediği ve kararlı olduğu ile açıklanabilmektedir.

Liyotropik K13-K15 örnek grupları birbirleriyle aynı morfolojik özellikler gösterdikleri ve çok benzer tekstür sergiledikleri için K14 örneğinin tekstür davranışı

incelenmiştir. Şekil 4.24.'de K14 örneği için genel tekstür karakteri iki farklı sıcaklık için gösterilmektedir.



Şekil 4.24. K14 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 308.5 K, b) 311.3 K. Şekil 4.24.'de görüldüğü üzere K14 örneğinin tekstür karakteri Şekil 4.23a.'dakine çok benzerdir. K14 örneğinin tekstüründeki Malta haçı benzeri oluşumlar yoğun bir şekilde dağılmıştır. Bu oluşumların boyutu yaklaşık olarak $\sim 2 - 6 \mu m$ büyüklüğündedir. Şekil 4.25.'de manyetik alan etkisi altında bulunan K14 örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri verilmektedir. Şekil 4.25.'de görüldüğü üzere, manyetik alan etkisi altında zamanla tekstür karakteri değişmemiştir. Dolayısıyla K13-K15 örneklerinde lamellar D mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde manyetik alan etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 4.25.). Şekil 4.25c. K14 örneğinde gözlenen tekstür davranışı 48 saat ve 72 saat sonra değişmemiştir. Benzer sonuçlar K13 ve K15 örneğinde de gözlenmektedir. Lamellar D mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde dış manyetik alan etkisi altındaki davranışı tekli amfifilik liyotropik sistemlerde ilk kez gözlenmiştir (Özden vd., 2010). Bu sonuçlar düşük mobiliteye sahip lamellar D mezofazının tabakalı yapısının özellikleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir.



Şekil 4.25. Manyetik alan etkisi altında bulunan K14 örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. Sıcaklık 308.5 K. a) 3 saat alan etkisinde, b) 6 saat alan etkisinde ve c) 24 saat alan etkisinde.

K1-K15 örnek gruplarına sahip katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik liyotropik sistemin morfolojik ve mezomorfik özelliklerinin incelemelerinde, optiksel olarak gözlenen izotropik faz ve anizotropik mezofazların faz halleri Çizelge 4.7.'de verilmektedir.

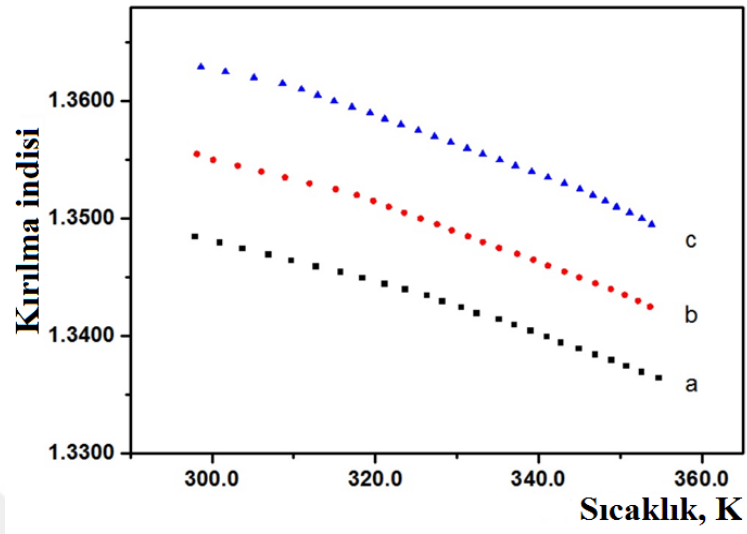
Çizelge 4.7. Katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik liyotropik sistemlerin faz halleri

Örnek Sembolleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13	K14	K15
Fazlar	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	L ₁	E	E	E	D	D	D	D	D	D

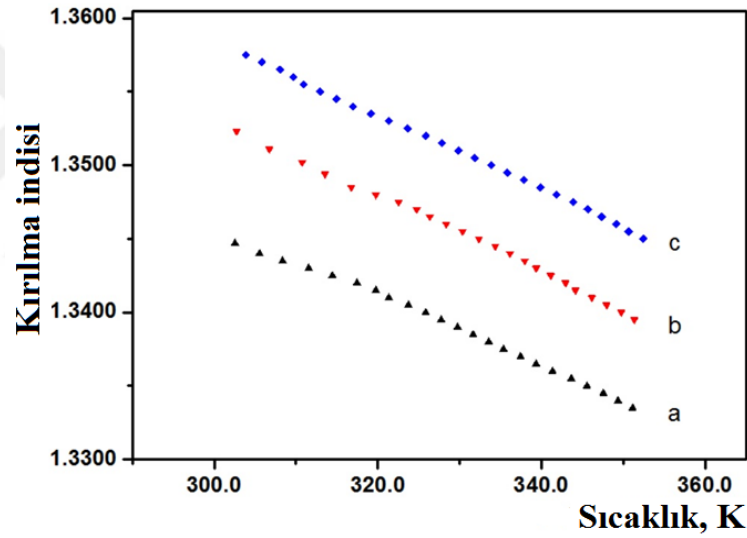
4.3.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

Çalışmanın bu kısmında katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik liyotropik sistemin kırılma indislerinin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir. Bilindiği üzere ortamın n optiksel kırıcılığı, bulunduğu ortamın optiksel yoğunluğunu ve optiksel kırılma özelliklerini karakterize etmektedir (Melankholin vd., 1970; Shuvalov vd., 1981).

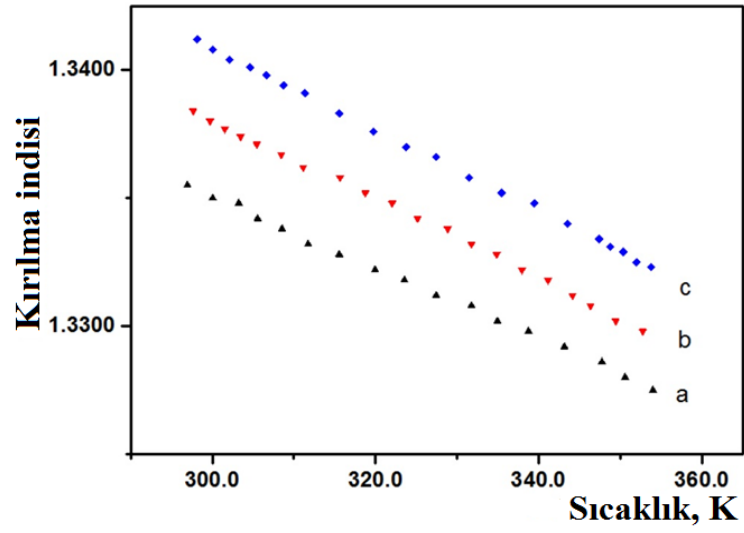
Şekil 4.26.'da K1-K15 örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir.



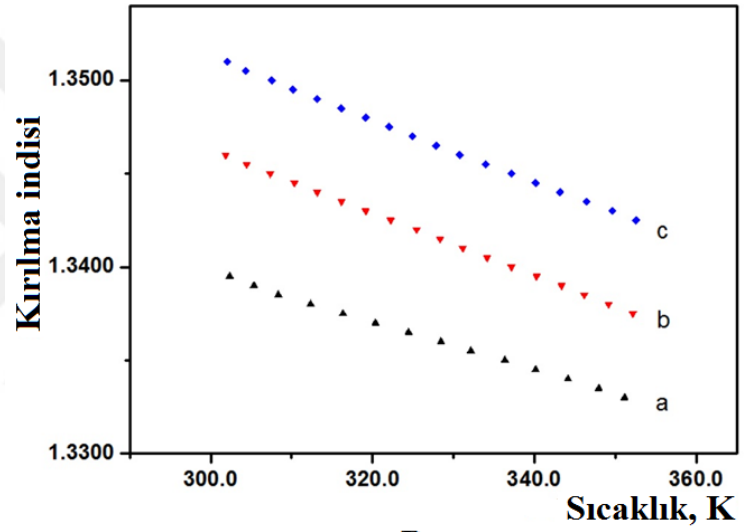
A



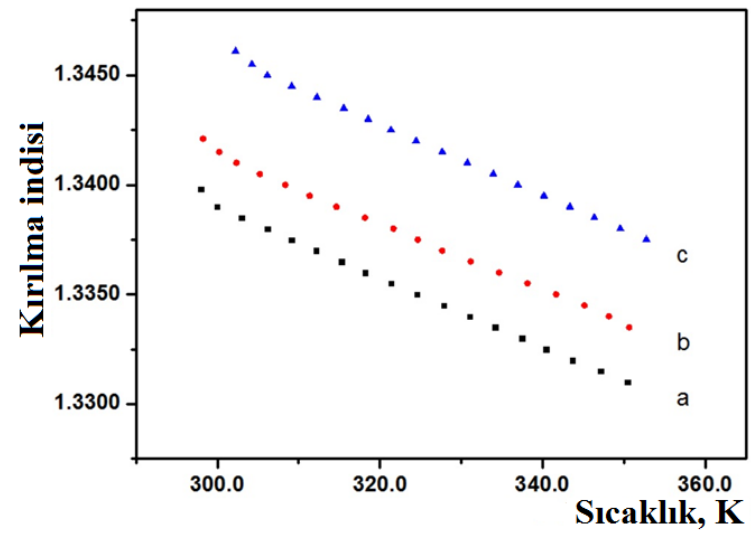
B



C



D

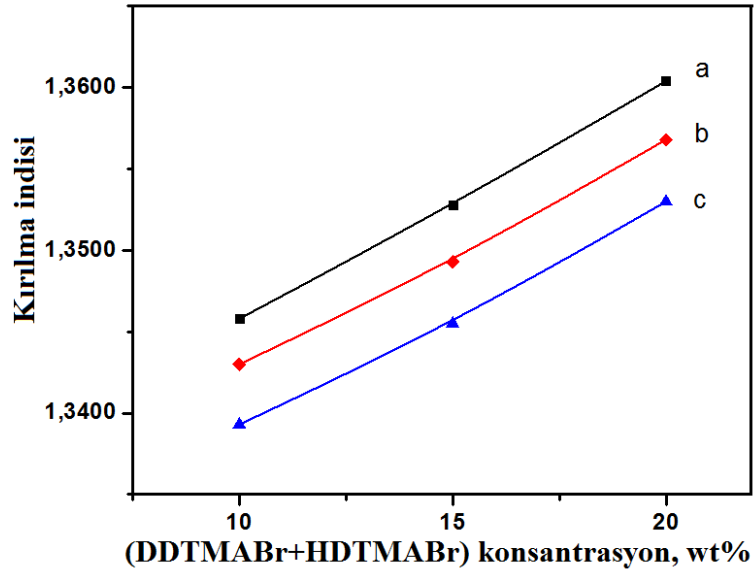


E

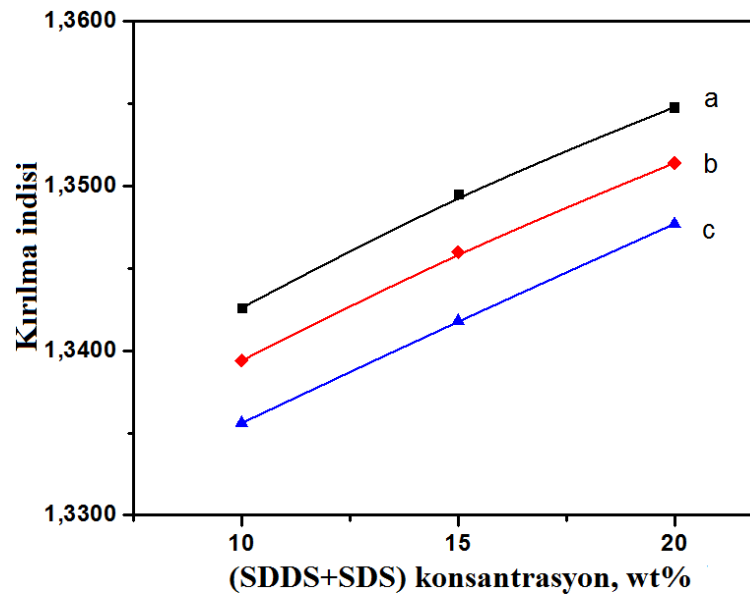
Şekil 4.26. K1-K15 örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. A : a- K1 örnek; b- K2 örnek; c- K3 örnek; B: a- K4 örnek; b- K5 örnek ; c- K6 örnek; C: a- K7 örnek; b- K8 örnek; c- K9 örnek; D: a- K10 örnek ; b- K11 örnek; c- K12 örnek; E: a- K13 örnek; b- K14 örnek; c- K15 örnek.

Şekil 4.26.'da görüldüğü üzere K1-K15 örnekleri (A, B, C, D ve E grafikleri) için artan sıcaklıkla kırılma indisi değerinde monoton bir azalma gözlenmektedir. Sıcaklığın artması ile ortamın optiksel yoğunluğu azalmaktadır ve buna bağlı olarak kırılma indisi değerlerinde azalma görülmektedir. Bu davranış incelenen tüm liyotropik karışımlar için aynıdır.

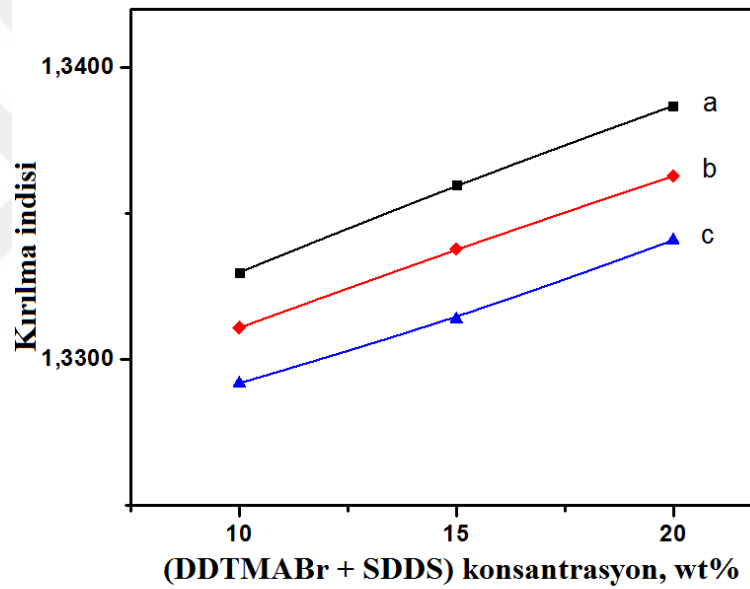
Şekil 4.26.'da görüldüğü üzere, katyonik-katyonik liyotropik sistemler (K1-K3 örnekleri) ve anyonik-anyonik liyotropik sistemlerin (K4-K6 örnekleri) sıcaklıkla kırılma indisinin değişimi katanyonik liyotropik sistemlere göre daha keskindir. Ayrıca katyonik-katyonik ve anyonik-anyonik liyotropik sistemlerin δn değişimi katanyonik liyotropik sistemlere göre daha büyüktür. K1-K3 örnekleri için $\delta n = 0.0133$, K4-K6 örnekleri için $\delta n = 0.0126$, K7-K9 örnekleri için $\delta n = 0.0089$, K10 - K12 örnekleri için $\delta n = 0.0091$, K13-K15 örnekleri için $\delta n = 0.0083$ dür. Buna göre K1-K6 örneklerinin kırılma indisi değerleri, K7-K15 örneklerinin kırılma indisi değerlerinden daha yüksektir. Katyonik-katyonik ve anyonik-anyonik liyotropik sistemlerde sıcaklığın artmasıyla kırılma indisi, katanyonik liyotropik sistemlerdekine göre çok daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. Bu etki liyotropik sistemlerin teknolojik uygulamalarında çok öneme sahiptir.



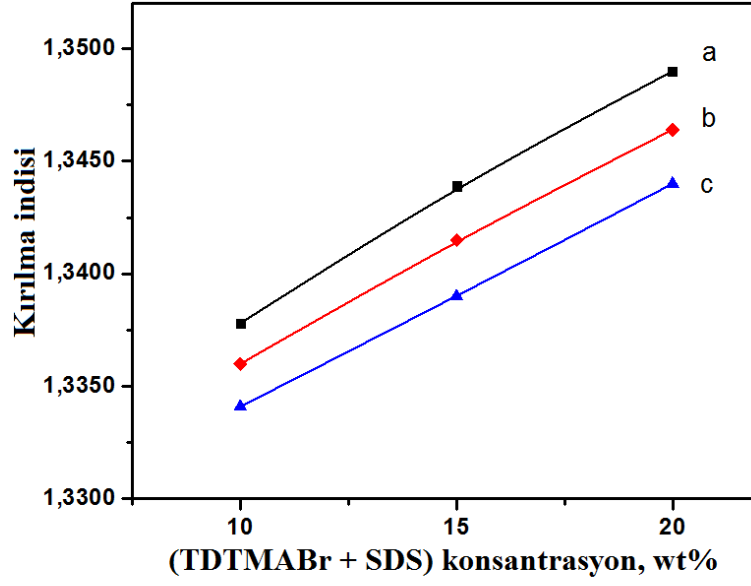
A



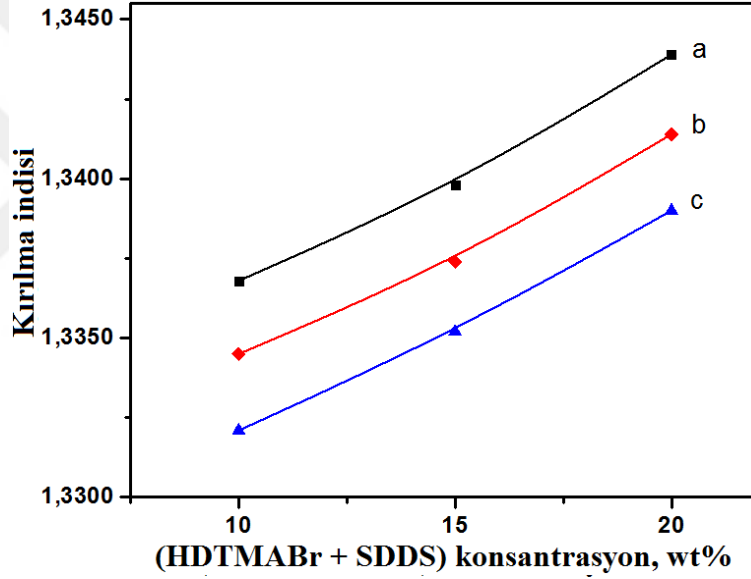
B



C



D



E

Şekil 4.27. K1-K15 örnekleri için kırılma indisinin amfifil konsantrasyona bağlılığı: A-K1 örnek; B -K4 örnek; C-K7 örnek; D-K10 örnek; E-K13 örnek. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.

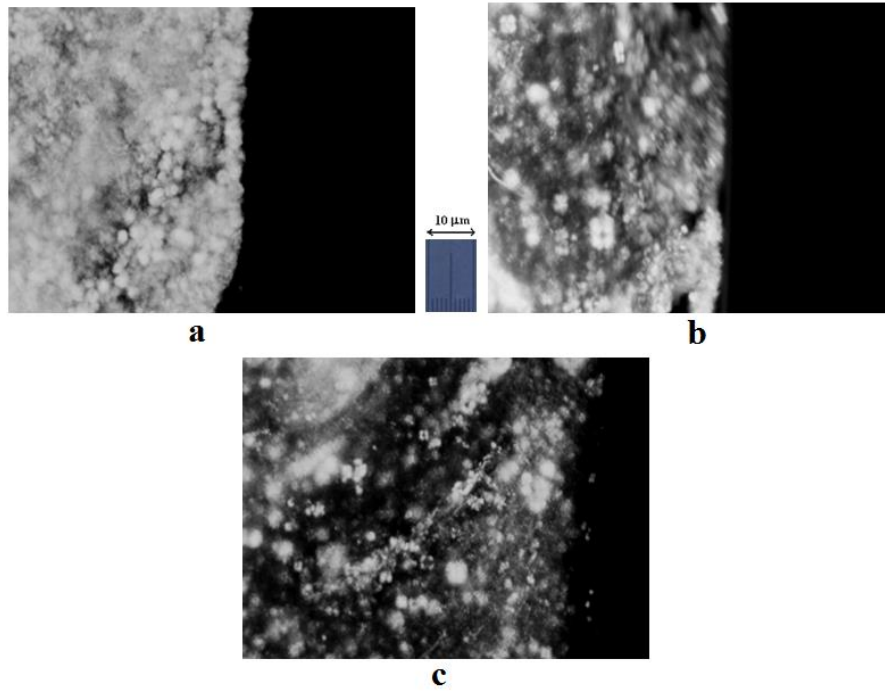
Şekil 4.27.'de üç farklı sıcaklık için K1-K15 örneklerinin kırılma indisinin katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil konsantrasyon oranına bağlılığı ($n = n(c)$) verilmektedir. Buna göre amfifil konsantrasyon oranının artması ile kırılma indisi değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu durum tekli ve ikili amfifilik liyotropik sistemlerde misel yoğunluğunun hacmi ve amfifil konsantrasyon oranı arasındaki ilişki ile açıklanmaktadır. Amfifil/H₂O konsantrasyon oranının artması misellerin sayısının artmasına ve miseller arası uzaklığın azalmasına neden olur

(Ekwall, 1975; Lingmann ve Wennerström, 1980; Vedeniv, 1984; Puvvada ve Blakschstein, 1992; Perez-Rodriguez vd., 1998). Misellerin sayısının artması liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunu ve dolayısıyla optiksel kırıcılık özelliklerini arttırmaktadır. Bu yüzden, katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil konsantrasyon oranına sahip karışımlardaki konsantrasyon oranının değişimi, liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunu ve kırıcılık özelliklerini düzenlemek için olanak sağlamaktadır.

4.3.3. Mezofaz-İzotropik Sıvı Faz Geçişin Heterofaz Alanların Özellikleri

Liyotropik sistemlerin geniş uygulama olanakları sayesinde çeşitli termal durumlarda ve hatta iklim şartlarında farklı sıcaklık aralıklarında kullanılabilir. Bu nedenle liyotropik sistemlerin termotropik özellikleri çok önemlidir.

Şekil 4.28.'de liyotropik sıvı kristal *anizotropik mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş (*M-I*) bölgesi K8, K11 ve K14 örnekleri için gösterilmektedir.



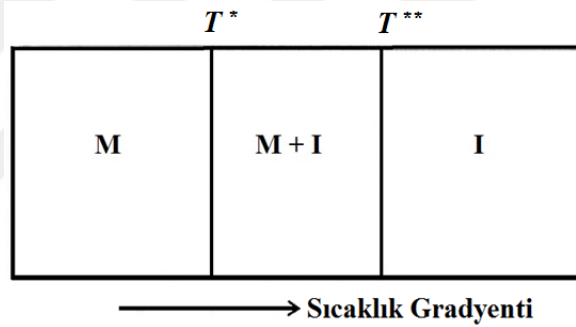
Şekil 4.28. Sıvı kristal *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100 a) K8 örnek, b) K11 örnek, c) K14 örnek.

Şekil 4.28.'de görüldüğü üzere, ΔT sıcaklığında yani termotropik faz geçişinin gözlemlendiği heterofaz alanında sıvı kristal mezofaz ve izotropik sıvı bir arada

bulunmaktadır. Bu durum K7-K15 örneklerinde gözlenmiştir. Bilindiği üzere, birinci derece *M-I* termotropik faz geçişlerin heterofaz alanın termik genişliği,

$$\Delta T = T^{**} - T^* \quad (4.4)$$

şeklinde belirlenir. Burada T^{**} ve T^* sıcaklıkları heterofaz alanın yüksek ve düşük sıcaklık sınırlarını belirlemektedir (de Gennes, 1976; Sonin, 1984; Toledano, 1987; Singh, 2000; Anisimov, 1988; de Gennes, 2003). T^{**} sıcaklığında yüksek sıcaklıklı termik hal (izotropik sıvı) kararlı iken düşük sıcaklıklı termik hal (sıvı kristalik mezofaz) kararsızdır. T^* sıcaklığında ise düşük sıcaklıklı termik hal (sıvı kristalik mezofaz) kararlı iken yüksek sıcaklıklı termik hal (izotropik sıvı) kararsızdır. Sıvı kristalik mezofaz ve izotropik sıvı arasındaki T_{MI} faz geçiş sıcaklığı $T^* < T_{MI} < T^{**}$ olarak belirlenir. Şekil 4.29.' da sıvı kristalik *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişin (*M-I*) heterofaz alanın şematik gösterimi verilmektedir.



Şekil 4.29. Sıvı kristalik *mezofaz - izotropik sıvı* faz geçişin (*M-I*) heterofaz alanın şematik görünümü.

Sıvı kristalik mezofaz ve izotropik sıvı arasındaki faz geçişin heterofaz alanın bulunması (de Gennes, 1976; Sonin, 1984; Toledano, 1987; Anisimov, 1988; Anisimov, 1991; Martelucci ve Chester, 1992; Singh, 2000; de Gennes, 2003) çalışmalarında termotropik sıvı kristaller için teorik olarak tahmin edilmiştir ve deneysel olarak (Kuzma ve Saupe, 1997; Oweimgreen ve Morsy, 1999; Oweimgreen ve Morsy, 2000; Hosaka vd., 2003; Nesrullajev ve Bilgin, 2005; Sharma vd., 2001; Cammenga vd., 2006; Nesrullajev, 2010; Quaddoura ve Belfield, 2010; Pardhasaradhi vd., 2012; Nesrullajev, 2012) çeşitli araştırmacılar tarafından gözlenmiştir. K7-K15 katanyonik liyotropik örnekleri termotropik özellik sergiledikleri için termotropik sıvı kristallerin spesifik özelliklerine benzerdir. Katanyonik liyotropik sıvı kristallerin bu özelliği, temel ve uygulamalı araştırmalar için bu sistemleri önemli hale getirmektedir.

Çizelge 4.8.'de K7-K15 katanyonik liyotropik örneklerinin heterofaz alanın sıcaklık aralıkları verilmektedir.

Çizelge 4.8. K7-K15 liyotropik örneklerinde *M-I* faz geçişin termotropik özellikleri (K7-K9 örneği için M hekzagonal E mezofaz, K10-K12 örneği için M lamellar D mezofaz, K13-K15 örneği için M lamellar D mezofaz)

Örnek Sembolleri	<i>M-I</i> Faz Geçiş Sıcaklığı, K	<i>M-I</i> Faz Geçiş Heterofaz Alanın Sıcaklık Aralığı, K (x10⁻²)
K7	384.9	4.8
K8	385.6	5.0
K9	386.2	5.1
K10	385.4	3.0
K11	385.6	2.9
K12	386.0	3.1
K13	370.4	6.1
K14	370.8	6.3
K15	371.5	6.3

Heterofaz alanın sıcaklık aralıkları aynı termotropik sıvı kristallerdeki sıcaklık aralık mertebesindedir ve sıvı kristalik mezofaz ve izotropik sıvı arasındaki 1. mertebe faz geçişi için karakteristiktir. Özellikle kaydedelim ki, *mezofaz–mezofaz*, *mezofaz–izotropik sıvı* ve *izotropik sıvı–mezofaz* faz geçişlerin heterofaz alanın sıcaklık aralıkları ve termo-morfolojik özellikleri hakkında bilgiler çeşitli termal sistemlerde ve farklı iklim koşullarında liyotropik sistemlerin uygulanması için oldukça önemlidir.

4.4. LİYOTROPİK NEMATİK-KALAMİTİK N_C VE NEMATİK-DİSKOTİK N_D MEZOFAZLARIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Liyotropik sıvı kristalik N_C ve N_D mezofazların optiksel etkin malzeme olarak şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA) katkısı ile termo-morfolojik, magneto-morfolojik ve optiksel kırıcılık özellikleri üzerinde etkisi araştırılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde liyotropik sıvı kristal nematik-kalamitik N_C ve nematik-diskotik N_D mezofazları üzerinde etkisi incelenmiştir.

Çizelge 4.9. N_C ve N_D mezofazları sergileyen TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

Örnek No	TDTMABr wt%	H ₂ O wt%	DeOH wt%	TA wt%	WA wt%
N _{C1}	39.00	61.00	-	-	-
T _{NC1}	39.00	61.00	-	1.00	-
T _{NC2}				2.00	-
T _{NC3}				3.00	-
T _{NC4}				4.00	-
T _{NC5}				5.00	-
W _{NC1}	39.00	61.00	-	-	1.00
W _{NC2}				-	2.00
W _{NC3}				-	3.00
W _{NC4}				-	4.00
W _{NC5}				-	5.00
N _{D1}	20.00	72.00	8.00	-	-
T _{ND1}	20.00	72.00	8.00	0.30	-
T _{ND2}				0.50	-
T _{ND3}				1.00	-
T _{ND4}				2.00	-
T _{ND5}				3.00	-
T _{ND6}				4.00	-
T _{ND7}				5.00	-
W _{ND1}	20.00	72.00	8.00	-	0.30
W _{ND2}				-	0.50
W _{ND3}				-	1.00
W _{ND4}				-	2.00
W _{ND5}				-	3.00
W _{ND6}				-	4.00
W _{ND7}				-	5.00

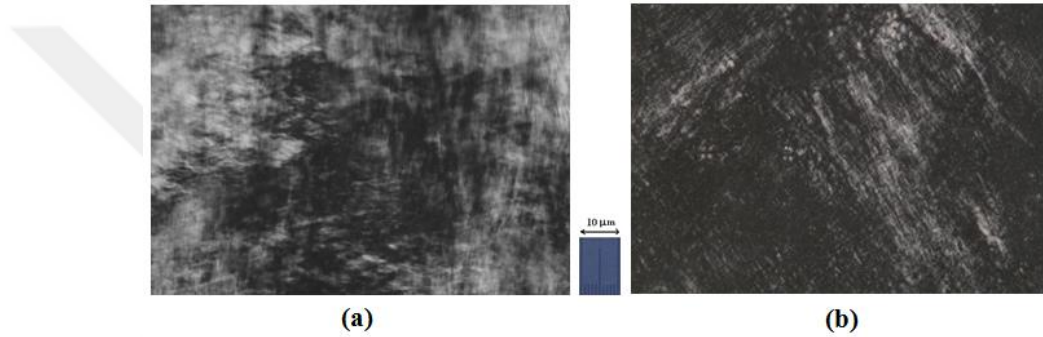
Liyotropik sıvı kristalik nematik-kalamitik N_C mezofazı için üç bileşenli TDTMABr+H₂O+TA ve TDTMABr+H₂O+WA ve nematik-diskotik N_D mezofazı için dört bileşenli liyotropik sistemler TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA karışımı olacak şekilde dört farklı örnek grupları olarak

hazırlanmıştır. N_C mezofazı için toplamda 11 adet ve N_D mezofazı için ise toplamda 15 adet hazırlanan örnekler ağırlıkça konsantrasyonları toplamda %100 olacak şekilde Çizelge 4.9.'da verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

4.4.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Dönüşümlerin Dinamiği

Liyotropik nematik N_C ve N_D mezofazlar bilindiği üzere sırasıyla sonlu uzunluğa ve sonlu çapa sahip çubuksu ve disk biçimli anizometrik misellere sahip yapılarıdır. Ayrıca söz konusu nematik mezofazlar optiksel olarak tek eksenlidir ve sırasıyla negatif ve pozitif çift kırıcılığa sahiptir (Bartolino vd.,1982; Neto vd., 2005).

Şekil 4.30.'da N_{C1} ve N_{D1} örneklerinin genel tekstürleri verilmektedir.

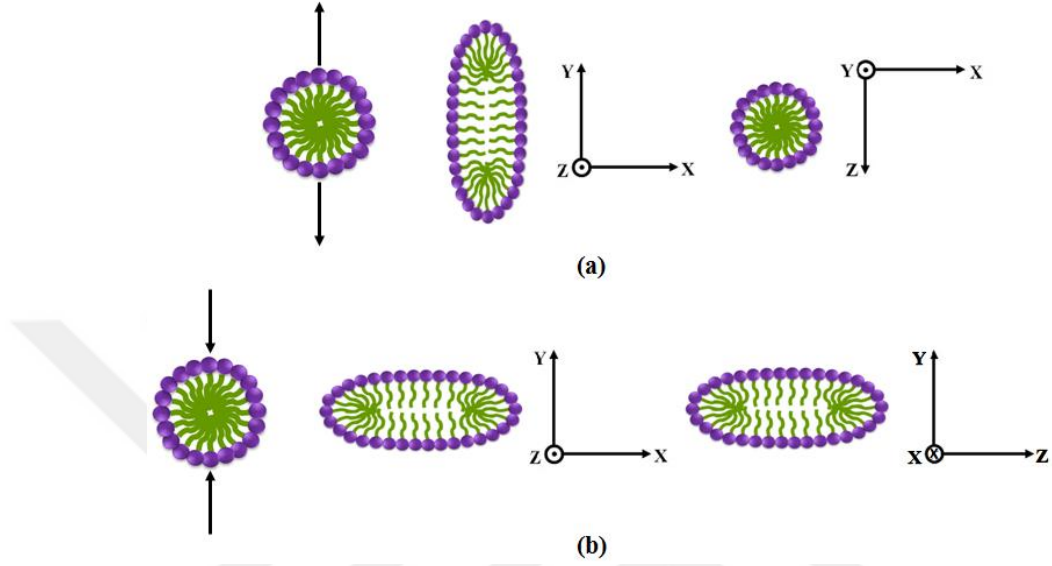


Şekil 4.30. (a) N_{C1} örneğin ve (b) N_{D1} örneğin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.30.'da görüldüğü üzere, N_{C1} ve N_{D1} örneklerde gözlenen tekstürler tipik schlieren tekstürüdür. Bu tekstürler nematik mezofazına özgüdür ve literatürde pek çok araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Hoffman vd., 1987; Hertel ve Hoffman, 1988; Kuzma vd., 1997; Simpaio vd., 2004; Nesrullajev ve Oktik, 2007; Özden ve Nesrullajev, 2010; Nesrullajev, 2010; Nesrullajev, 2014; Özden ve Nesrullajev, 2015). Schlieren tekstürleri nokta ve çizgi disklinasyonları ve inversiyon duvarları içeren polikristalik tekstürlerdir. N_{C1} ve N_{D1} örneklerin tekstürlerinde gözlenen şiyah şeritler inversiyon duvarlarıdır ve bu bölgeler N_C ve N_D mezofazının homojenliğinin bozulduğu kısımlardır. N_D mezofazının schlieren oluşumların boyutları, N_C mezofazının schlieren oluşumlarından daha küçüktür. Şekil 4.30.'da gözlenen inversiyon duvarları N_D mezofazında küçük olmasına karşın birim alandaki tekil noktaların sayısı oldukça yüksektir. Schlieren tekstürünün özellikleri incelenirken içerdiği schlieren oluşumların sıklığına ve bu schlieren oluşumların başladığı tekil noktaların disklinasyon güçlerine

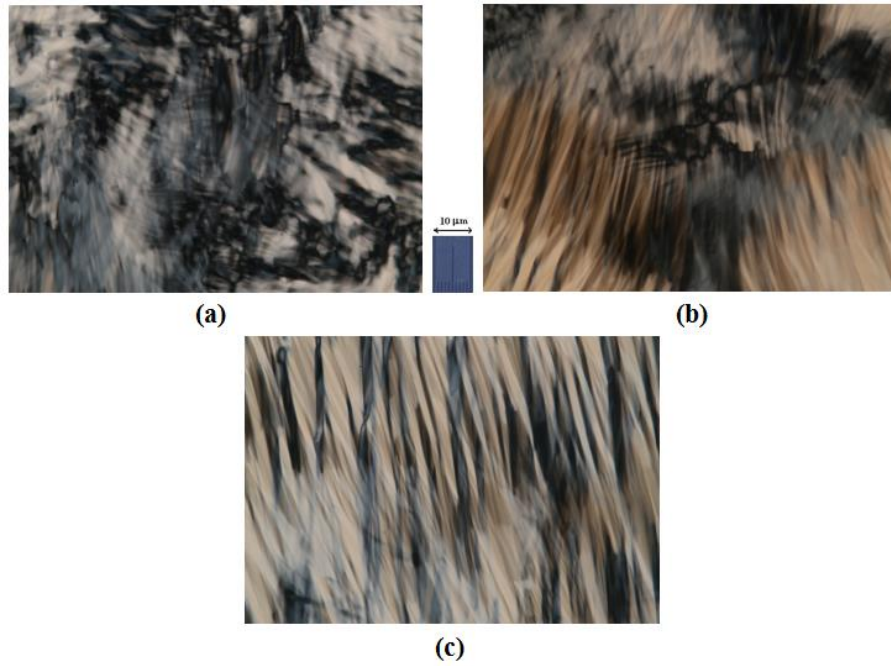
(S) bakılır. Şekil 4.30.'da görüldüğü üzere N_C mezofazın disklinasyon gücü $S = \frac{1}{2}$ iken, N_D mezofazında $S = 1$ 'dir.

Şekil 4.30.'da görüldüğü üzere N_C mezofazın çubuksu ve N_D mezofazın disk biçimli misellerin şematik görünümü Şekil 4.31.'de verilmektedir.

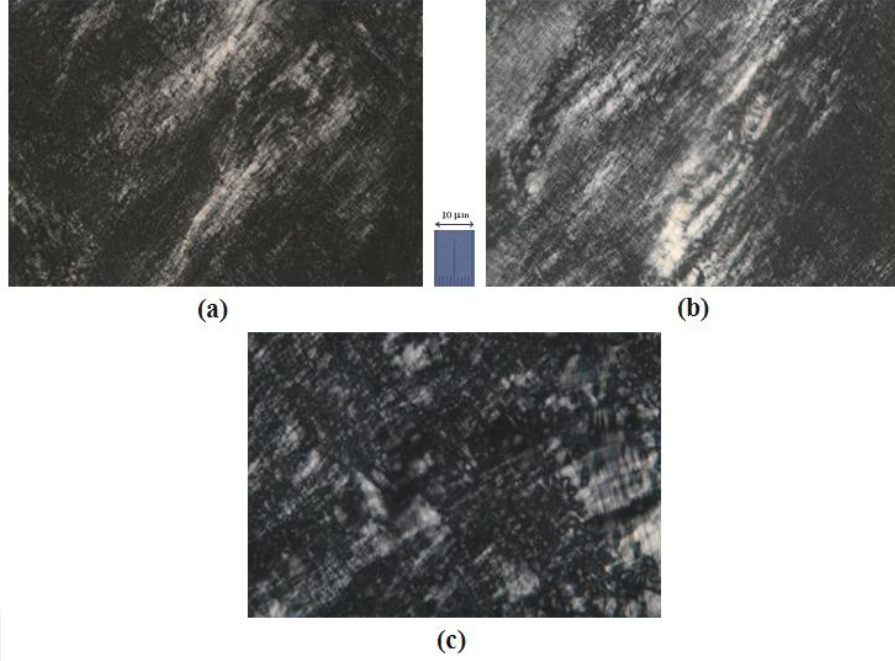


Şekil 4.31. N_C (a) ve N_D (b) mezofazların çubuksu ve disk biçimli misellerin şematik görünümü (Nesrullejev, 2010).

Şekil 4.32.'de N_{C1} ve N_{D1} örneklerin manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.32. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan N_{C1} örneğinin zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra.

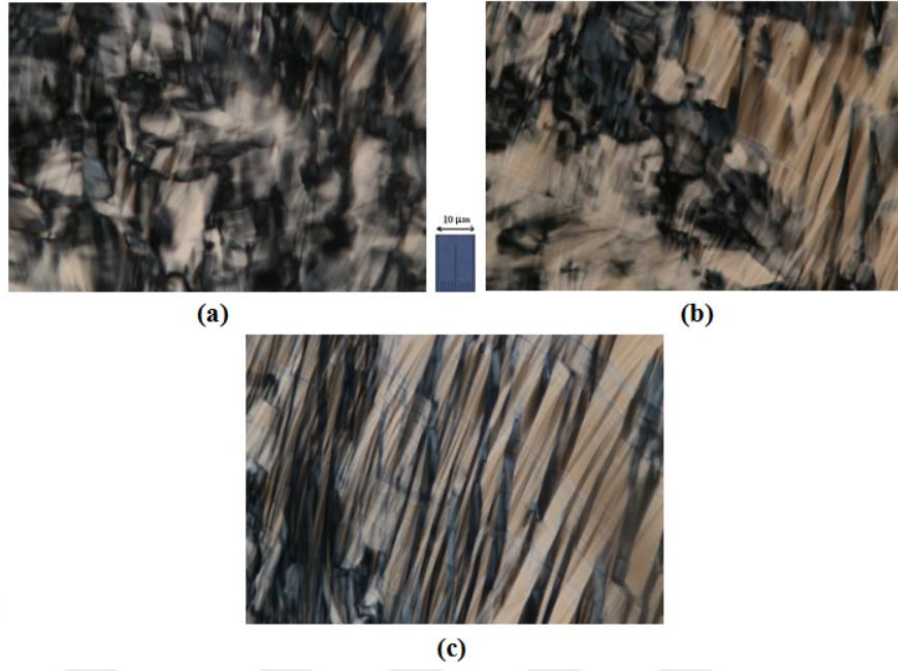


Şekil 4.33. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan N_{D1} örneğinin zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra.

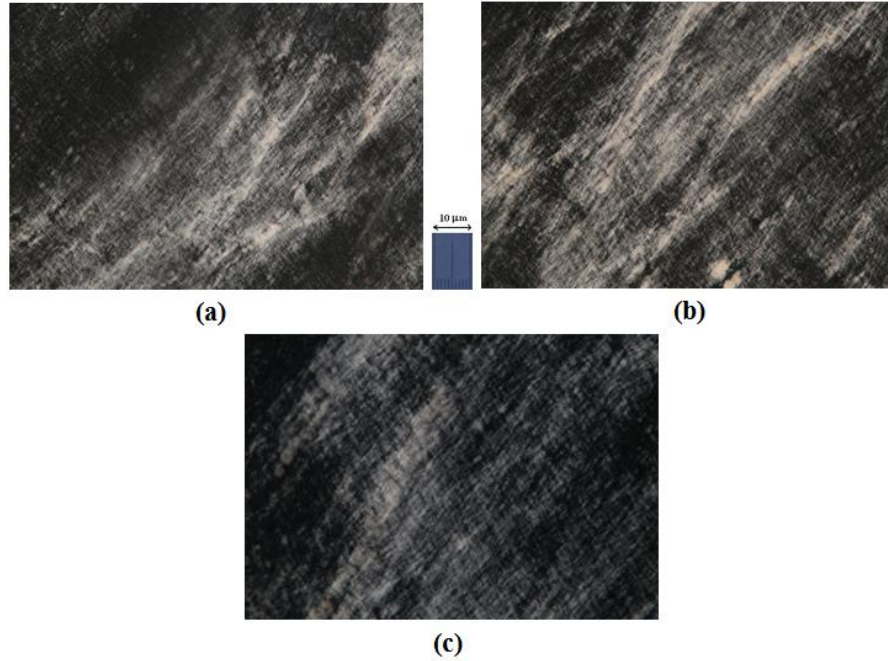
Şekil 4.32.'de gösterilmiş olan N_{C1} örneğinin tekstürlerinde zamanla morfolojik değişimler gözlenmiştir. Farklı zamanlardaki schlieren tekstürlerinde tekil noktalar ve inversiyon duvarları görünmektedir. 72 saat sürede N_{C1} örneğindeki tekil noktalar sıklaşmakta ve inversiyon duvarların genişliği daralmaktadır (Şekil 4.32c.). Zamanla tekstür değişimi olmasına karşın schlieren tekstürün tür özelliği değişmemiştir.

Şekil 4.33.'de gösterilmiş olan N_{D1} örneğinin tekstürlerinde zaman içerisinde belirgin değişimler gözlenmemiştir. N_{C1} örneğinde görüldüğü gibi, N_{D1} örneğinin schlieren tekstürlerinde farklı zamanlarda tekil noktalar ve inversiyon duvarları görünmektedir. N_{D1} örneğinin zamanla schlieren tekstürün tür özelliği değişmemiştir. Bu durum TDTMABr+H₂O liyotropik sisteminde N_C mezofazın ve TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde N_D mezofazın tekstürlerinin manyetik alan etkisi olmadan zamanla değişmediği ve kararlı olduğu ile açıklanabilmektedir (Şekil 4.32. ve Şekil 4.33.).

Şekil 4.34. ve 4.35.'de ise N_{C1} ve N_{D1} örneklerin manyetik alan etkisi altında bulunan zamana bağlı tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.34. Manyetik alan etkisi altında bulunan N_{c1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.



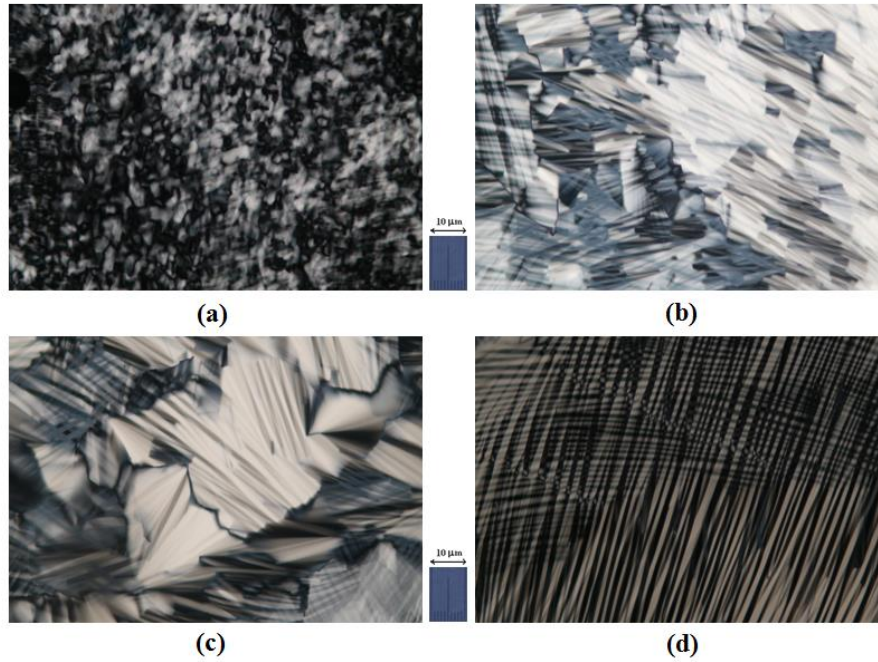
Şekil 4.35. Manyetik alan etkisi altında bulunan N_{D1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Şekil 4.34. ve 4.35.'de görüldüğü üzere N_{c1} ve N_{D1} örneklerinin zaman içinde ve manyetik alan etkisi altında değişimi, Şekil 4.32. ve 4.33.'de gösterilen değişimlere çok benzerdir. Bu durum N_C ve N_D mezofazların tekstür karakterinin hem zamanla

hemde manyetik alanın etkisiyle değişmediği ile açıklanabilmektedir. Başka bir deyişle, TDTMABr+H₂O liyotropik sisteminde N_C mezofazın ve TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde N_D mezofazın morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri zaman içinde kararlıdır.

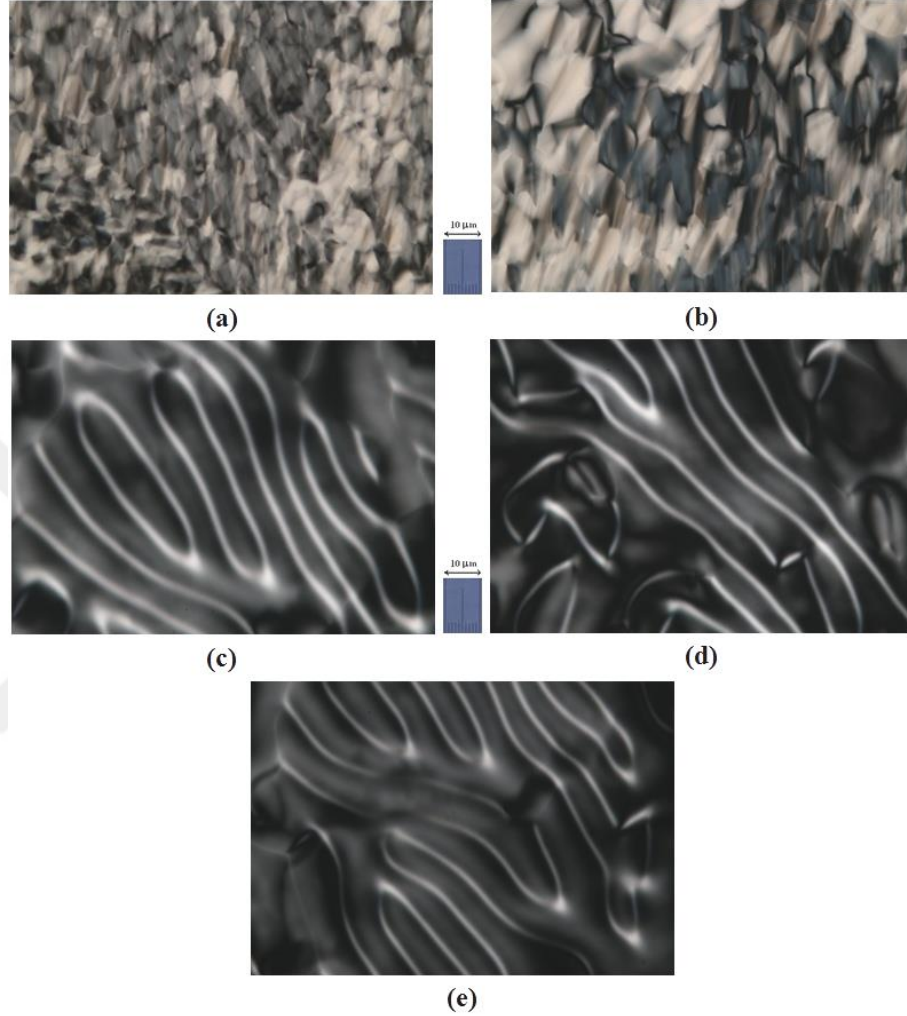
TDTMABr+H₂O liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde N_C mezofazın morfolojik özelliklerinde oldukça ilgi çekici ve önemli etkiler gözlenmektedir. %0.10 ÷ %1.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde N_C mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde bir etkisi olmamıştır. %1.00 konsantrasyon oranında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde (T_{NC1} örneği) oldukça ilgi çekici sonuçlar gözlenmiştir.

şekil 4.36.'da T_{NC1} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. şekil 4.36.'da görüldüğu üzere, T_{NC1} örneği schlieren oluşumlara sahip bir tekstür sergilemiştir. Schlieren tekstüründe oluşan tekil noktalar ve inversiyon duvarları T_{NC1} örneğinde görünmektedir (şekil 4.36a.). Bununla birlikte, zaman içinde schlieren oluşumları, konfokal (yelpaze tür) tür oluşumlara dönüşmüştür (şekil 4.36b. ve şekil 4.36c.). T_{NC1} örneğinin 72 saat tekstürüne bakıldığında ise kristal yapı gözlenmiştir (şekil 4.36d.).



Şekil 4.36. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{NC1} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.37.'de ise T_{NC1} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan zamana bağlı tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.37. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{NC1} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde, e) 72 saat alan etkisinde.

%1.00 konsantrasyon oranında TA eklenmesi ile oluşan T_{NC1} örneğinde manyetik alanın etkisi ile spagetti tür tekstür (kiral yapı) gözlenmiştir (Şekil 4.37.). Şekil 4.37.'de görüldüğü üzere 1 saat ve 5 saat manyetik alan etkisi altında schlieren tür tekstür sergilerken, 24 saat manyetik alan etkisi altında kalan örnekte spagetti tür tekstür dönüşümü gözlenmiştir. Daha sonra, uzun süre manyetik alan etkisi altında kalan örneğin tekstürü değişmemiştir. Böylece, %1.00 TA katkılı

TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde kolesterik Ch_C mezofazı elde edilmiştir. Değerlendirmeler gösterdiler ki, bu örneğin spiral adımı 103.9 µm'dir.

Sıvı kristallerde kiral katkı ile elde edilen kolesterik mezofazlarla ilgili son 30 yılda birçok bilimsel çalışmalar yapılmıştır. Sıvı kristallerin özel bir türü olan liyotropik sıvı kristallerde ise kolesterik mezofaz ile ilgili literatürde pek çok araştırmacılar tarafından çalışmalar mevcuttur. Optiksel etkin sürfaktanın eklenmesi ile liyotropik kolesterik yapının oluşması ilk kez Acimis ve Reeves (1980)'in yapmış olduğu çalışmada görülmüştür. Bu çalışmada, α-alanin hidroklorid desilester+H₂O+Na₂SO₄ sisteminde diskotik kolesterik mezofaz (Ch_D) gözlenmiştir ve disk biçimli misellerin optiksel eksenini manyetik alana dik olarak yönelmiştir. Radley ve Saupe (1978)'nin yapmış olduğu çalışmalarda ise liyotropik nematik mezofaza çeşitli optiksel etkin malzeme (brusin sülfat, tartarik asit, kolesterol) eklenmesi (kiral katkı) ile liyotropik kolesterik mezofaz elde edilmiştir. Bu çalışmaların ardından çok-bileşenli liyotropik sistemlerde araştırmalar yapılmış ve sonuçlar tartışılmıştır (Hashimoto ve ark., 1981; Forrest vd., 1981; Lee vd., 1982; Lee vd., 1983; Lee vd., 1984; Alcantara vd., 1986; Sonin, 1987; Valente vd., 1988; Ernst vd., 1990; Onogi vd., 1990; Bonazzi vd., 1991; Cai vd., 1992; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001).

Liyotropik nematik mezofaza gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.01 ÷ %1.00) kiral katkının eklenmesi ile liyotropik kolesterik mezofaza Ch geçen bir çok çalışmalar bulunmaktadır (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). Bilindiği üzere, nematik mezofazda küçük bir miktarda kiral katkının eklenmesi ile makroskopik olarak helisel (spiral) yapı oluşabilir. Bu etki dairesel dikroizm (CD), optiksel dönme ve helisel dönme gücünü (HTP) kapsayan kiralite ölçümleri ile açıklanabilir. CD ve optiksel dönme kiral izotropik fazda ölçülebilirken, HTP sadece anizotropik mezofaz yapıya sahip (özellikle kolesterik nematik mezofaz ve kolesterik smektik mezofaz) sıvı kristal sistemlerde tanımlıdır (Osipov ve Kuball, 2001).

Kolesterik nematik Ch mezofazda yönelimin helisel dağılımı, *p* kiral yapının adım uzunluğu ile karakterize edilir. Kiral katkının $c_a \ll 1$ küçük konsantrasyonlarında

adım uzunluğunun tersi p^{-1} , c_a ile orantılıdır. Bu durumda helisel dönme gücü HTP denklem (4.5) ile tanımlanır;

$$HTP = \left. \frac{\partial p^{-1}}{\partial c_a} \right|_{c_a} = 0 \quad (4.5)$$

CD ve HTP değerleri doğrudan deneysel olarak ölçülebilir (Snatzke vd., 2000; Heppke ve Oestreicher, 1978). Bu parametreler, kiral katkının enantiyomeri değiştiği zaman işaret değiştirir.

HTP ifadesi, sarmal yapının adım uzunluğuna bağlı Frank-Oseen'in serbest enerji yoğunluğu denklemi ile daha detaylı olarak açıklanabilmektedir;

$$g = k_2 \frac{2\pi}{p} + \frac{1}{2} k_{22} \left(\frac{2\pi}{p} \right)^2 \quad (4.6)$$

şeklindedir. Burada p sağa doğru dönme durumunda ise pozitif, sola doğru dönme durumunda ise negatif işaretlidir. Denlemde k_2 ve k_{22} parametreleri elastik sabitlerdir. Denge durumunda ($g = 0$) dönme, denklem (4.7) 'de verilen ifadeye dönüşür;

$$\frac{1}{p} = - \frac{k_2}{2\pi k_{22}} \quad (4.7)$$

Liyotropik sıvı kristal malzemenin konsantrasyonu Δc_i değiştiği zaman, k_2 ve k_{22} sabitleri elde edilen malzemenin kompozisyonuna bağlı olarak değişir. Bu durumda lineer yaklaşım altında elastik sabitler (Radley ve Saupe, 2006) ;

$$k_2 \approx k_{2,0} + \sum_i \frac{\partial k_2}{\partial c_i} \Delta c_i \quad \text{ve} \quad k_{22} \approx k_{22,0} + \sum_i \frac{\partial k_{22}}{\partial c_i} \Delta c_i \quad (4.8)$$

şeklindedir. Liyotropik nematik mezofaza optiksel etkin malzeme eklenmesi ile oluşan etkiye bakıldığında, optiksel etkin malzeme eklenmeden önceki konsantrasyonu c_i ile temsil edilirse bu durumda, $k_{2,0} = 0$ ve $\partial k_2 / \partial c_i = 0$ olur. Liyotropik sıvı kristal sisteme optiksel etkin malzeme ekledikten sonraki konsantrasyonu c_a ile temsil edilirse genellikle $\partial k_2 / \partial c_a \neq 0$ 'dır. Bu durumda birinci mertebede ifade;

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{2\pi k_{22}} \frac{\partial k_2}{\partial c_a} c_a \quad (4.9)$$

şeklindedir. $c_a \rightarrow 0$ durumunda $1/p c_a \rightarrow (1/2\pi k_{22})(\partial k_2/\partial c_a)$ olacaktır. Bu limit termotropik sıvı kristallerde de tanımlandığı üzere dönme gücü olarak adlandırılır (Stegeyemer, 1974; Bak, 1975; Adams ve Haas, 1975; Radley ve Saupe, 2006).

Optiksel olarak etkin malzemenin eklenmesi k_2 elastik sabiti üzerinde birinci mertebe etkiye sahiptir ve denge durumunda kolesterik mezofaz Ch küçük konsantrasyon oranlarında bile gözlenebilir. Buna karşın optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan karmaşık çok bileşenli liyotropik sistemde sandviç-hücredeki sıvı kristal örneklerin bazılarında helisel yapı sınır şartları tarafından bastırılabilir ve kolesterik mezofaz Ch (kiral yapı) oluşmayabilir (Radley ve Saupe, 2006).

Liyotropik sıvı kristallerde dönmenin kiralitesi, sandviç-hücreye dikey yönde uygulanan manyetik alan sonucunda elde edilen spagetti tür tekstürün dönme gücü yeteneğinden belirlenir. Bu durumda optiksel etkin malzemenin konsantrasyonuna bağlı olarak adım uzunluğunun belirlenmesi ile kolesterik mezofazın helisel dönme gücü sabit sıcaklıkta belirlenebilir (Dörfler ve Göpfert, 2000; Wei Ko ve ark., 2009);

$$(HTP)_T = \frac{1}{p c_a} \quad (4.10)$$

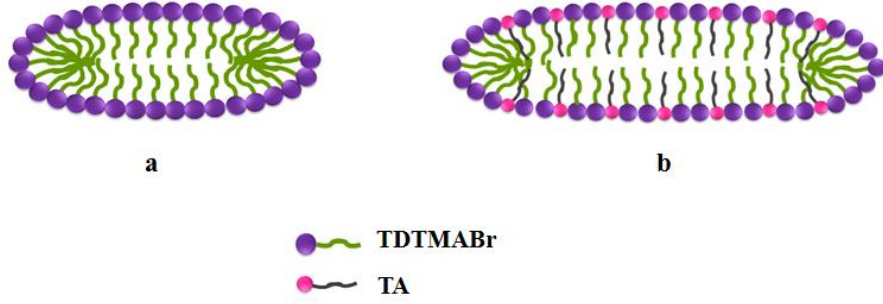
Burada c_a , mol cinsinden optiksel etkin malzemenin % konsantrasyonudur. %1.00 konsantrasyon oranında TA eklenmesi ile oluşan T_{NC1} örneğinin spiral adımı $p = 103.9 \mu m$ ve sabit sıcaklıkta helisel dönme gücü $(HTP)_T = 26.0 \text{ mol}^{-1} \mu m^{-1}$ dir.

Şekil 4.38.'de kiral yapının helisel eksen yönünü, dış manyetik alanın yönünü ve kiral yapının adım uzunluğunu, p gösteren şematik gösterimi verilmektedir.



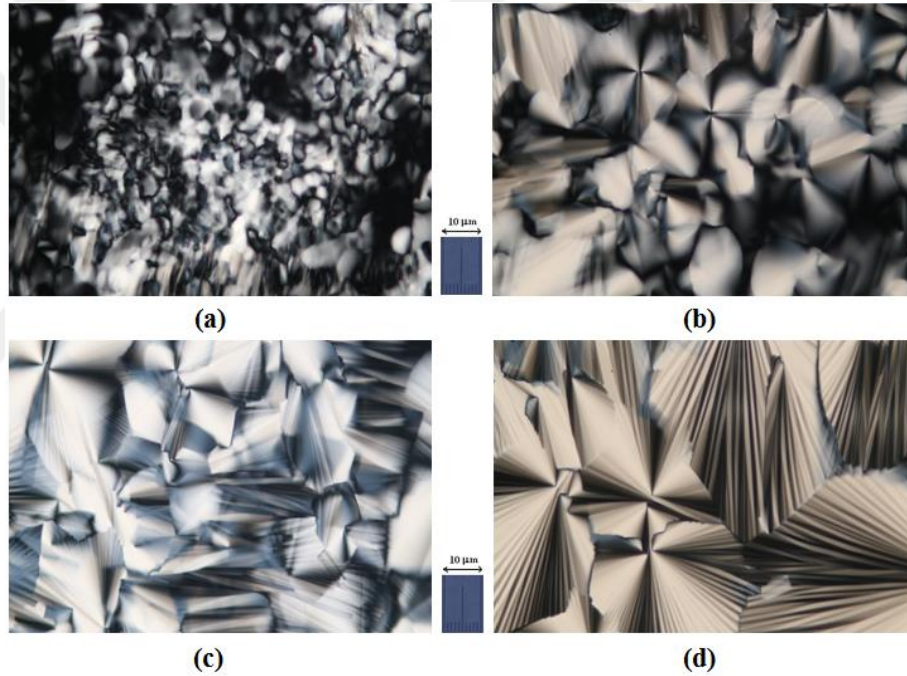
Şekil 4.38. Kiral yapının helisel eksen yönünü, dış manyetik alanın yönünü, \vec{B} ve kiral yapının adımını, p gösteren şematik gösterim.

Şekil 4.39.'da şematik olarak TA katkısı olmayan ve TA katkılı olan N_C mezofazın sonlu uzunluklu çubuksu miselleri gösterilmiştir.



Şekil 4.39. TDTMABr+H₂O (a) ve TDTMABr+H₂O+TA (b) liyotropik sistemlerde sonlu uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi.

%2.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde (T_{NC2}-T_{NC5} örnekleri) N_C mezofazın morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri incelenmiştir.

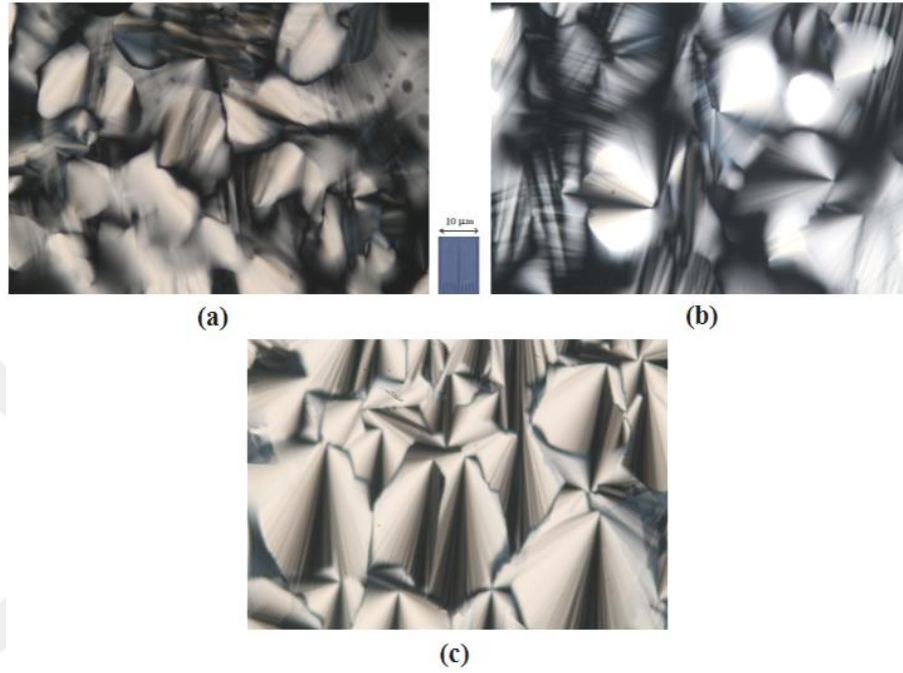


Şekil 4.40. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{NC3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.40.'da bir örnek olarak, T_{NC3} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Kaydedelim ki, T_{NC3} örneği, manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{NC1} örneğine benzer schlieren oluşumlara sahip tekstür sergilemektedir. Şekil 4.40.a' da görüldüğü üzere T_{NC3} örneğinin schlieren disklinasyon gücü $S = \frac{1}{2}$ 'dir. T_{NC3} örneğinin zamanla morfolojik değişimlerine bakıldığında ise zamanla tekstür dönüşümü gerçekleşmiştir.

T_{NC3} örneğinin başlangıçta shlieren tekstürü zaman içinde bu mezofaza özgü olmayan konfokal (yelpaze tür) oluşumlu tekstüre (Şekil 4.40b. ve Şekil 4.40c.) ve kristal yapıya (Şekil 4.40d.) dönüşmüştür.

Şekil 4.41.'de T_{NC3} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan zamana bağlı tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.41. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{NC3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde ve c) 72 saat alan etkisinde.

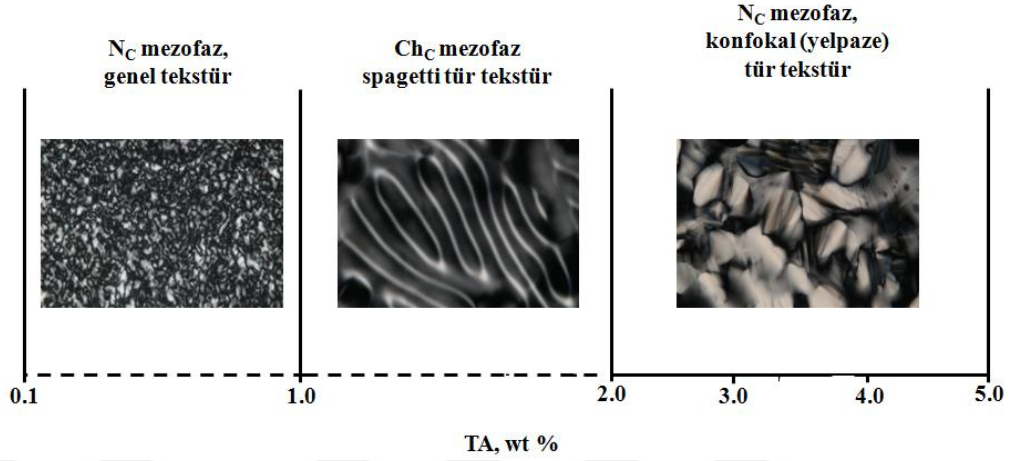
Şekil 4.41.'de görüldüğü üzere, T_{NC3} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki tekstür dönüşümlerine bakıldığında T_{NC1} örneğinden çok farklı tekstür türü sergilediği görülmektedir (Şekil 4.37.). Diğer bir deyişle, T_{NC1} örneğinde manyetik alan etkisi altında Ch_C mezofazına özgü spagetti tür tekstür gözlenirken, T_{NC3} örneğinde ise N_C mezofazına özgü olmayan konfokal (yelpaze) tür tekstür gözlenmiştir.

Literatürde optiksel etkin malzemenin gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.01 ÷ %1.00) kolesterik kalamitik Ch_C mezofaz gözlenirken, TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde ise sadece %1.00 konsantrasyon oranına sahip T_{NC1} örneğinde Ch_C mezofaz elde edilmiştir (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). Burada optiksel etkin malzeme olarak kullanılan tartarik asitin aktif

karbon atomları sayısı yalnızca 2' dir. Tartarik asitin aktif karbon sayısının az olması liyotropik sistemin düşük dönme etkisine sahip olduğunu ve Ch_C mezofazın elde edilememesi sonucunu açıklamaz. Burada kiralitenin oluşması için dikkate alınması gereken parametre helisel dönme gücüdür. Kiral yapıyı belirleyen bu parametre, liyotropik sisteme optiksel etkin malzemenin ilave edilme şekline bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Literatürde tartarik asitin suda kolayca çözünebildiği ve misellerdeki molekül fraksiyonuna etkisinin çok küçük ($\kappa \ll 1$) olduğu bilinmektedir (Radley ve Saupe, 2006). Dolayısı ile tartarik asitin çoğunun sulu fazda molekül olarak kalması, kolesterik mezofaz oluşmasında çok küçük bir yönelim etkisi göstermesine sebep olmaktadır. Diğer bir deyişle, TA eklenmesi ile elde edilen liyotropik sistemde TA'in sadece çok küçük bir kısmı misellere dahil olduğundan dolayı bu durum etkin dönme gücünün çok küçük olmasına ve kolesterik mezofazın oluşmamasına neden olmaktadır. Bu nedenle bizim çalışmamızda optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sistemde sadece bir örnekte Ch_C mezofazın gözlenmesi bu durum ile açıklanabilir.

Ayrıca $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sisteminde sadece T_{NC1} örneğinde Ch_C mezofazının gözlenmesi, Radley ve Saupe'nin (2006) yapmış olduğu çalışma ile de açıklanabilmektedir: Radley ve Saupe (2006) yapmış olduğu çalışmada, amfifil+DeOH+ H_2O liyotropik sistemindeki nematik mezofaza optiksel etkin malzemenin (kolesterol, TA ve brusin sülfat) etkisini araştırmışlardır. Bunun sonucunda üç farklı liyotropik sisteme optiksel etkin malzeme eklenmesi ile nematik mezofazdan kolesterik mezofaza faz geçişin olduğunu gözlemlemiş ve kiral yapıyı belirleyen helisel dönme gücünün en yüksek brusin sülfat iken, en düşük ise TA olduğunu belirlemişlerdir (Radley ve Saupe, 2006). Bununla birlikte amfifil+DeOH+ H_2O +brusin sülfat liyotropik sisteminde 14 farklı konsantrasyon oranında nematik mezofazdan kolesterik mezofaza faz geçişi gözlemlerken, amfifil+DeOH+ H_2O +TA liyotropik sisteminde ise sadece 3 farklı konsantrasyon oranında nematik mezofazdan kolesterik mezofaza faz geçişi gözlemlendiğini belirlemişlerdir (Radley ve Saupe, 2006). Elde ettikleri bu sonucun bizim çalışmamızda $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sisteminde sadece bir örnekte Ch_C mezofazın gözlemlendiği sonucu ile açıklayabiliriz.

TDTMABr+H₂O liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde (T_{NC1}-T_{NC5} örnekleri) TA' in konsantrasyonuna bağlı N_C mezofazı için diyagram Şekil 4.42.' de verilmektedir.

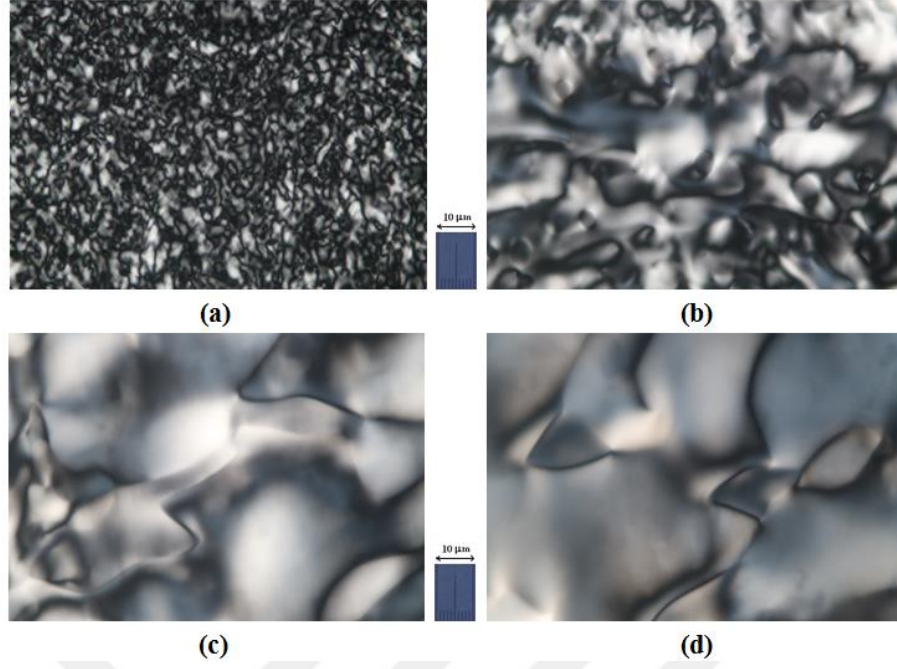


Şekil 4.42. TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde TA konsantrasyonuna bağlı N_C mezofazın morfolojik durumu.

TDTMABr+H₂O liyotropik sisteme optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemde nematik N_C mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça ilgi çekici ve önemli etkiler gözlenmektedir. %0.10 ÷ %1.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemde N_C mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde bir etkisi olmamıştır.

%1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemde (W_{NC1}-W_{NC5} örnekleri) N_C mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça önemli ve ilgi çekici sonuçlar gözlenmiştir.

Şekil 4.43.'de bir örnek olarak, W_{NC4} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.43a.'da görüldüğü üzere W_{NC4} örneği tipik schlieren tekstür davranışı sergilemektedir. W_{NC4} örneğinde manyetik alan etkisi bulunmayan zamana bağlı tekstürlerine bakıldığında, zamanla schlieren oluşumların bir araya gelerek büyüdüğü, inversiyon duvarların genişliğinin daraldığı ve tekil noktaların sayısının ve hacimsel yoğunluklarının azaldığı görülmektedir (Şekil 4.43b., Şekil 4.43c., Şekil 4.43d.). Zaman içinde alanlar artarak genişlemekte ve planar tekstür oluşmaktadır. Şekil 4.43.'de görüldüğü üzere W_{NC4} örneğinin zamanla manyetik alan etkisi olmadan schlieren tekstür türü değişmemiştir.

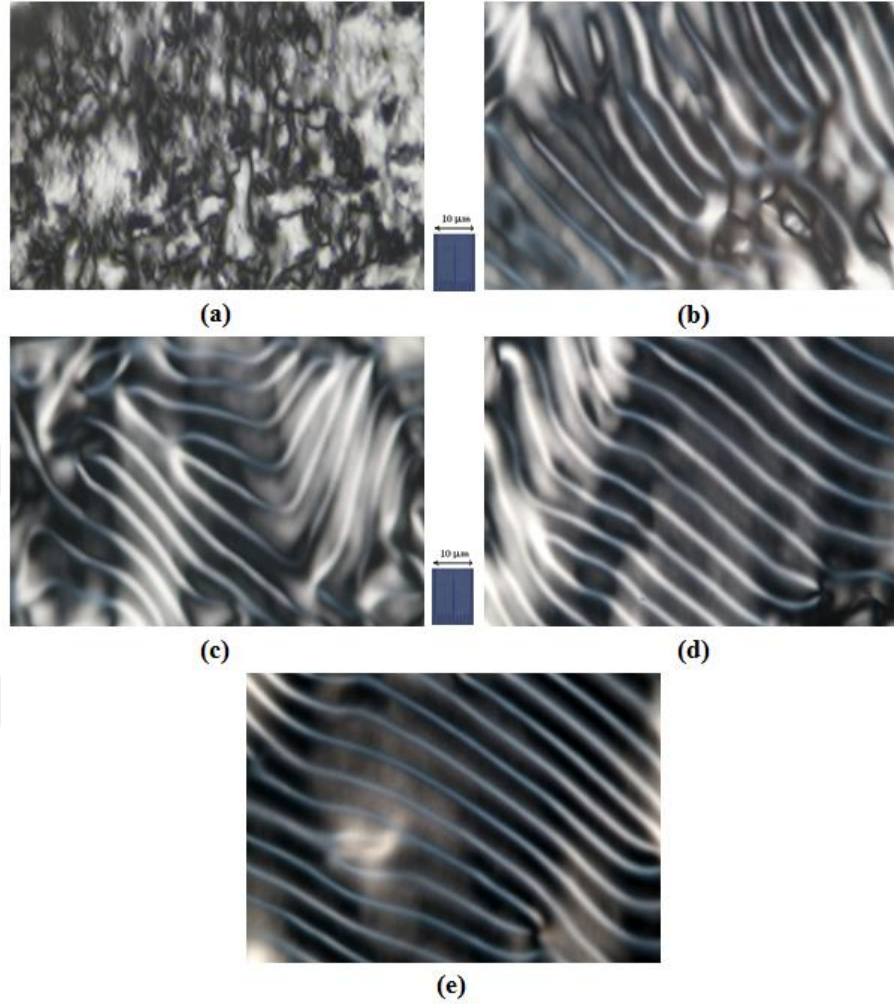


Şekil 4.43. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{NC4} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.44.'de ise W_{NC4} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan tekstür dönüşümleri verilmektedir.

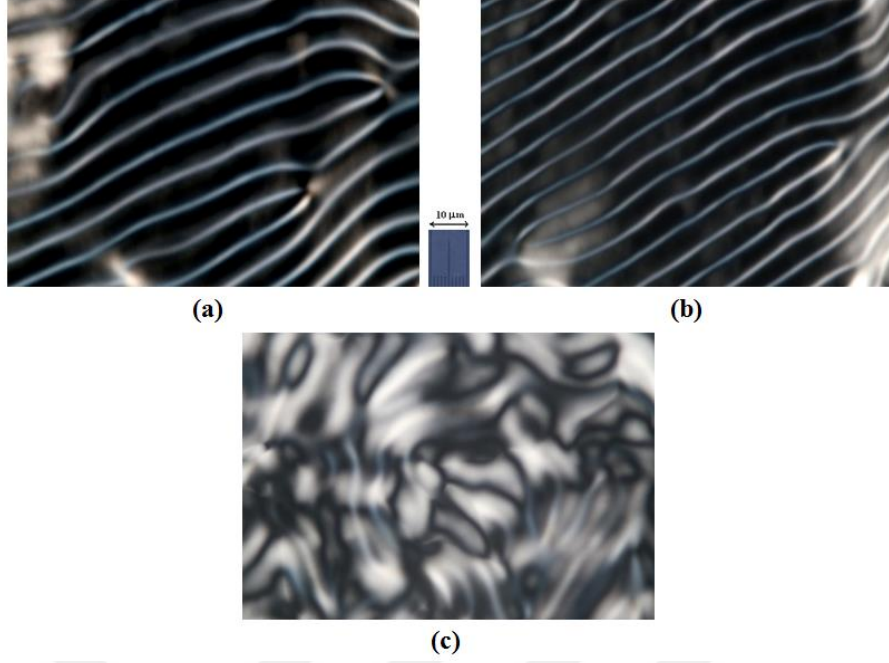
%1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemde (W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri) manyetik alanın etkisi ile spagetti tür tekstür (kiral yapı) gözlenmiştir (Şekil 4.44.). Şekil 4.44.'de görüldüğü üzere 1 saat manyetik alan etkisi altında schlieren tür tekstür sergilerken, 5 saat manyetik alan etkisi altında spagetti tür tekstür sergilemektedir. Bu spagetti tür tekstürler, 24 saat manyetik alan etkisi altında tamamlanmış ve daha sonra zamanla manyetik alan etkisi gözlenmemiştir. Daha öncede belirtildiği üzere, literatürde optiksel etkin malzemenin gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.01 ÷ %1.00) N_C mezofazında kiral yapı gözlenirken, TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde bu oran yetersiz kalmıştır (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemde optiksel etkin malzeme olarak kullanılan WA, TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde optiksel etkin malzeme olarak kullanılan TA'den farklı olarak %1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında kiral yapı (Ch_C mezofazı) sergilemektedir. Bu durum, liyotropik sisteme eklenen optiksel etkin malzemenin miselleri oluşturan yapıya (çubuksu yada disk

biçimli) ne kadar molekülün (misellerdeki molekül fraksiyonu, κ) katıldığı ile ilişkilidir. Dolayısıyla Ch_C kiral yapının elde edilmesini belirleyen etkin dönme gücü, optiksel etkin malzeme olarak kullanılan WA için %1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında (W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri) sağlanmıştır.



Şekil 4.44. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{NC4} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde ve e) 72 saat alan etkisinde.

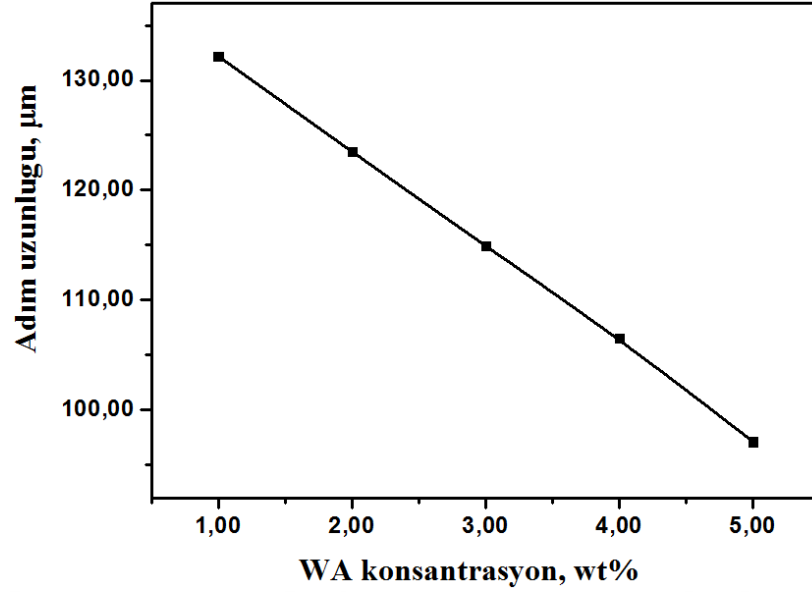
Şekil 4.45.'de spaghetti tür tekstür sergileyen W_{NC4} örneğinin manyetik alan etkisi altından hemen çıktıktan sonra ve zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.45. W_{NC4} örneğinin a) manyetik alan etkisinden çıktıktan hemen sonra, b) manyetik alan etkisinden çıktıktan 1 saat sonra, c) manyetik alan etkisinden çıktıktan 2 saat sonra. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.45.'de, W_{NC4} örneği manyetik alan etkisinden çıktıktan 2 saat sonra spagetti tür tekstürden (Ch_C mezofaz) schlieren tür tekstüre (N_C mezofaz) dönüşümü ve magneto-morfolojik transformasyonları gözlenmiştir. Bu husus N_C mezofazında spagetti tür tekstürün (kiral yapı) oluşmasında manyetik alan etkisinin önemini göstermektedir. Ayrıca, bu sonuçlar manyetik alanın etkisi kaldırıldıktan sonra Ch_C mezofaz- N_C mezofaz yapısal faz geçişin meydana gelmesini göstermektedir.

Şekil 4.46.'da W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun, optiksel etkin WA malzemenin konsantrasyonu ile değişimi verilmiştir.



Şekil 4.46. W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun optiksel etkin WA malzemenin konsantrasyonu ile değişimi.

Şekil 4.46.'da görüldüğü üzere, WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak kiral yapının adım uzunluğu değerleri azalmıştır. Diğer bir deyişle, W_{NC1} - W_{NC5} örneklerde optiksel etkin malzemenin konsantrasyonun artması ile optiksel etkinlikleri artmaktadır. Nematik N_C mezofazında kiral katkının bu etkisi, çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Literatürde N_C ve N_D nematik mezofazlarda optiksel etkin malzemenin konsantrasyonun artması ile oluşan Ch_C ve Ch_D mezofazın adım uzunluğu azalmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Dörfler, 2002). Aynı durum W_{NC1} - W_{NC5} örneklerindeki Ch_C mezofazın adım uzunluğu için de geçerlidir (Şekil 4.46.). N_C mezofazını meydana getiren çubuksu misellerin uzunluğu, Ch_C mezofazının çubuksu misellerin uzunluğundan çok daha küçüktür.

Çizelge 4.10. W_{NC1} - W_{NC5} liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı helisel dönme gücü (HTP) değerleri

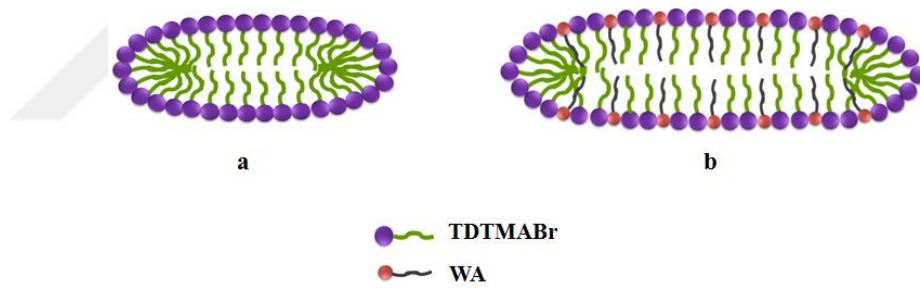
Örnek No	HTP ($\mu\text{m}^{-1}\text{mol}^{-1}$)	c (10^{-3} mol)	p (μm)
W_{NC1}	20.44	0.37	132.2
W_{NC2}	10.80	0.75	123.5
W_{NC3}	7.77	1.12	114.9
W_{NC4}	6.30	1.49	106.5
W_{NC5}	5.54	1.86	97.1

Çizelge 4.10.'da W_{NC1} - W_{NC5} liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı olarak helisel dönme gücü (HTP) değerleri verilmektedir.

Yukarıdaki çizelgede verilen spiral adımlar, bilinen Ch_C mezofazlardan daha büyüktür (Sonin, 1987; Hiltorp, 2001). Spiral adımın uzunluklarındaki bu fark, amfifil malzemenin molekül uzunluğundan ve hidrofilik kafanın türünden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, spiral adımın büyüklüğü optiksel katkının türüne çok bağlıdır. Bu Ch_C mezofazın spiral adımı E mezofazındakinden daha küçüktür (Bakınız Çizelge 4.13.). Bu husus, N_C ve E mezofazların misel boyutlarının farklı büyüklüğe sahip olduklarından kaynaklanmaktadır.

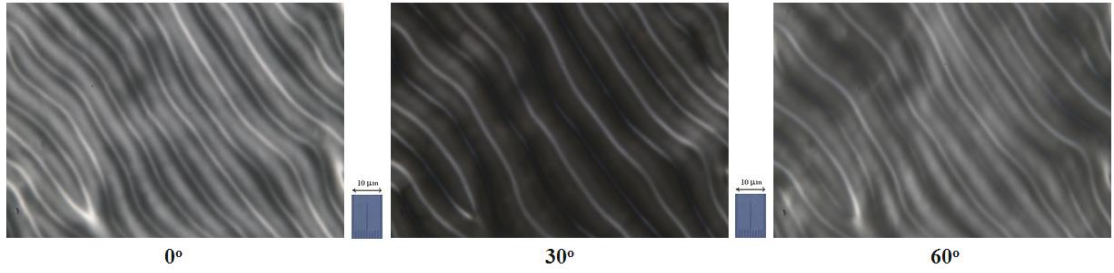
Çizelge 4.10.'da görüldüğü üzere, WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak HTP değerleri, kiral yapının adım uzunluğunun konsantrasyona bağlı eğrisinde olduğu gibi azalan bir davranış sergilemiştir. HTP değerlerindeki bu farklılıklar, kiral yapıyı oluşturan misellerin uzunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000).

Şekil 4.47.'de şematik olarak WA katkısı olmayan ve WA katkılı olan N_C mezofazın sonlu uzunluklu çubuksu misellerin şematik görünüşü gösterilmiştir.



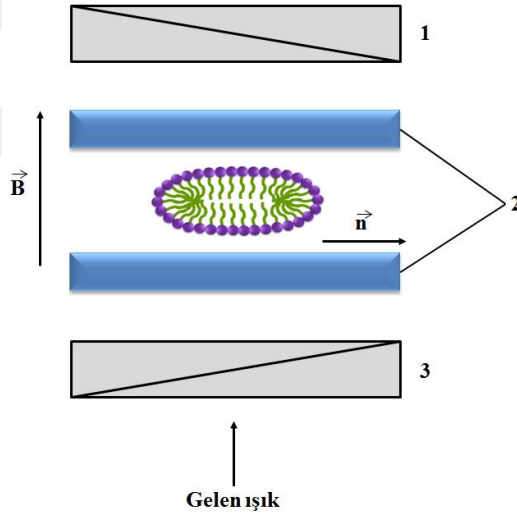
Şekil 4.47. TDTMABr+H₂O (a) ve TDTMABr+H₂O+WA (b) liotropik sistemlerde sonlu uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi.

Şekil 4.48.'de bir örnek olarak, W_{NC4} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan Ch_C mezofazın spagetti tür tekstürün optiksel haritası verilmektedir. Bu teknikte polarize optik mikroskobunda çapraz polarizörler arasına sandviç-hücre yerleştirilir; örnek sabit konumda iken çapraz konumda bulunan polarizörler birlikte belirgin açı ile döndürülür (Nehring ve Saupe, 1972; Zimmer, 1978; Zimmer, 1982). Böylece tekstürde mevcut olan oluşumların konumu ve morfolojik özellikleri, yönelmiş bölgelerin yönelim türleri, inversiyon duvarların türü ve yapısal özellikleri vb. incelenebilmektedir.



Şekil 4.48. Manyetik alan etkisinde bulunan W_{NC4} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. Çapraz konumda bulunan polarizörler sabit konumda bulunan örnek etrafında saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür.

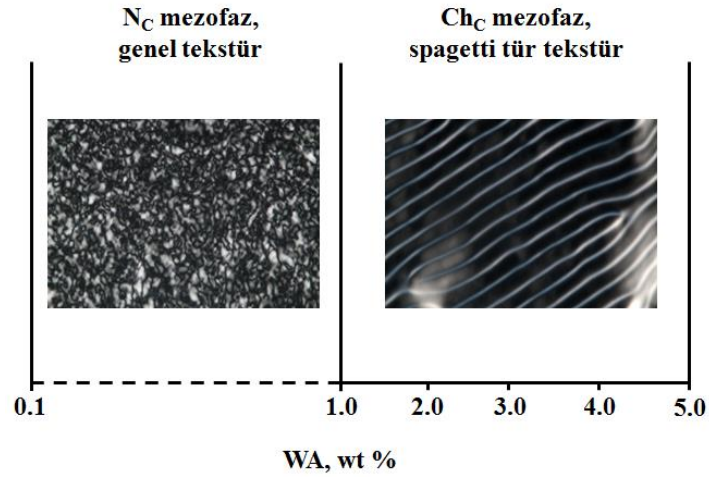
Şekil 4.48.'de görüldüğü gibi, spaghetti çizgilerin arasındaki mesafe sabit olduğu ve bu çizgilerin arasındaki bölgelerin planar yönelime sahip olduğu anlaşılmaktadır. Böylece, kiral yapıya sahip W_{NC4} örneğinin spiral adımı tüm örnek içinde sabittir. Ayrıca, planar yönelimin varolması, yani çubuksu misellerin yön vektörünün uygulanan manyetik alana dik olarak yönelmesi, söz konusu örneğin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 4.49.).



Şekil 4.49. N_C mezofazın çubuksu misellerin manyetik alandaki konumu yön vektörü \vec{n} 'nin ve dış manyetik alan \vec{B} 'in yönleri. 1-analizör, 2- sandviç-hücrenin referans yüzeyi, 3-polarizör.

İncelenen N_C mezofazın planar yöneliminin şematik gösterimi, mezofazın yön vektörü \vec{n} ve dış manyetik alan \vec{B} 'nin konumları Şekil 4.49.'da verilmektedir.

TDTMABr+ H_2O liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+ H_2O +WA liyotropik sisteminde (W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri) WA'nın konsantrasyonuna bağlı N_C mezofazı için diyagram Şekil 4.50.'de verilmektedir.



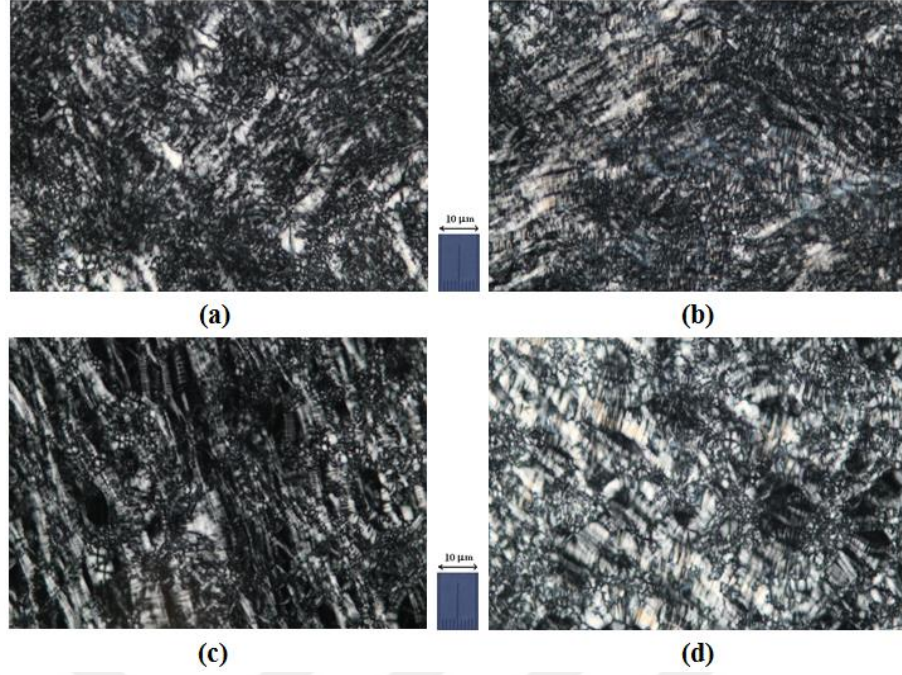
Şekil 4.50. TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde WA konsantrasyonuna bağlı N_c mezofazının morfolojik durumu.

Bu sonuçlar ışığında, TDTMABr+H₂O+TA ve TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemlerinde N_c mezofazının TA ve WA konsantrasyonuna bağlı çeşitli tekstürleri (özellik ve özgül olmayan) ve yapısal özelliklere sahip halleri elde etmek için etkin bir yol olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle %1.00 konsantrasyon oranında TA eklenmesi ile oluşan T_{NC1} örneğinde ve %1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan W_{NC1}-W_{NC5} örneklerinde Ch_c mezofaz elde edilmiştir. Bu durum N_c mezofazı için teknik ve teknolojik açıdan geniş uygulama ve çalışma imkanı sunmaktadır.

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteme optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemin (T_{ND1}-T_{ND7} örnekleri) nematik N_D mezofazın morfolojik özelliklerinde belirli etkiye sahip olduğu görülmüştür.

%0.30 ÷ %1.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde (T_{ND1}-T_{ND3} örnekleri) N_D mezofazının morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri incelenmiştir.

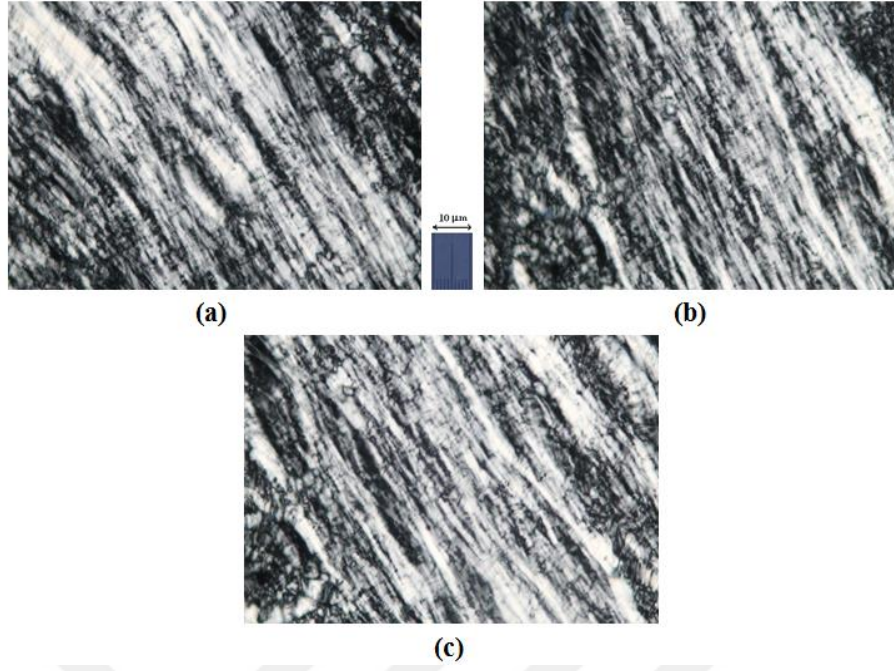
Şekil 4.51.'de bir örnek olarak, T_{ND3} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.51. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{ND3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.51a.'da görüldüğü üzere, T_{ND3} örneğinde N_D mezofazında schlieren tür tekstür elde edilmiştir. Schlieren tekstürlerinde zaman içerisinde tekil noktaların sayısının arttığı ve inversiyon duvarların daraldığı görülmektedir (Şekil 4.51b., Şekil 4.51c. ve Şekil 4.51d.).

Şekil 4.52.'de T_{ND3} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan tekstür dönüşümleri verilmektedir. Şekil 4.52.'de, T_{ND3} örneğinin dış manyetik alanın etkisi ile ipliksi ve noktasal oluşumların uzayarak filament tür oluşumlara dönüşümü gözlenmiştir. Burada N_D mezofazını oluşturan amfifil moleküllerin yön vektörü, \vec{n}' ne paraleldir. Bu sonuçlar ışığında T_{ND3} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki meydana gelen tekstüre ve manyetik alan etkisinde zamanla tekstür dönüşümüne bakıldığında, tekstür türünün değişmediği gözlenmektedir.

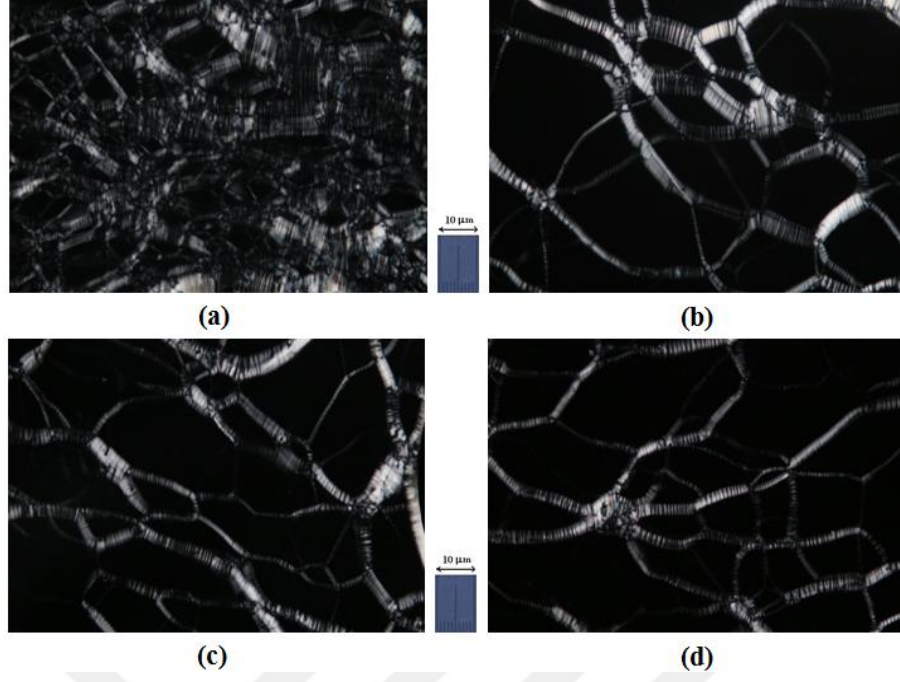


Şekil 4.52. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{ND3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

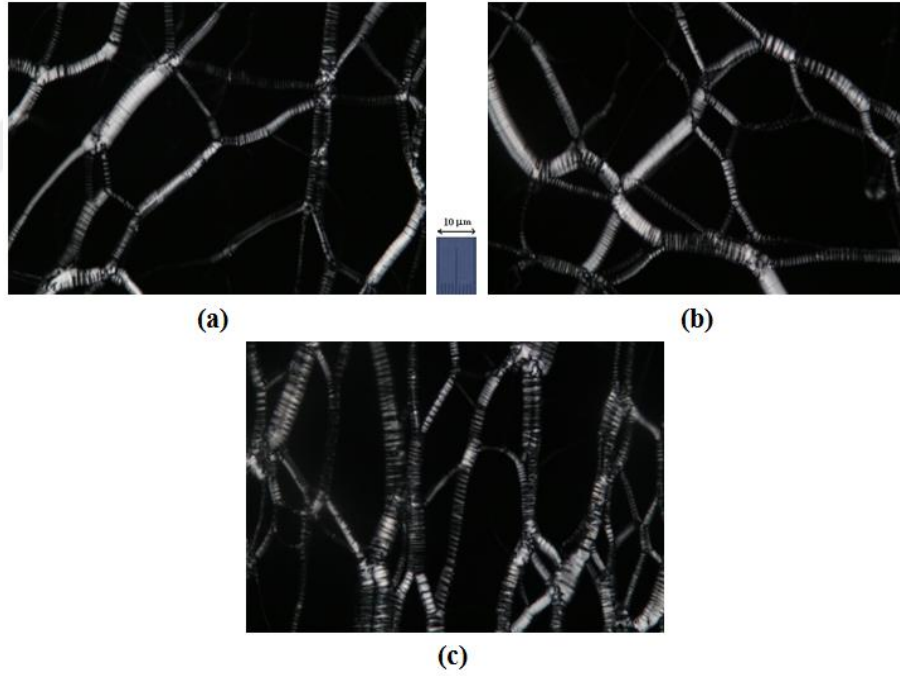
%2.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde T_{ND4}-T_{NC7} örneklerinde ilginç sonuçlar gözlenmiştir.

Şekil 4.53.'de bir örnek olarak, T_{ND5} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.54.'de ise T_{ND5} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan tekstür dönüşümleri verilmektedir.

Şekil 4.53a.'da, T_{ND5} örneğinde sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlar gözlenmiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde elde edilen bu tip tekstür dönüşümleri N_D mezofazına özgü değildir. T_{ND5} örneğinde 24 saat sonra sanki-izotropik arka fon bölgesi genişlemiş ve ağ şeklindeki "yağlı şerit" oluşumları kısmen açılarak büyümüştür (Şekil 4.53b.). Daha sonra zamanla "yağlı şerit" oluşumlarda değişim gözlenmemiştir (Şekil 4.53c. ve Şekil 4.53d.).



Şekil 4.53. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{ND5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

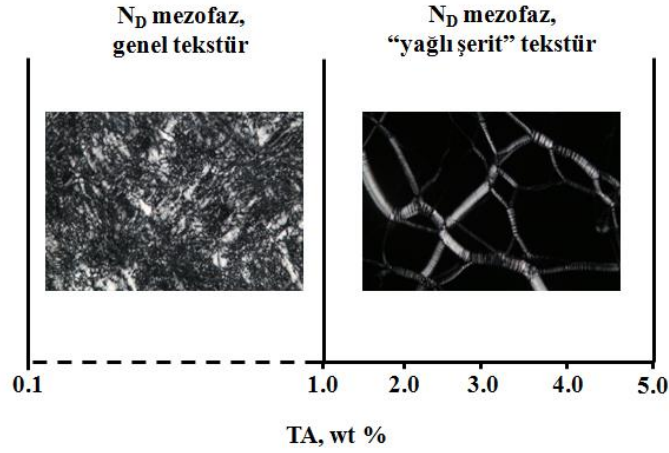


Şekil 4.54. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{ND5} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Şekil 4.54.'de görüldüğü üzere, T_{ND5} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki meydana gelen tekstür ve manyetik alan etkisinde zamanla tekstür dönüşümüne bakıldığında değişim gözlenmemiştir. Elde edilen bu sonuçlar, T_{ND4}-T_{ND7} örneklerinin morfolojik

ve magneto-morfolojik özellikleri incelendiğinde N_D mezofazına özgü olmayan ağ şeklindeki "yağlı şerit" oluşumlara sahip tekstür türünü değiştirmemiştir.

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde (T_{ND1} - T_{ND7} örnekleri) TA'nın konsantrasyonuna bağlı N_D mezofazı için diyagram Şekil 4.55.'de verilmektedir.

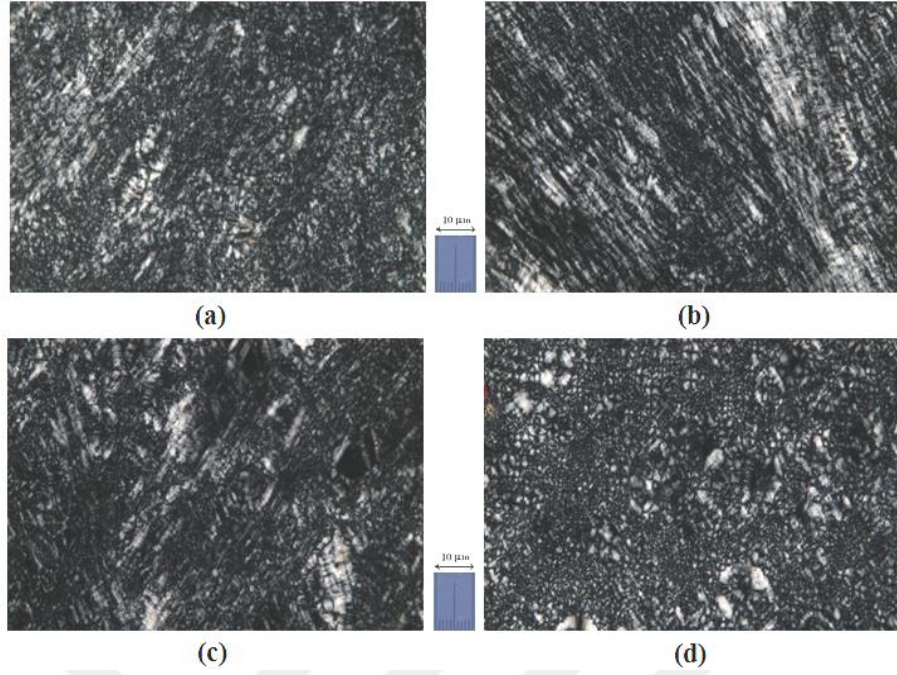


Şekil 4.55. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde TA konsantrasyonuna bağlı N_D mezofazının morfolojik durumu.

Bu sonuçlar ışığında, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde nematik N_D mezofazının TA konsantrasyonuna bağlı çeşitli tekstürleri (özgül olan ve özgül olmayan) elde etmek için etkin bir yol olduğunu söyleyebiliriz.

%0.30 ÷ %0.50 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_{ND1} - W_{NC2} örnekleri) N_D mezofazının morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri incelenmiştir.

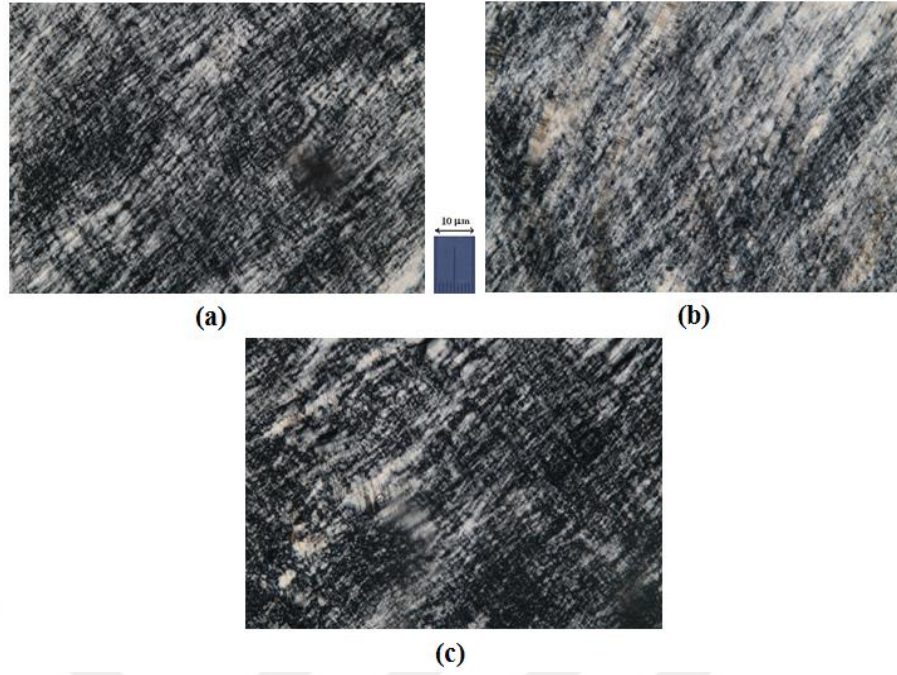
Şekil 4.56.'da bir örnek olarak, W_{ND2} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.56. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND2} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.56a.'da görüldüğü üzere, W_{ND2} örneğinde N_D mezofazında schlieren tür tekstür elde edilmiştir. W_{ND2} örneğinin schlieren oluşumlu tekstürde zaman içerisinde bu oluşumların sadece yer değiştirdiği görülmektedir (Şekil 4.56b., Şekil 4.56c., Şekil 4.56d.).

Şekil 4.57.'de ise W_{ND2} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan tekstür dönüşümleri verilmektedir. Buna göre, W_{ND2} örneğinin dış manyetik alanın etkisi ile iplikli ve noktasal oluşumların uzayarak filament oluşumlara dönüşümü gözlenmiştir. W_{ND2} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki meydana gelen tekstüre ve manyetik alan etkisinde zamanla tekstür dönüşümüne bakıldığında, tekstür türünün değişmediği gözlenmektedir.

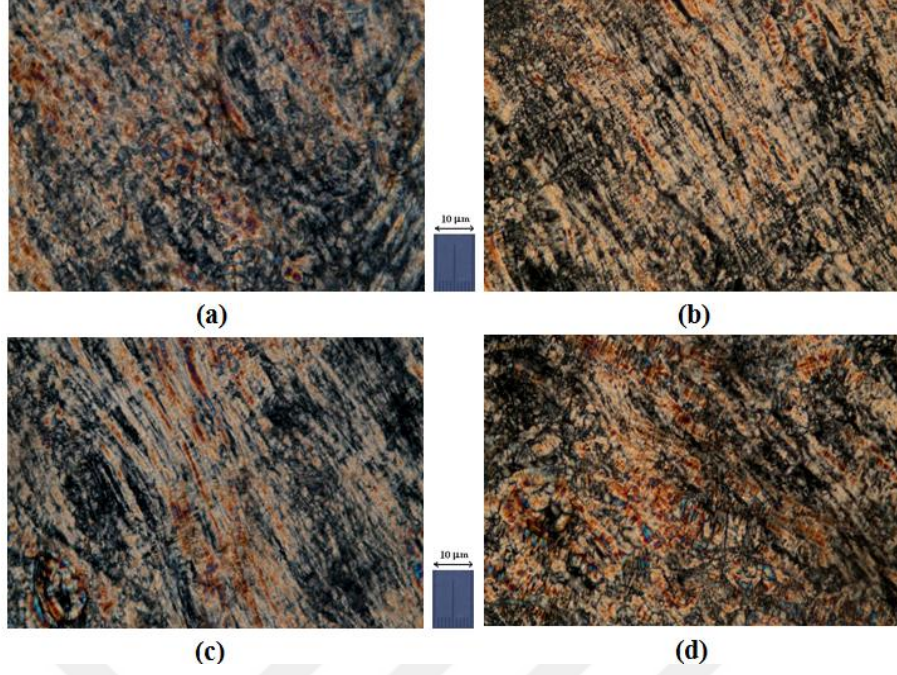


Şekil 4.57. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND2} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

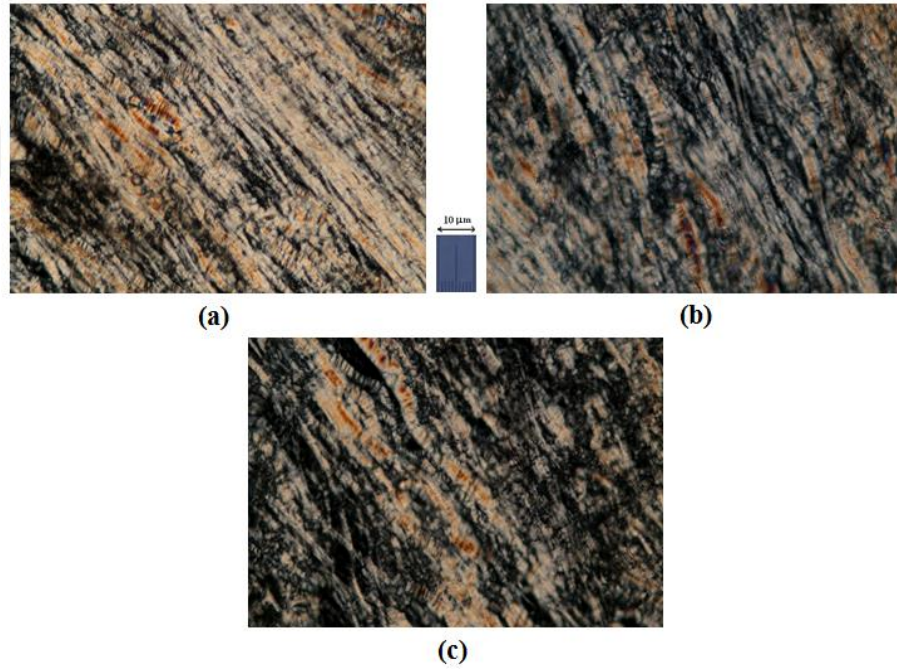
%1.00 ÷ %4.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde W_{ND3} - W_{ND6} örneklerinde belirli etkiler gözlenmiştir.

Şekil 4.58.'de bir örnek olarak, W_{ND5} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.58a.'da görüldüğü üzere, W_{ND5} örneğinde N_D mezofazının schlieren tekstürü gözlenmiştir. Bu örnekte, W_{ND1} - W_{ND2} örneklerindeki farklı olarak schlieren tekstürlerinde renk değişimleri gözlenmiştir. Renk değişimi, inversiyon duvarların arasında bulunan bölgelerinde misellerin yönelimlerinin değişmesinden kaynaklanmaktadır. W_{ND5} örneğinde manyetik alan etkisi olmadan zamana bağlı morfolojik değişimlerine bakıldığında, schlieren oluşumlarının kaymaları görülmektedir (Şekil 4.58b., Şekil 4.58c., Şekil 4.58d.).

Şekil 4.59.'da manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND5} örneğinin zaman içindeki tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.58. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

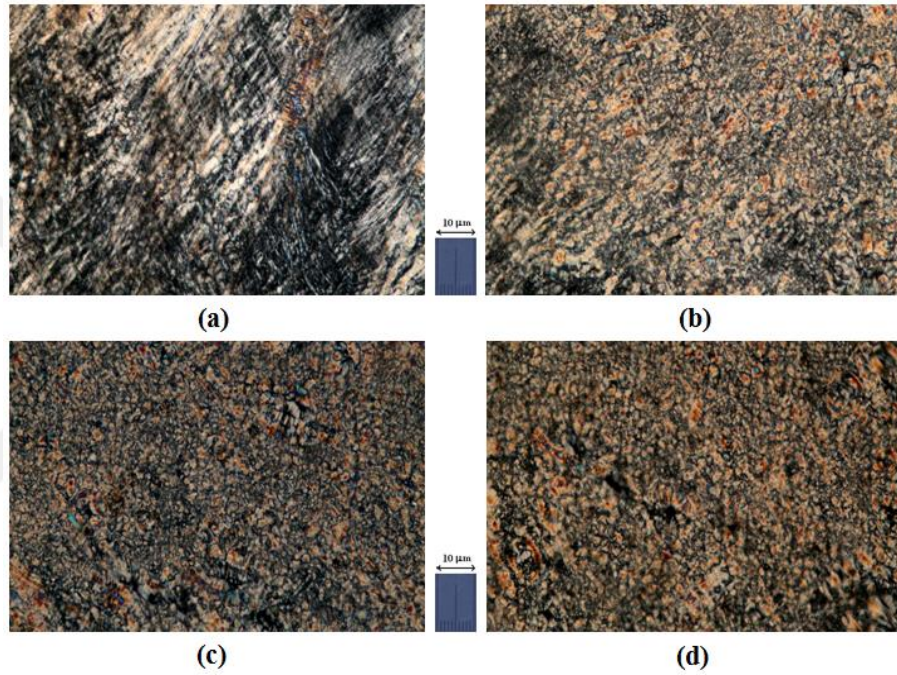


Şekil 4.59. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND5} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Şekil 4.59.'da, W_{ND5} örneğinin manyetik alanın etkisi ile iplikli tür oluşumların uzayarak filament oluşumlara dönüştüğü görülmektedir. Zamanla tekstür değişmesine karşın schlieren tekstürün tür özelliği değişmemiştir.

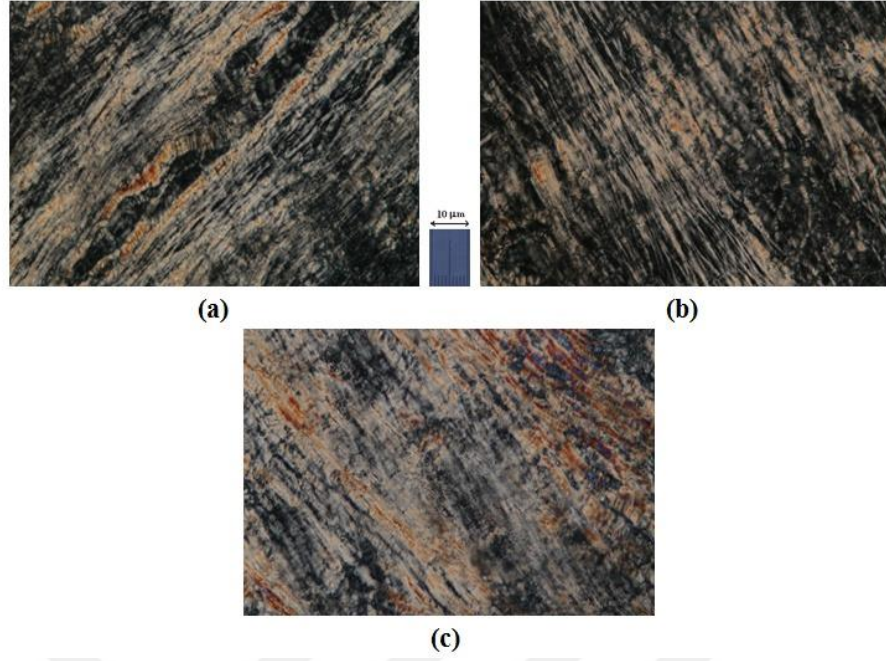
%5.00 WA konsantrasyonu ile elde edilen TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde (W_{ND7} örneği) belirli değişim gözlenmiştir. Şekil 4.60.'da W_{ND7} örneğinin sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir.

Şekil 4.60a.'da görüldüğü üzere, W_{ND5} örneğindeki tekstüre çok benzer N_D mezofazının schlieren tekstürü sergilemektedir. Schlieren oluşumlu tekstürde zaman içinde tekil noktaların sayısının arttığı ve inversiyon duvarlarının genişliğinin daraldığı görülmektedir. (Şekil 4.60b., Şekil 4.60c., Şekil 4.60d.).



Şekil 4.60. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{ND7} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

W_{ND7} örneğinin manyetik alan etkisi altında zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri Şekil 4.61.'de verilmektedir. Şekil 4.61.'de görüldüğü üzere, W_{ND5} örneğinde olduğu gibi manyetik alanın etkisi ile iplikçi oluşumların uzayarak filament tür oluşumlara dönüştüğü görülmektedir. W_{ND5} örneğinde görülen filament tür oluşumların kalınlığı W_{ND7} örneklerindeki orana kıyaslanıldığında, daha büyük olduğu söylenebilir (Şekil 4.59. ve Şekil 4.61). Bu durum WA konsantrasyonunun artmasıyla misellerin boyutunun değişmesinden kaynaklanabilir.



Şekil 4.61. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{ND7} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Yapılan incelemeler sonucunda N_D mezofazında TA ve WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile spagetti tür tekstür (kiral yapı) elde edilememesine rağmen, N_C mezofazında TA ve WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile kiral yapı elde edilmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.1 ÷ %1.00) optiksel etkin malzeme eklenmesi ile liyotropik nematik N_C ve N_D mezofazda kiral yapı elde edilmiştir (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). Bizim çalışmamızda ise nematik N_C mezofazda %1.00 - %5.00 konsantrasyon oranlarında WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ve nematik N_C mezofazda %1.00 konsantrasyon oranlarında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile kiral yapı elde edilmiştir. Sonin (1987), Bartusch (1992), Dörfler ve Swaboda, (1998), Dörfler ve Göpfert (1999), Dörfler ve Göpfert (2000), Dörfler ve Göpfert, (2001) ve Hiltorp (2001) yapmış oldukları çalışmalarda alkil zinciri kısa olan amfifil malzemeler kullanmışlardır. Bizim çalışmamızda ise daha uzun alkil zincirli amfifil malzeme (TDTMABr) kullanılmıştır. Böylece, amfifil malzemenin alkil zincirin kiral yapının oluşturulması için ne kadar önemli olduğu gösterilmiştir. Aynı zamanda, yukarıda gösterildiği gibi, alkil zinciri uzun olan amfifil malzemenin

temelinde olan liyotropik sistemdeki N_C mezofazın da kiral yapı oluşturmaya uygun olduğu, uygulama açısından büyük önem arz etmektedir.

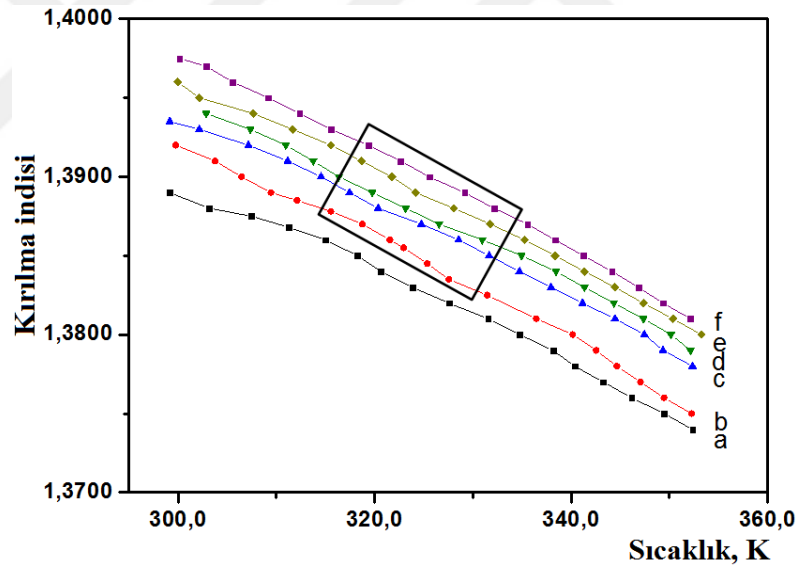
Bunun yanı sıra bilindiği üzere kiral yapıyı belirleyen helisel dönme gücü, liyotropik sisteme optiksel etkin malzemenin ilave edilme şekline bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Radley ve Saupe, 2006). Buna bağlı olarak optiksel etkin malzemenin misellerdeki molekül fraksiyonun, κ büyük olması etkin dönme gücünün büyük olmasına ve kolesterik mezofazın oluşmasına neden olmaktadır. Bizim çalışmamızda TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde sadece %1.00 TA konsantrasyon oranında, TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde ise %1.00 ÷ %5.00 WA konsantrasyon oranlarında Ch_C mezofazı elde edilmiştir. Bilindiği üzere literatürde tartarik asitin suda kolayca çözünebildiği, misellerdeki molekül fraksiyonunun çok küçük ($\kappa \ll 1$) olduğu ve kolesterik mezofaz oluşmasında çok küçük bir yönelim etkisi gösterdiği bilinmektedir (Radley ve Saupe, 2006). Dolayısı ile bizim çalışmamızda TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde sadece bir örnekte Ch_C mezofazın elde edilmesi bu durum ile açıklanabilmektedir. Bununla birlikte TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde 5 farklı konsantrasyon oranında (%1.00 ÷ %5.00) Ch_C mezofazın elde edilmesi, optiksel etkin malzeme olarak kullanılan WA' in misellerdeki molekül fraksiyonun, TA' e kıyasla daha büyük olduğunu $\kappa_{WA} > \kappa_{TA}$ ve dolayısıyla helisel dönme gücünün daha büyük olduğunu $HTP_{WA} > HTP_{TA}$ söyleyebiliriz. Bu durum, N_C mezofaz da kiral yapı elde etmek için kullanılacak optiksel etkin malzemenin seçilmesinde uygulama açısından büyük önem arz etmektedir.

4.4.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

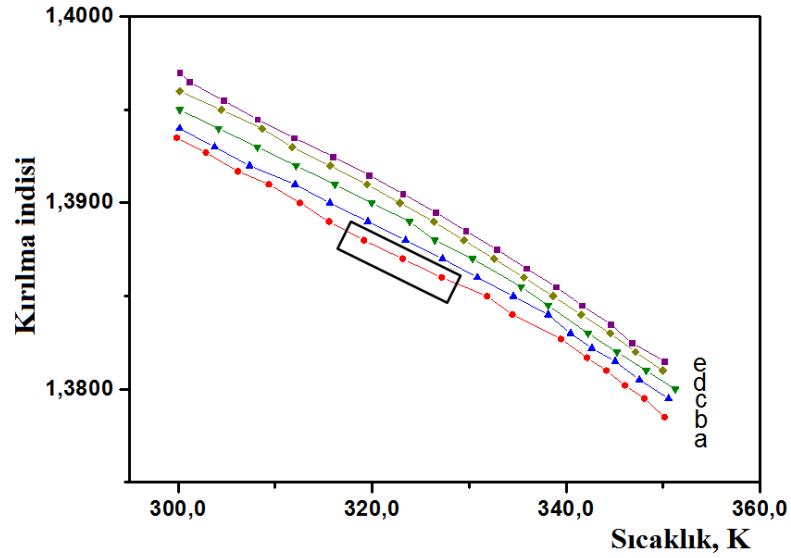
Çalışmamızın bu kısmında TDTMABr+H₂O ve TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA ve WA eklenmesi ile elde edilen liyotropik sistemlerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.62.'de N_{C1} , W_{NC1} - W_{NC5} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir. Şekil 4.63.'de ise T_{NC1} - T_{NC5} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir.

Şekil 4.62. ve Şekil 4.63.'de görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+WA ve TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemi için incelenen tüm örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmektedir. W_{NC1}-W_{NC5} ve T_{NC1}-T_{NC5} örnekleri için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışı sırasıyla $\langle n \rangle = 1.4951 - 3.0907 \times 10^{-4} \times T$ ve $\langle n \rangle = 1.4880 - 2.9502 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile karakterize edilebilir. Kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışına bakıldığında sıcaklığın artması ile birlikte liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunun azaldığını söyleyebiliriz. Ayrıca, Şekil 4.62. ve Şekil 4.63.'den görüldüğü gibi TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemin (W_{NC1}-W_{NC5} örnekler) kırılma indisinin değerleri, TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemin (T_{NC1}-T_{NC5} örnekler) kırılma indisinin değerlerinden daha yüksektir. Bu husus, WA asitinin TA asiti ile kıyasla liyotropik sistemlerde kırıcılık özelliklerinin artmasında ve dolayısıyla bu sistemlerin optiksel yoğunluğunun artmasında daha etkin olduğunu göstermektedir.



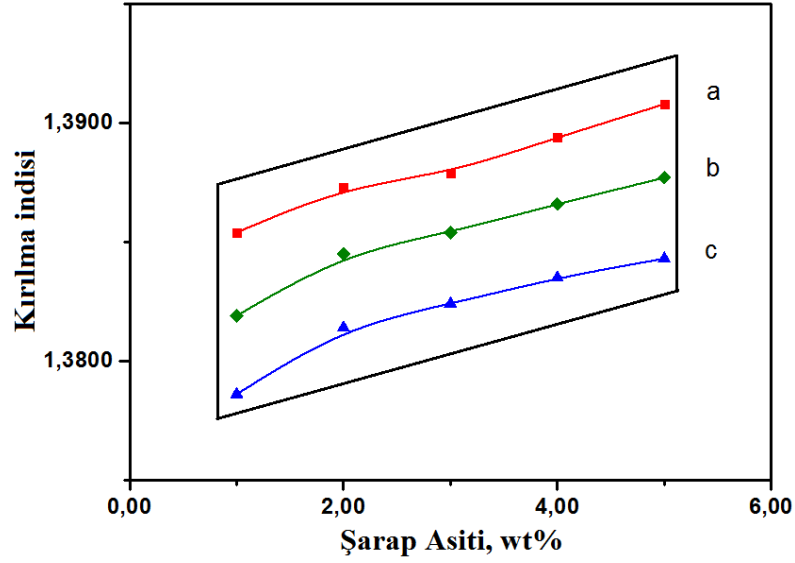
Şekil 4.62. TDTMABr+H₂O ve TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- NC1 örnek; b- W_{NC1} örnek; c- W_{NC2} örnek; d- W_{NC3} örnek; e- W_{NC4} örnek; f- W_{NC5} örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.



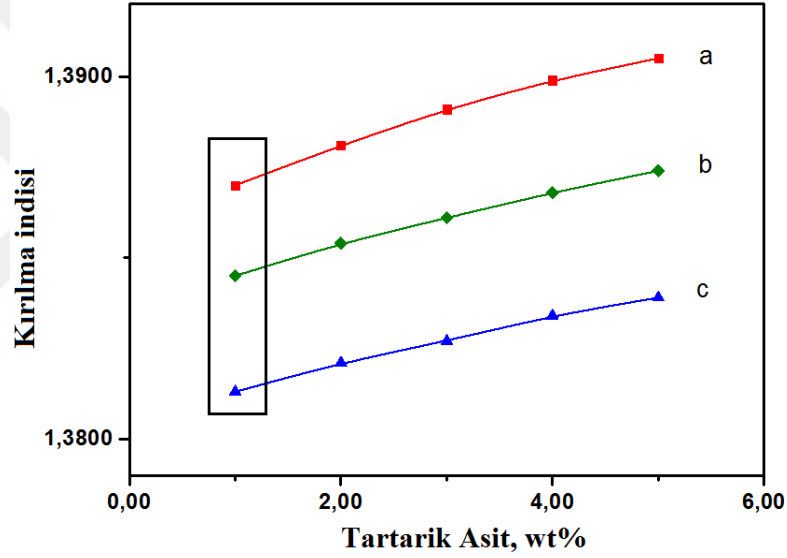
Şekil 4.63. TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- T_{NC1} örnek; b- T_{NC2} örnek; c- T_{NC3} örnek; d- T_{NC4} örnek; e- T_{NC5} örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.

Şekil 4.62. ve Şekil 4.63.'de dikdörtgen şeklindeki çizgi ile kiral yapıyı sergileyen örnekler gösterilmiştir. Bu şekillerden görüldüğü gibi, TDTMABr+H₂O+WA ve TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde farklı spiral adımına sahip kiral yapıyı sergileyen ve kiral yapıyı sergilemeyen örneklerin $n = n(T)$ bağıntılarının karakteri aynıdır. Diğer bir deyişle, kiral yapıyı sergileyen ve kiral yapıyı sergilemeyen örneklerin optiksel izotropik özelliklerinin karakteri aynıdır.

Şekil 4.64.'de W_{NC1}-W_{NC5} örnekleri (A grafiği) ve T_{NC1}-T_{NC5} örneklerinin (B grafiği) kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı $n = n(c)$ verilmiştir.



A



B

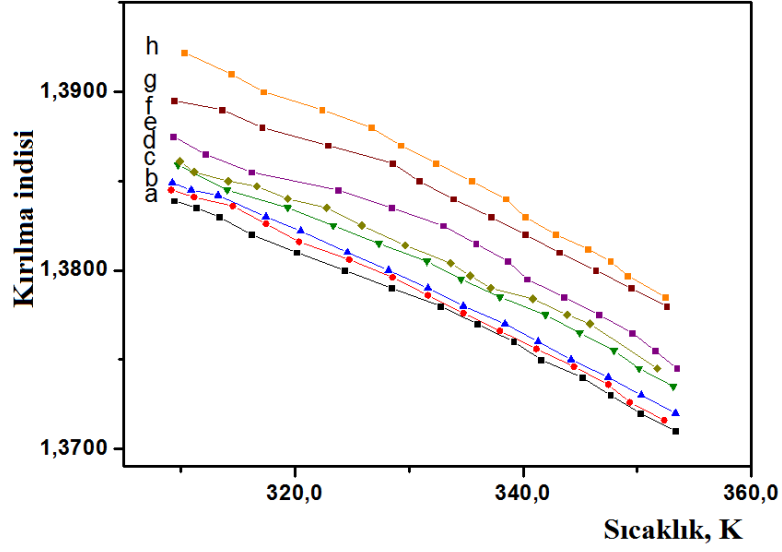
Şekil 4.64. W_{NC1} - W_{NC5} örnekleri ve T_{NC1} - T_{NC5} örnekleri için kırılma indisinin A- WA konsantrasyonuna ve B- TA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.

Şekil 4.64.'de görüldüğü üzere $TDTMABr+H_2O+WA$ ve $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sistemlerinde WA ve TA konsantrasyonun artması ile kırılma indisi değerlerinde artış gözlenmiştir. Şekil 4.64A ve Şekil 4.64B'de dikdörtgen şeklindeki çizgi ile kiral yapıyı sergiyelen örnekler gösterilmiştir. Bu şekilde görüldüğü üzere $TDTMABr+H_2O+WA$ ve $TDTMABr+H_2O+TA$ liyotropik sistemlerinde kırılma indisinin $n = n(c)$ konsantrasyona bağlılığında kritik değişim gözlenmemektedir. Ayrıca Şekil 4.64.'de görüldüğü üzere, $TDTMABr+H_2O$ liyotropik sistemine WA

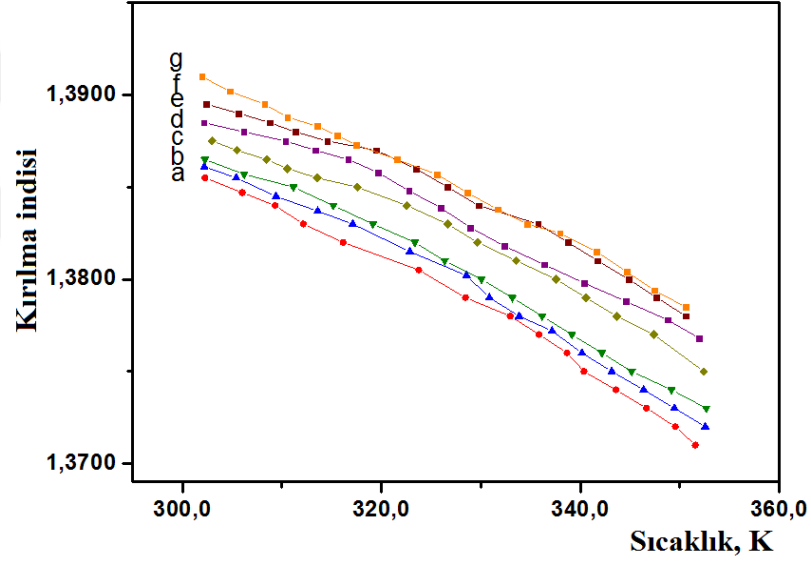
eklenmesi, aynı liyotropik sisteme TA eklenmesinden daha yüksek kırıcılığa sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı durum kırılma indisinin sıcaklığa bağlı davranışı için de gözlenmiştir. TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde kırılma indisi arasındaki fark $\delta\langle n \rangle \approx 0.0158$ iken, TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde bu değer $\delta\langle n \rangle \approx 0.0108$ 'dir. Böylece TA ve WA katkısı ile oluşan bu etki, liyotropik sıvı kristal sistemin optiksel kırıcılık özelliklerini ve $\delta\langle n \rangle$ değerlerini kontrol etmeyi mümkün hale getirmektedir.

Şekil 4.65.'de N_{D1} , W_{ND1} - W_{ND7} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir. Şekil 4.66.'da ise T_{ND1} - T_{ND7} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir.

Şekil 4.65. ve Şekil 4.66.'da görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+DeOH+WA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemi için incelenen tüm örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmektedir. W_{ND1} - W_{ND7} ve T_{ND1} - T_{ND7} örnekleri için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışı sırasıyla $\langle n \rangle = 1.4770 - 2.6933 \times 10^{-4} \times T$ ve $\langle n \rangle = 1.4668 - 2.5033 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile karakterize edilebilir. Kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışına bakıldığında sıcaklığın artması ile birlikte liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunun azaldığını söyleyebiliriz. Ayrıca, Şekil 4.65. ve Şekil 4.66.'dan görüldüğü gibi TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemin (W_{ND1} - W_{ND7} örnekler) kırılma indisinin değerleri, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemin (T_{ND1} - T_{ND7} örnekler) kırılma indisinin değerlerinden daha yüksektir. Bu husus, WA asitinin TA asiti ile kıyasla liyotropik sistemlerde kırıcılık özelliklerinin artmasında ve dolayısıyla bu sistemlerin optiksel yoğunluğunun artmasında daha etkin olduğunu göstermektedir.

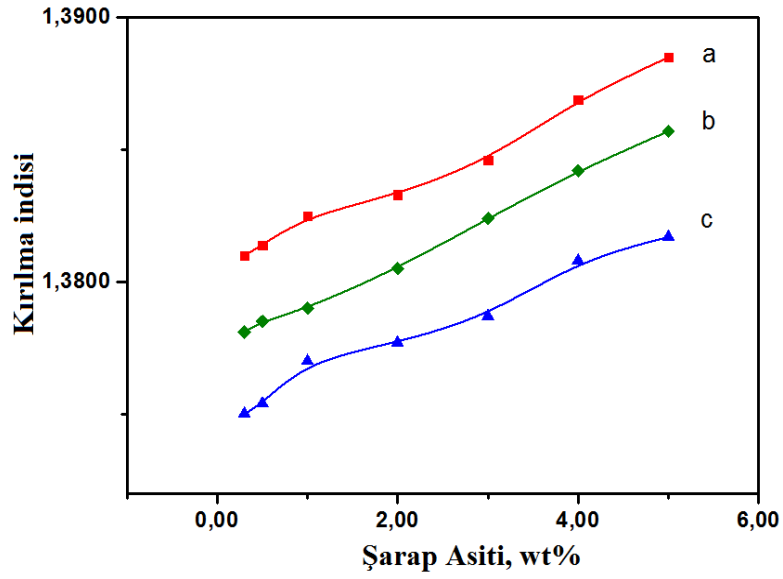


Şekil 4.65. TDTMABr+DeOH+H₂O ve TDTMABr+DeOH+H₂O+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- N_D1 örnek; b- W_{ND}1 örnek; c- W_{ND}2 örnek; d- W_{ND}3 örnek; e- W_{ND}4 örnek; f- W_{ND}5 örnek; g- W_{ND}6 örnek; h- W_{ND}7 örnek.

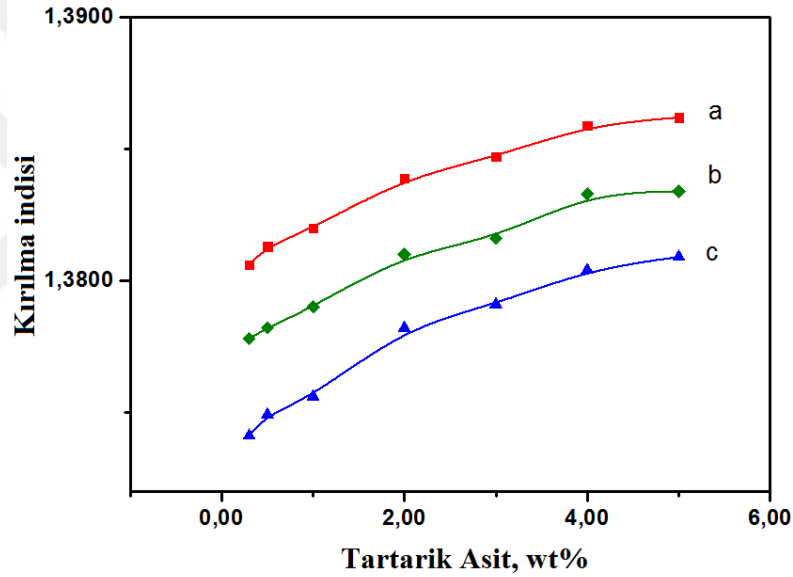


Şekil 4.66. TDTMABr+DeOH+H₂O+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisinin sıcaklığa bağlı değişimi. a- T_{ND}1 örnek; b- T_{ND}2 örnek; c- T_{ND}3 örnek; d- T_{ND}4 örnek; e- T_{ND}5 örnek; f- T_{ND}6 örnek; g- T_{ND}7 örnek.

Şekil 4.67.'de W_{ND}1-W_{ND}7 örnekleri (A grafiği) ve T_{ND}1-T_{ND}7 örneklerinin (B grafiği) kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı $n = n(c)$ verilmiştir.



A



B

Şekil 4.67. $W_{ND1-W_{ND7}}$ ve $T_{ND1-T_{ND7}}$ örnekleri için kırılma indisinin A- WA konsantrasyonuna ve B- TA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.

Şekil 4.67.'de görüldüğü üzere, $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ ve $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ liyotropik sistemlerinde WA ve TA konsantrasyonun artması ile kırılma indisi değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca Şekil 4.67.'de görüldüğü üzere, $TDTMABr+H_2O+DeOH$ liyotropik sistemine WA eklenmesi, N_c mezofazında olduğu gibi aynı liyotropik sisteme TA eklenmesinden daha yüksek kırıcılığa sahip olduğu gözlenmiştir. $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sisteminde kırılma indisi arasındaki fark $\delta\langle n \rangle \approx 0.0091$ iken, $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ liyotropik sisteminde bu değer $\delta\langle n \rangle \approx 0.0080$ 'dir. Bu

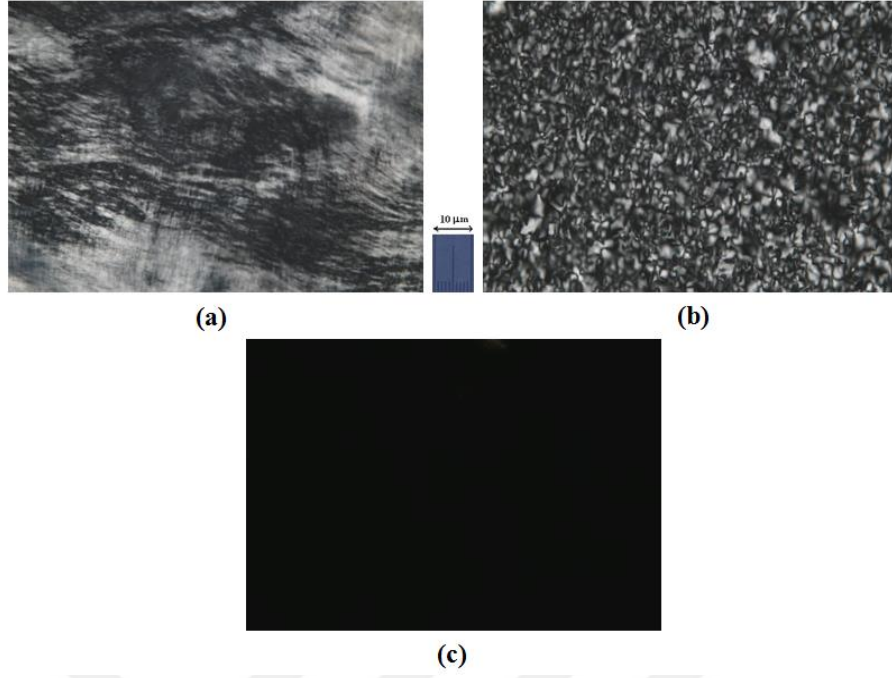
benzer davranış N_C mezofazın optiksel özelliklerinde de gözlenmiştir. Böylece TA ve WA katkısı ile oluşan bu değişim, liyotropik sıvı kristal sistemin optiksel kırıcılık özelliklerini ve $\delta\langle n \rangle$ değerlerini kontrol etmeyi mümkün hale getirmektedir.

Sonuç olarak, N_C ve N_D mezofazlarında WA ve TA eklenmesi ile oluşan karmaşık liyotropik sistemin optiksel özellikleri benzer davranış sergilemektedir. Yani, N_C ve N_D mezofazlarında WA ve TA eklenmesi ile elde edilen liyotropik sistemlerde kırılma indisinin sıcaklığa bağlılığı $n = n(T)$ ve konsantrasyona bağlılığı $n = n(c)$ incelendiğinde, WA asiti eklenmesinin aynı liyotropik sisteme TA asit eklenmesinden daha yüksek kırıcılığa sahip olduğu gözlenmiştir. Bu yüzden TA ve WA kiral katkılarının artırılıp veya azaltılması TDTMABr+H₂O+Kiral Katkı liyotropik sistemin N_C mezofazında ve TDTMABr+H₂O+DeOH+Kiral Katkı liyotropik sistemin N_D mezofazında optiksel kırıcılık büyüklüklerini kontrol etme olanağını sağlamaktadır.

4.4.3. Nematik Mezofaz–İzotropik Sıvı Faz Geçiş Bölgelerin Özellikleri

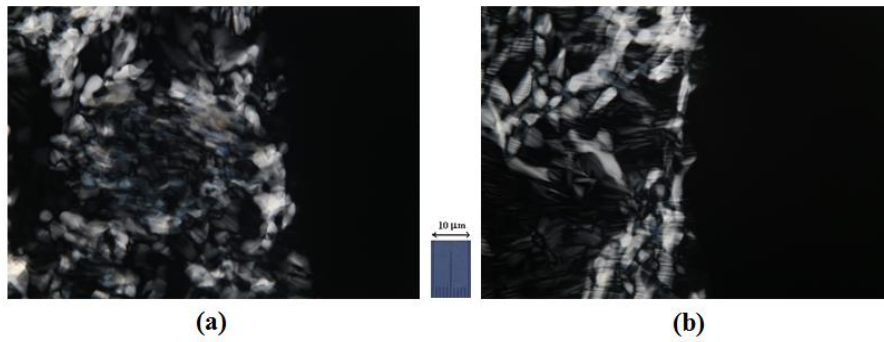
Liyotropik sıvı kristallerin önemli özellikleri termotropik faz geçişleridir. Bu çalışmamızda nematik N_C ve N_D mezofazların termotropik faz geçişin heterofaz bölgesi incelenmiş ve termotropik faz geçiş sıcaklıkları belirlenmiştir. TDTMABr+H₂O+WA ve TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde nematik N_C mezofazın ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde N_D mezofazın termotropik faz geçiş sıcaklıkları kapilyar sıcaklık kama (KSK) düzeneği kullanılarak belirlenmiştir.

Şekil 4.68.'de N_C 1 örneğinin ısıtma ile farklı sıcaklıklarda gözlenen tekstürleri verilmiştir. Şekil 4.68.'de görüldüğü üzere, lif tür yapılar, tekil noktalar ve küçük yönelmiş düzenli bölgelere sahip schlieren tekstür türü, sıcaklığın artması ile küçük konfokal oluşumlar şeklinde gözlenmiştir.



Şekil 4.68. N_C1 örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 303.2 K, b) 319.2 K ve c) 324.5 K.

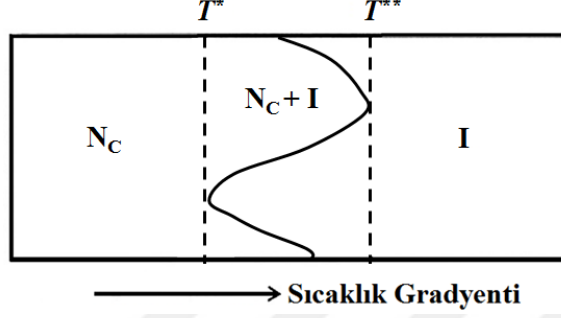
Bu çalışmada N_C mezofaz ile izotropik sıvı arasındaki düz ve ters olan faz geçişlerin termotropik ve termo-morfolojik özellikleri incelenmiştir. İncelemeler, faz geçiş bölgelerinde schlieren oluşumların kaybolduğunu ve ayrı-ayrı planar yönelime sahip bölgelerin oluşmasının meydana gelmelerini gösterdiler (Şekil 4.69.). Ayrıca, incelemeler gösterdiler ki, hem düz olan N_C mezofazı- I hemde ters olan $I-N_C$ mezofazı faz geçiş bölgelerinde heterofaz alanları, yani iki farklı termik fazların bir arada buldukları alanlar meydana gelmiştir.



Şekil 4.69. N_C1 örneğinin düz N_C mezofazı- I (a) ve ters $I-N_C$ mezofazı (b) termotropik faz geçişlerin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$.

Heterofaz alanlarda hem düşük sıcaklıklı faz (yani N_C mezofazı) hem de yüksek sıcaklıklı faz (yani izotropik sıvı) bir arada bulunmaktadır. Bu alan $\Delta T = T^{**} - T^*$ şeklinde belirlenir. Burada T^* sıcaklığı, heterofaz alanın alt sınırın sıcaklığıdır. Bu

sıcaklıkta düşük sıcaklıklı faz (yani, N_C mezofazı) kararlıdır, yüksek sıcaklıklı faz ise (yani, izotropik sıvı) kararsızdır. T^{**} sıcaklığı, heterofaz alanın üst sınırın sıcaklığıdır. Bu sıcaklıkta yüksek sıcaklıklı faz (yani, izotropik sıvı) kararlıdır, düşük sıcaklıklı faz ise (yani, N_C mezofazı) kararsızdır. Şekil 4.70.'de, N_C mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın şematik görünümü verilmektedir.



Şekil 4.70. N_C mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (N_C+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+ H_2O liyotropik sistem.

Landau-de Gennes modeline göre (2003), T^* ve T^{**} sıcaklıkları aşağıdaki şekilde ifade edilir (Toledano, 1987; Anisimov, 1988; Anisimov, 1991; Nesrullajev vd., 1998);

$$T^* = T_{NI} - \frac{2B^2}{9\alpha C} \quad (4.11)$$

$$T^{**} = T_{NI} + \frac{B^2}{36\alpha C} \quad (4.12)$$

Burada T_{NI} , nematik mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçiş sıcaklığıdır. T^* , T^{**} ve T_{NI} arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir:

$$T^* < T_{NI} < T^{**} \quad (4.13)$$

Ayrıca (4.11) ve (4.12) denklemlerde α büyüklüğü,

$$A = \alpha(T_{NI} - T^*) \quad (4.14)$$

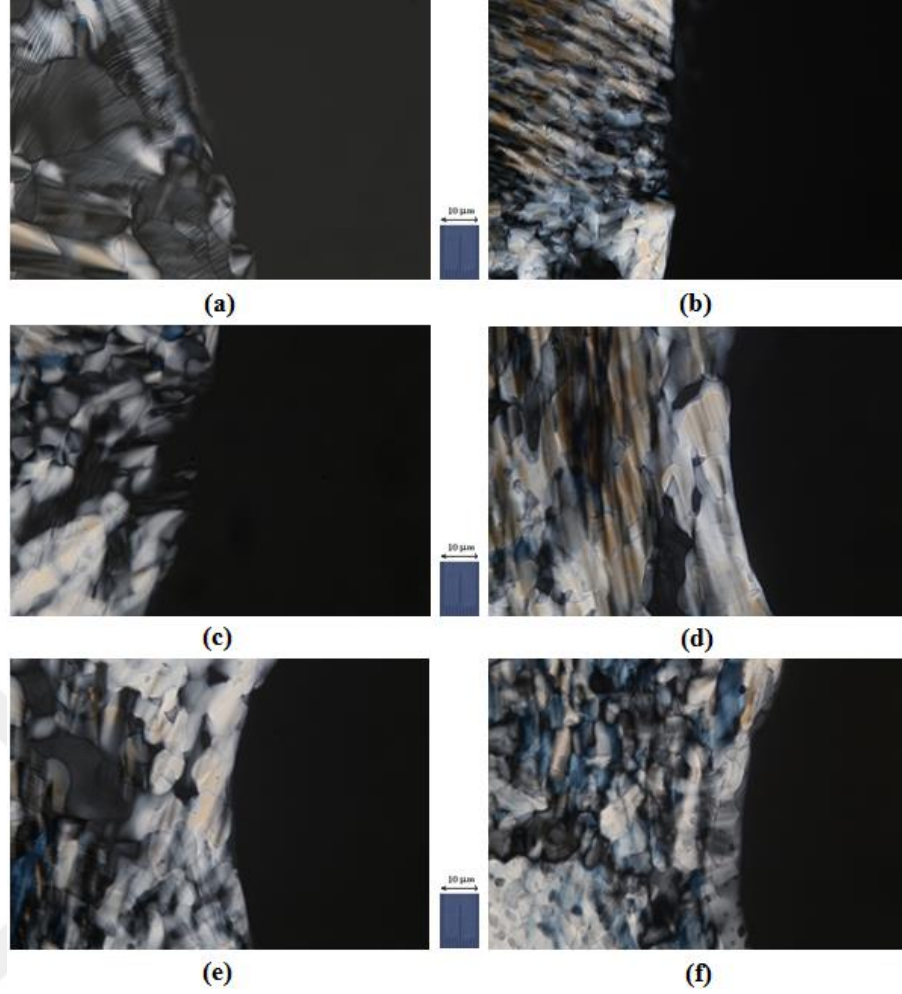
şeklinde ifade edilir ve (4.11), (4.12) ve (4.14) denklemlerdeki A , B ve C büyüklükler, sıvı kristalin serbest enerji F 'nin açılımındaki katsayılarıdır (Sonin, 1984; Singh, 2000; de Gennes, 2003).

$$F = F_0 + \frac{1}{3}AQ^2 + \frac{2}{27}BQ^3 + \frac{1}{9}CQ^4 \quad (4.15)$$

Ve bu katsayılar sıcaklığın ve basıncın fonksiyonlarıdır. Düşük sıcaklıkta, $T = T^* < T_{NI}$ sıcaklığında serbest enerjinin $Q = 0$ durumunda minimumu gözlenmektedir. Bu minimum nematik mezofaza aittir. Yüksek sıcaklıkta $T = T^{**} > T_{NI}$ sıcaklığında serbest enerjinin $Q = 0$ durumunda da minimum gözlenmektedir. Ancak bu minimum izotropik faza aittir. O ise $T = T_{NI}$ sıcaklığında serbest enerjide iki minimum bir arada gözlenmektedir. Birinci minimum $Q \neq 0$ durumunda nematik mezofaza aittir, ikinci minimum $Q = 0$ durumunda izotropik faza aittir (Sonin, 1984; Singh, 2000; de Gennes, 2003).

Sıvı kristallerde faz geçiş bölgesinde T^* ve T^{**} sıcaklıklarla karakterize olan heterofaz alanın meydana gelmesi 1. tür termotropik faz geçişin olduğunu gösterir. Böylece, inceleme nesnelere olan örneklerde N_C mezofazı ile izotropik sıvı arasında gözlediğimiz ve Şekil 4.69.'da gösterdiğimiz N_C1 örneğinde N_C mezofazı-izotropik sıvı faz geçişi 1. tür faz geçişidir.

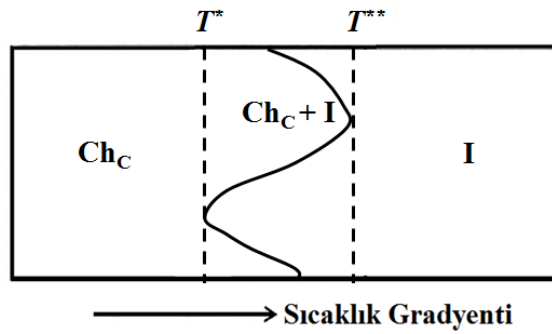
Spagetti tür tekstür (kiral yapının olduğunu gösteren tekstür) oluşumlarına sahip T_{NC1} örneğinin ve W_{NC1} - W_{NC5} örneklerinin termo-morfolojik özellikleri de ayrı incelenmiştir. Şekil 4.71.'de T_{NC1} örneği ve W_{NC1} - W_{NC5} örneklerinde Ch_C mezofazı- I (Ch_C-I) termotropik faz geçiş bölgesi verilmektedir.



Şekil 4.71. Kiral yapıyı sergileyen Ch_C mezofazı-izotropik sıvı faz geçiş bölgesi. a- T_{NC1} örneği; b- W_{NC1} örneği; c- W_{NC2} örneği; d- W_{NC3} örneği; e- W_{NC4} örneği; f- W_{NC5} örneği. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.71.'de görüldüğü üzere, T_{NC1} örneğinin ve W_{NC1} - W_{NC5} örneklerinin hepsinde Ch_C mezofazı-I faz geçişin heterofaz alanı gayet geniştir.

Şekil 4.72.'de, Ch_C mezofazı-I faz geçişin heterofaz alanının şematik görünümü verilmektedir.



Şekil 4.72. Ch_C mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanının (Ch_C+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+ H_2O +TA ve TDTMABr+ H_2O +WA liyotropik sistemler.

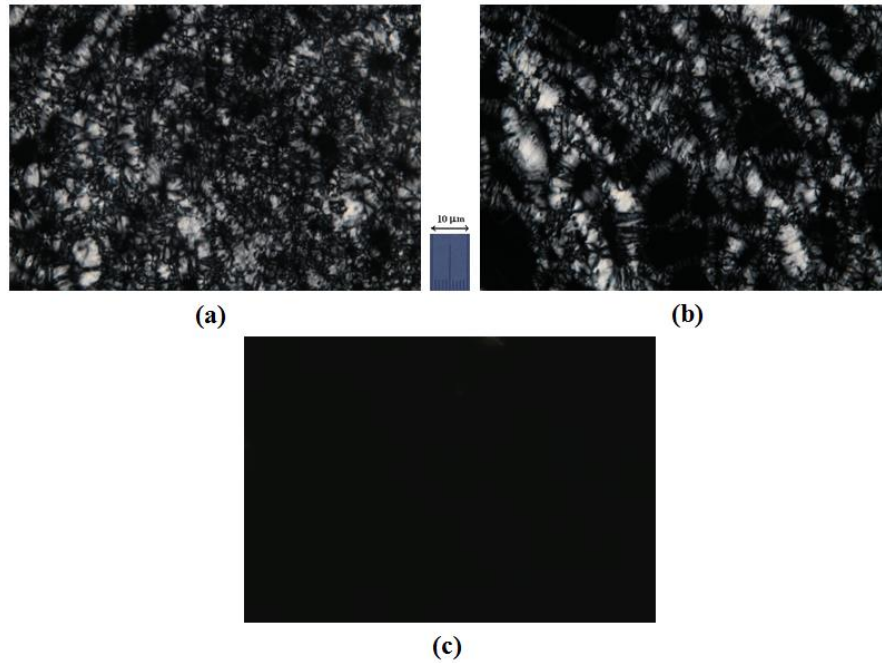
Çalışmamızda W_{NC1} - W_{NC5} liyotropik örneklerin Ch_C mezofazı-I faz geçişi sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu sıcaklıklar Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. W_{NC1} - W_{NC5} liyotropik örneklerinde Ch_C -I faz geçişin sıcaklık değerleri.

Örnek Sembolü	Mezofaz Türü	Ch_C -I Faz Geçiş Sıcaklığı, K
W_{NC1}	Ch_C	329.3
W_{NC2}	Ch_C	330.4
W_{NC3}	Ch_C	333.1
W_{NC4}	Ch_C	336.7
W_{NC5}	Ch_C	339.2

Bu çizelgeden görüldüğü gibi, TDTMABr+ H_2O liyotropik sistemine WA kiral katkı eklenmesi ile Ch_C mezofazı-I faz geçiş sıcaklıkları değişmektedir. Öyle ki, WA kiral katkının konsantrasyonu TDTMABr+ H_2O liyotropik sisteminde artması, söz konusu faz geçiş sıcaklıklarının artmasını sağlamaktadır. Ch_C mezofazı-I faz geçiş sıcaklıklarının artması, kiral katkısı ile meydana gelen misel transformasyondan (çubuksu misellerin biçimlerin ve boyutlarının değişmesi) kaynaklanabilmektedir.

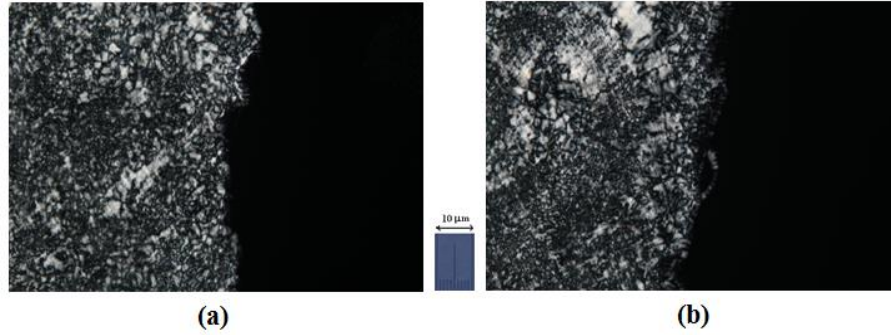
Şekil 4.73.'de TDTMABr+ H_2O +DeOH liyotropik sisteminde N_{D1} örneğinin ısıtma ile farklı sıcaklıklarda gözlenen tekstürleri verilmiştir.



Şekil 4.73. N_D1 örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100, a) 309.2 K, b) 325.2 K ve c) 330.5 K.

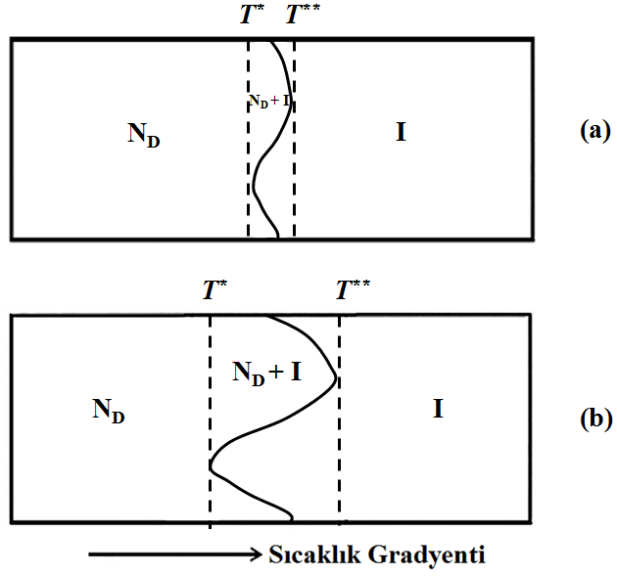
Şekil 4.73.'de görüldüğü üzere, schlieren tekstür dönüşümleri, sıcaklığın artması ile sıkı ağ şeklinde küçük konfokal oluşumlar ve ardından geniş ağ şeklinde büyük konfokal oluşumlar şeklinde dönüşümleri gözlenmiştir.

Şekil 4.74.'de N_D1 örneğinin KSK yöntemi kullanılarak ısıtma ile gözlenen düz N_D mezofazı-I ve soğutma ile gözlenen ters $I-N_D$ mezofaz termotropik faz geçiş bölgelerindeki heterofaz alanları verilmektedir.



Şekil 4.74. N_D1 örneğinin düz N_D mezofazı-I (a) ve ters $I-N_D$ mezofazı (b) termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Yukarıda kaydettiğimiz gibi, termotropik faz geçiş bölgesinin heterofaz alanının genişliği $\Delta T = T^{**} - T^*$ şeklinde ifade edilir (Denklemler 4.4). Şekil 4.74.'de düz olan söz konusu faz geçişinin heterofaz alanının $\Delta T_{NI} = T^{**}_{NI} - T^*_{NI}$ genişliği, ters olan faz geçişinin heterofaz alanının $\Delta T_{IN} = T^{**}_{IN} - T^*_{IN}$ genişliğinden daha küçüktür. Yani N_D mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçiş için $\Delta T_{IN} > \Delta T_{NI}$ durum sağlanır (Şekil 4.75.). Bu durum, söz konusu faz geçişinde termik histerezisin var olmasını gösterir. Bilindiği gibi Sonin (1984), Toladano (1987), Anisimov (1988), Anisimov (1991) ve Bölüm 4.3.'de ifade edildiği gibi faz geçişte termik histerezisin meydana gelmesi, bu faz geçişinin 1. dereceli faz geçişinin olduğunu gösterir.



Şekil 4.75. N_D mezofazı-izotropik sıvı (a) ve izotropik sıvı- N_D mezofazı (b) heterofaz alanlarının şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistem.

4.5. LİYOTROPİK HEKZAGONAL E MEZOFAZIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Liyotropik sıvı kristalik E mezofazın optiksel etkin malzeme olarak şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA) katkısı ile termo-morfolojik, magneto-morfolojik, elektriksel iletkenlik ve optiksel kırıcılık özellikleri üzerinde etkisi araştırılmıştır.

Liyotropik hekzagonal E mezofazı için dört bileşenli liyotropik sistemler TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA karışımları olacak şekilde iki farklı örnek grupları olarak hazırlanmıştır. Toplamda 20 adet hazırlanan örnekler ağırlıkça konsantrasyonları toplamda %100 olacak şekilde Çizelge 4.12.'de verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

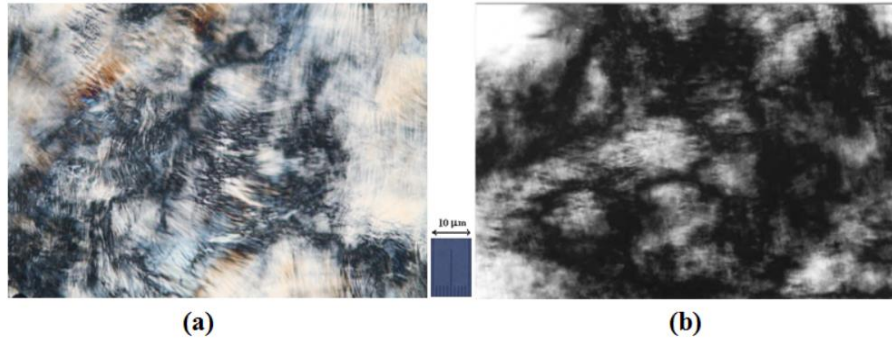
Çizelge 4.12. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

Örnek No	TDTMABr wt%	H ₂ O wt%	DeOH wt%	TA wt%	WA wt%
E1	48.00	50.00	2.00	-	-
T _{E1}				1.00	-
T _{E2}				2.00	-
T _{E3}				3.00	-
T _{E4}	48.00	50.00	2.00	4.00	-
T _{E5}				5.00	-
T _{E6}				7.50	-
T _{E7}				10.00	-
W _{E1}				-	1.00
W _{E2}				-	2.00
W _{E3}				-	3.00
W _{E4}				-	4.00
W _{E5}				-	4.50
W _{E6}				-	4.75
W _{E7}	48.00	50.00	2.00	-	5.00
W _{E8}				-	6.00
W _{E9}				-	7.00
W _{E10}				-	7.50
W _{E11}				-	7.75
W _{E12}				-	10.00

4.5.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Dönüşümlerin Dinamiği

Liyotropik hekzagonal E mezofazı bilindiği üzere, sanki-sonsuz uzunluğa sahip çubuksu misellerin hekzagonal bir kafes oluşturduğu üç boyutlu düzenlemeye sahip yapılardır. Ayrıca bu mezofaz optiksel olarak tek eksenlidir, negatif çift kırıcılığa (yani negatif optiksel anizotropiye) sahiptir ve L_6 simetri grubu ile karakterize edilir.

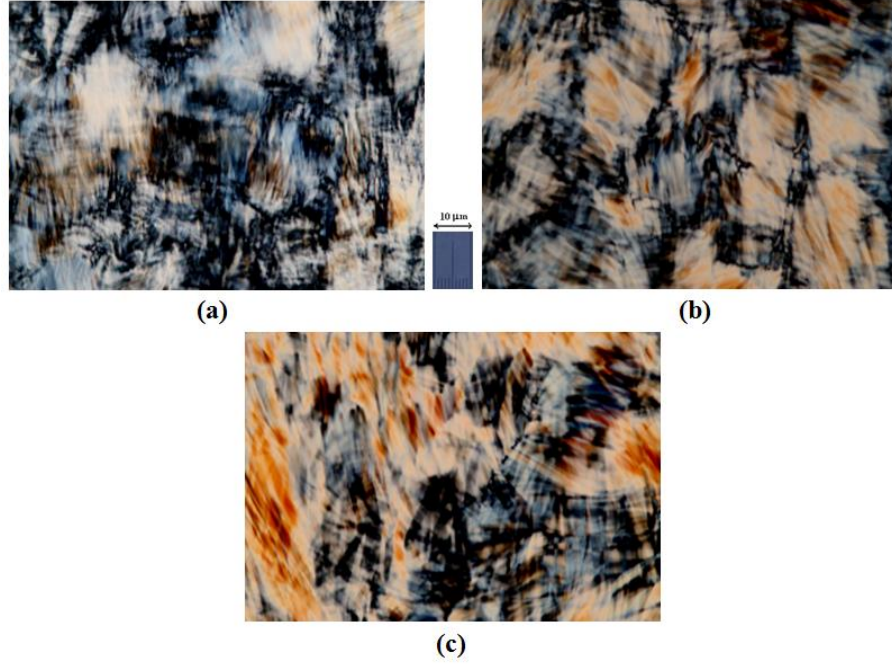
Şekil 4.76.'da E1 örneğinin genel tekstürü verilmektedir. Bu tekstür E mezofazının tipik “lif” (fibrous) olarak adlandırılan bir tekstürdür. Bu tür tekstürler düşük çift kırılmaya sahiptir ve uzun filament tür oluşumlar ve planar ve eğik olarak yönelmiş ayrı-ayrı bölgelerden oluşmaktadır. Bununla birlikte bu tür tekstürler farklı liyotropik sistemlerde liyotropik hekzagonal E mezofazında çeşitli araştırmacılar tarafından gözlenmiştir (Ekwall, 1975; Radley ve Saupe, 1978; Bartusch vd., 1992; Berejnov vd., 2000; Hyde, 2001; Zniber vd., 2002; Nesrullajev vd., 2003; Özden vd., 2010).



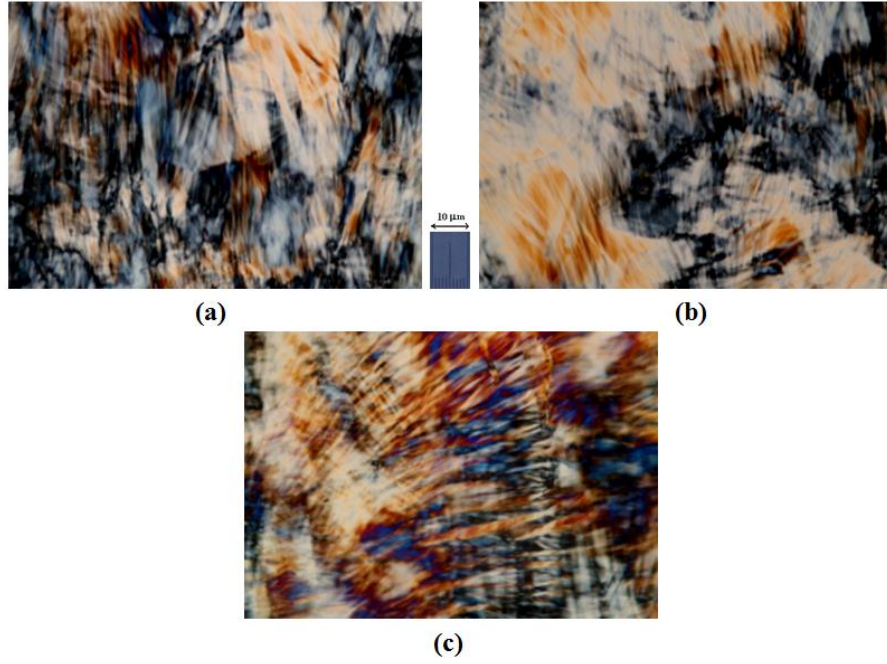
Şekil 4.76. (a) E1 örneğinin (Nesrullajev and Altinay, 2020) ve (b) Liyotropik hekzagonal E mezofazının (Nesrullajev, 2010) tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.77.'da E1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan 24 saat sonra, 48 saat sonra ve 72 saat sonraki tekstürleri verilmektedir. Şekil 4.78.'de ise E1 örneğinin zamanla manyetik alan etkisi altındaki tekstürleri verilmektedir.

Şekil 4.77. ve 4.78.' de görüldüğü üzere E1 örneğinin zamanla manyetik alan uygulanmadan ve manyetik alan etkisi altındaki tekstür türü değişmemiştir.



Şekil 4.77. E1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra, c) 72 saat sonra.

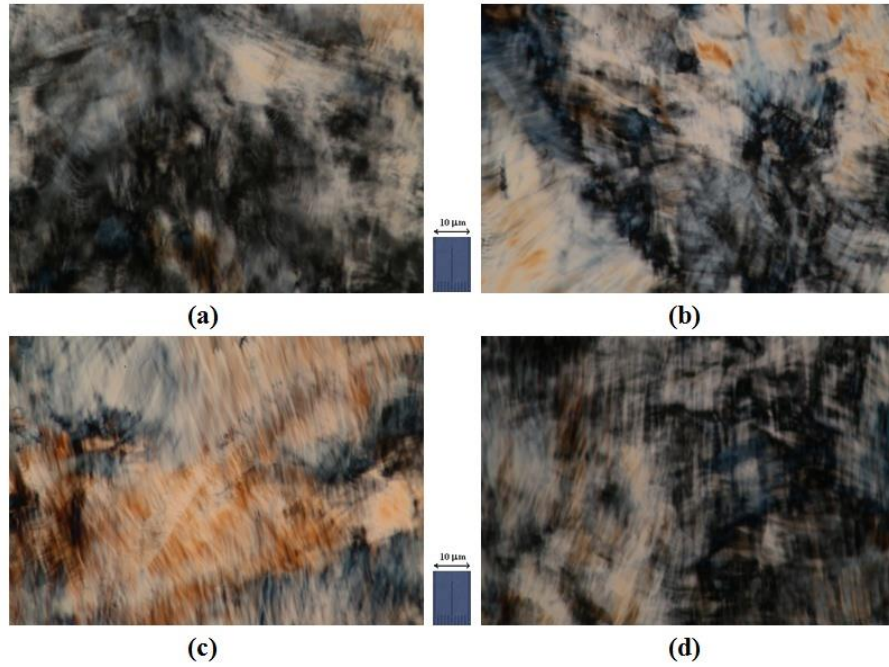


Şekil 4.78. Manyetik alan etkisi altında bulunan E1 örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

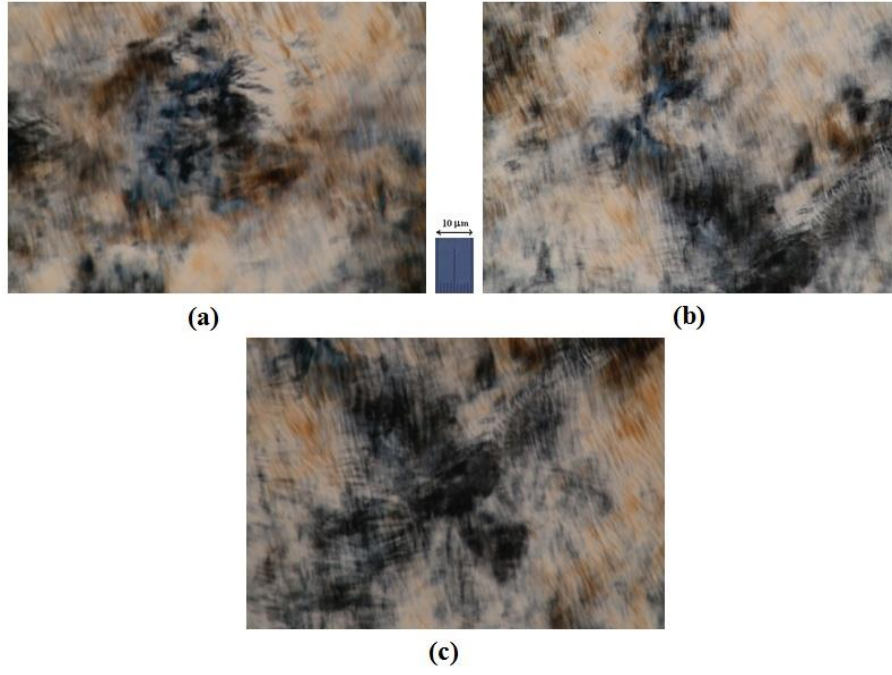
Bu durum E1 örneğinde heksagonal E mezofazın tekstürünün hem zamanla hemde manyetik alanın etkisiyle değişmediği ve kararlı olduğu ile açıklanabilmektedir (Şekil 4.77. ve Şekil 4.78.). E1 örneğinin tekstürü termo-morfolojik olarak tekrarlanabilir. Başka bir deyişle E1 örneğinin ısıtılması ile heksagonal E

mezofazından izotropik sıvı termotropik faz geçişine geçmesi ve ardından soğutma ile izotropik sıvıdan hekzagonal E mezofazına faz geçişinde aynı tekstür dönüşümü gözlenmektedir. TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde hekzagonal E mezofazın zamana bağlı morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri E1 örneği için kararlıdır.

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde E mezofazının morfolojik özelliklerinde E1 örneğine benzer etkiler gözlenmektedir. %1.00 ÷ %10.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde (T_{E1}-T_{E7} örnekleri) E mezofazın tekstürlerinde lif tür oluşumlara sahip tekstür karakteri sergilemektedir Şekil 4.79.'da bir örnek olarak, T_{E3} örneğinin manyetik alan etkisi olmadan sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra ve zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.80.'de ise T_{E3} örneğinin zamanla manyetik alan etkisi altında gözlenen tekstürleri verilmektedir.



Şekil 4.79. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{E3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

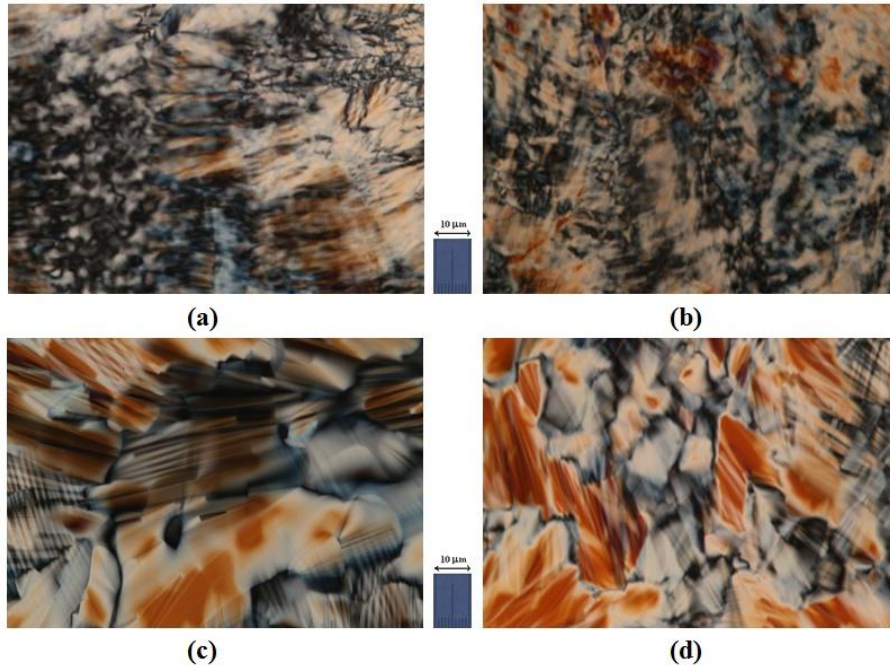


Şekil 4.80. Manyetik alan etkisi altında bulunan T_{E3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

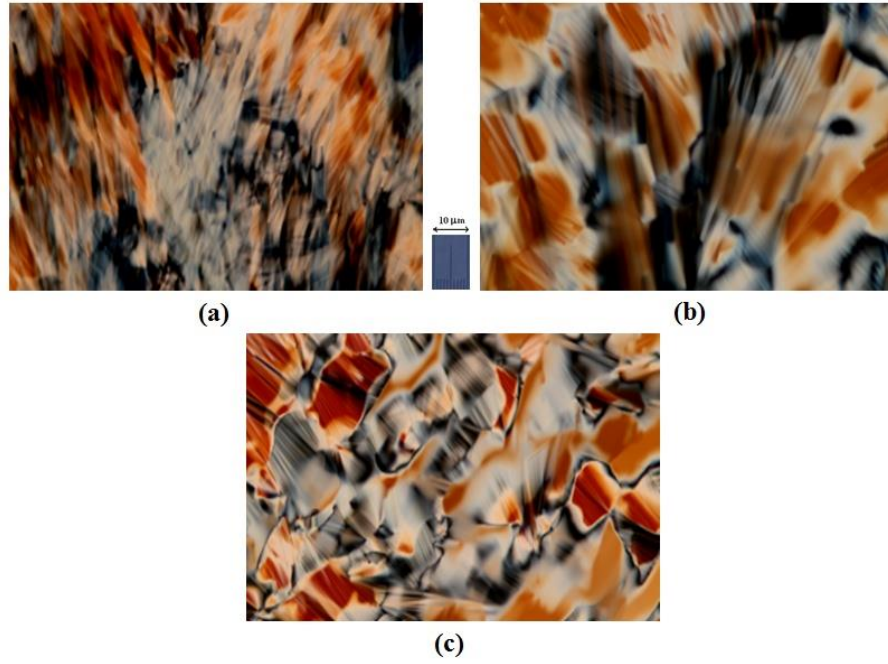
Şekil 4.79a.'da görüldüğü üzere T_{E3} örneği, $E1$ örneğinde gözlemlendiği gibi lif tür oluşumlara sahip tekstür türü sergilemektedir. Ayrıca Şekil 4.79b., Şekil 4.79c. ve Şekil 4.79d.' de T_{E3} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunmayan zamanla değişimine uğrayan tekstürlerine bakıldığında değişim olmadığı görülmektedir. Benzer durum, T_{E3} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki meydana gelen tekstüre ve manyetik alan etkisinde zamanla tekstür dönüşümüne bakıldığında gözlenmektedir (Şekil 4.80.). Diğer bir deyişle, TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemde TA optiksel etkin malzemenin ilavesi ile hegzagonal E mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde bir etkisi olmamıştır. Bununla birlikte T_{E1} - T_{E7} örneklerinde tersinebilir *E mezofazı-izotropik sıvı-E mezofazı* termotropik faz geçişi 1.derece tekstür görünümüne neden olur. Belirli uzunluğa sahip misellerin oluşturduğu nematik-kalamitik (N_C) mezofazı ve belirli çapa sahip misellerin oluşturduğu nematik-diskotik (N_D) mezofazına sahip liyotropik sıvı kristallerde TA eklenmesi ile "spagetti tür" liyotropik kolesterik Ch mezofaz tekstürü elde edilebilmektedir. Üstelik küçük konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ($\sim 0.10 \div 0.50$) ile kiral yapıya sahip liyotropik kolesterik mezofaz elde etmek oldukça yeterlidir (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001; Alcantara ve Fernandes, 2002; do Amaral, 2002).

Fakat %10.00'a kadar TA eklenmesi ile sonsuz uzunluğa sahip misellerin oluşturduğu hegzagonal E mezofazında kiral yapı elde edilememiştir. Bu durum sonlu uzunluğa sahip misellerin oluşturduğu liyotropik mezofazlara (N_C ve N_D gibi) ve sonsuz uzunluğa sahip misellerin oluşturduğu liyotropik mezofazlara (hegzagonal E mezofaz gibi) TA eklenmesi ile farklı sonuçların meydana gelmesi ile bağlantılıdır.

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde hegzagonal E mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça ilgi çekici ve önemli etkiler gözlenmektedir. %0.10 ÷ %1.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde hegzagonal E mezofazının morfolojik özellikleri üzerinde bir etkisi olmamıştır. %1.00 ÷ %4.50 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_{E1} - W_{E5} örnekleri) hegzagonal E mezofazının morfolojik özelliklerinde belirgin değişimler gözlenmiştir.



Şekil 4.81. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{E3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.



Şekil 4.82. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{E3} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

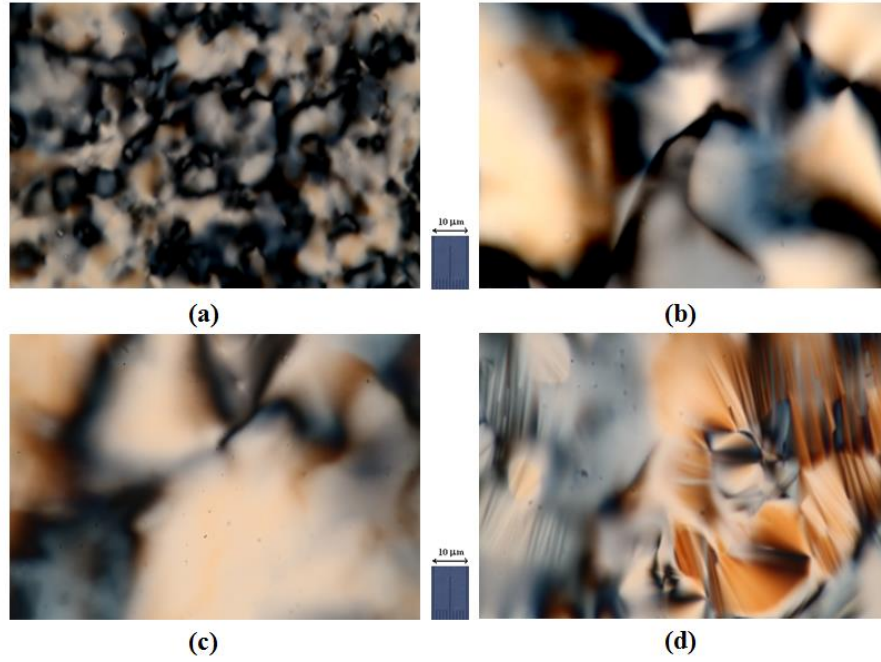
Şekil 4.81.'de bir örnek olarak, W_{E3} örneğinin manyetik alan etkisi olmadan sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra ve zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.82.'de ise W_{E3} örneğinin zamanla manyetik alan etkisi altındaki tekstürleri verilmektedir.

Şekil 4.81a.'da görüldüğü üzere, W_{E3} örneğinde ipliksi tür tekstür elde edilmiştir. İpliksi tür oluşumlar disklinasyon çizgileridir. Bu çizgiler homojen bölgelerin kırıldığı sınırlardır. Bu tip tekstür karakteri nematik mezofaz için spesifik iken hegzagonal E mezofazı için spesifik değildir (Şekil 4.81a. ve Şekil 4.81b.). Dolayısıyla zaman içindeki bu tekstür bozulmuş yelpaze-tür tekstüre dönüşmüştür (Şekil 4.81c. ve Şekil 4.81d.).

Şekil 4.82.'de W_{E3} örneğinin manyetik alan etkisi altında ve zamanla tekstür dönüşümlerine bakıldığında, Şekil 4.81c. ve Şekil 4.81d.'de gözlenen yelpaze tür oluşumlar gözlenmiştir. Bu tip tekstür dönüşümleri yine ipliksi tür tekstür dönüşümleri gibi E mezofazına özgü değildir. Bu yüzden TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine WA eklenmesi, E mezofazına özgü olmayan tekstür dönüşümlerine neden olmuştur.

%4.75 ÷ %7.50 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_{E6}-W_{E10} örnekleri) hekzagonal E mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça önemli ve ilgi çekici sonuçlar elde edilmiştir.

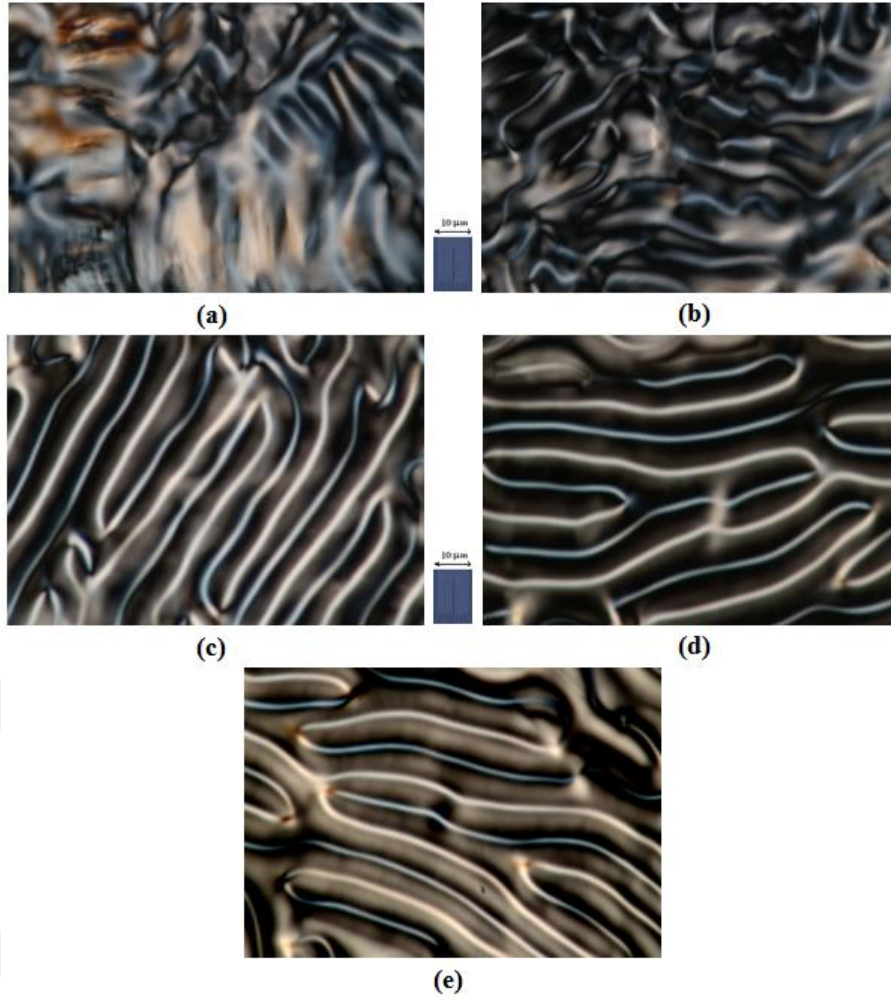
Şekil 4.83.'de bir örnek olarak, W_{E7} örneğin, sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra manyetik alan etkisi olmadan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir.



Şekil 4.83. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{E7} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

W_{E7} örneğinde manyetik alan etkisi altında bulunmayan zaman içindeki tekstürlerinde ipliksi tür ve bozulmuş yelpaze tür oluşumlar gözlenmiştir (Şekil 4.83.). W_{E7} örneğinde gözlenen tekstür karakteri, W_{E3} örneğinde gözlenen tekstür karakterine benzerdir.

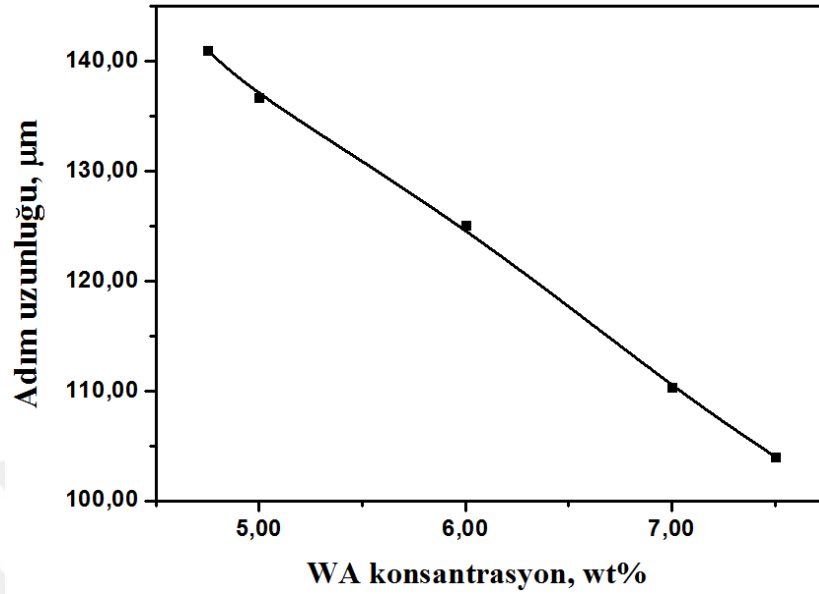
Şekil 4.84.'de ise W_{E7} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan zamana bağlı tekstür dönüşümleri verilmektedir.



Şekil 4.84. Manyetik alan etkisi altında bulunan W_{E7} örneğinin zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 1 saat alan etkisinde, b) 5 saat alan etkisinde, c) 24 saat alan etkisinde, d) 48 saat alan etkisinde, e) 72 saat alan etkisinde.

%4.75 ÷ %7.50 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan W_{E6} - W_{E10} örneklerinde manyetik alanın etkisi ile spagetti tür tekstür (kiral yapı) oluşumları gözlenmiştir (Şekil 4.84.). Şekil 4.84.'de görüldüğü gibi spagetti tür tekstür oluşumları, 24 saat sonra tamamlanmıştır. Daha sonra zamanla manyetik alan alanın etkisi gözlenmemiştir. Çok düşük konsantrasyon oranlarında nematik-kalamitik (N_C) mezofazında kiral yapı gözlenirken, E mezofazında bu oran yetersiz kalmıştır. Öyle ki, WA optiksel etkin malzemenin geniş konsantrasyon oranlarında hegzagonal E mezofazında kiral yapı gözlenmiştir. Bu farklılık misellerin boyutu ile yakından ilişkilidir. Nematik N_C mezofazında çubuksu misellerin boyutu $\sim 60 \div 120$ Å boyutunda iken, hegzagonal E mezofazında bu boyut $\sim 2300 \div 3500$ Å civarındadır (Ekwall, 1975; Sonin, 1987; Amaral, 2002; Nesrullajev, 2010; Nesrullajev, 2010).

Şekil 4.85.'de W_{E6} - W_{E10} örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun optiksel etkin WA malzemenin konsantrasyonu ile değişimi verilmiştir.



Şekil 4.85. W_{E6} - W_{E10} örnekleri için kiral yapının adım uzunluğunun optiksel etkin WA malzemenin konsantrasyonu ile değişimi.

Şekil 4.85.'de görüldüğü üzere, WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak spiral adım uzunluğu değerleri azalmıştır. Yani, W_{E6} - W_{E10} örneklerde optiksel etkin malzemenin konsantrasyonunun artması ile optiksel etkinlikleri artmaktadır. Bu sonuç uygulama açısından önemlidir. Hekzagonal E mezofazında kiral katkının bu etkisi, liyotropik nematik mezofazdaki kiral katkı etkisi ile ilişkilendirilir. Literatürde N_C ve N_D mezofazlarda optiksel etkin malzemenin konsantrasyonunun artması ile oluşan kiral Ch_C ve Ch_D mezofazların adım uzunluğu azalmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Dörfler, 2002). Aynı durum hekzagonal E mezofazı üzerindeki kiral katkı için de geçerlidir. E mezofazında elde edilen kiral Ch_E mezofazın adım uzunluğu, kiral Ch_C ve Ch_D mezofazların adım uzunluğundan çok daha büyüktür. Bu farklılık mezofazı meydana getiren çubuksu misellerin uzunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Sonin, 1987; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Dörfler, 2002; Figueiredo Neto ve Salinas, 2005).

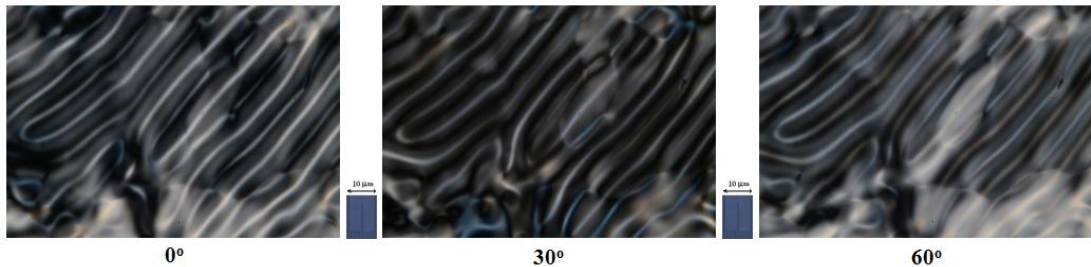
Çizelge 4.13.'de W_{E6} - W_{E10} liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı olarak helisel dönme gücü (HTP) değerleri verilmektedir.

Çizelge 4.13. W_{E6}-W_{E10} liyotropik örneklerinde konsantrasyona ve adım uzunluğuna bağlı helisel dönme gücü (HTP) değerleri

Örnek No	HTP ($\mu\text{m}^{-1}\text{mol}^{-1}$)	c (10^{-3} mol)	p (μm)
W _{E6}	4.01	1.77	140.99
W _{E7}	3.93	1.86	136.70
W _{E8}	3.57	2.24	125.09
W _{E9}	3.47	2.61	110.32
W _{E10}	3.43	2.80	103.98

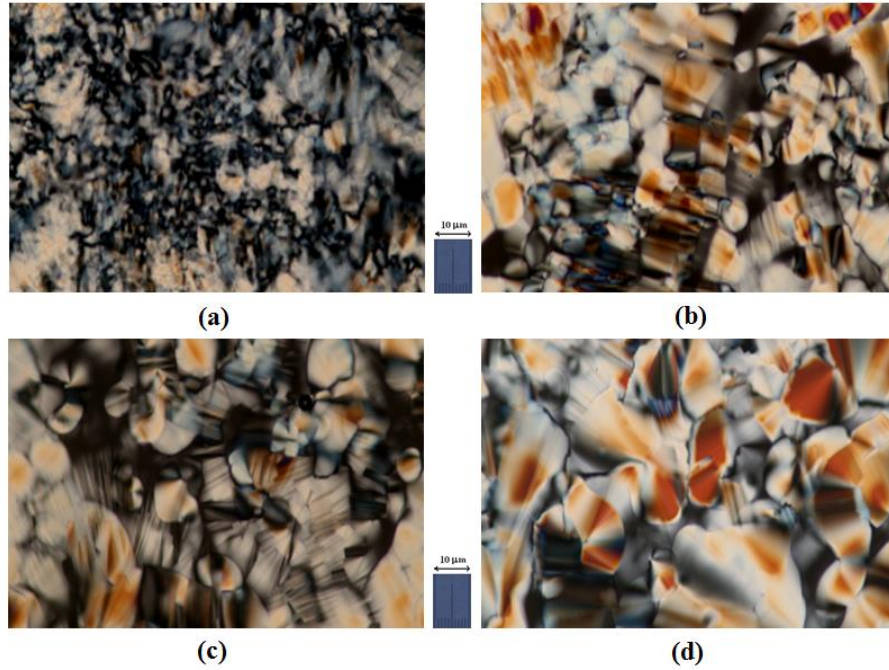
Çizelge 4.13.'de görüldüğü üzere, WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak HTP değerleri, kiral yapının adım uzunluğunun konsantrasyona bağlı eğrisinde olduğu gibi azalan bir davranış sergilemiştir. HTP değerlerindeki bu farklılıklar, kiral yapıyı oluşturan misellerin uzunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000).

Şekil 4.86.'da W_{E7} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunan hekzagonal E mezofazın spagetti tür tekstürün optiksel haritası verilmiştir. Bu teknikte polarize optik mikroskobunda çapraz polarizörler arasına sandviç-hücre yerleştirilir; örnek sabit konumda iken çapraz konumda bulunan polarizörler birlikte belirgin açı ile döndürülür (Nehring ve Saupe, 1972; Zimmer, 1978; Zimmer vd., 1982). Böylece tekstürde mevcut olan oluşumların konumu ve morfolojik özellikleri, yönelmiş bölgelerin yönelim türleri, inversiyon duvarların türü ve yapısal özellikleri vb. incelenebilmektedir. Şekil 4.86.'da görüldüğü gibi, spagetti çizgilerin arasındaki mesafe sabit olduğu ve bu çizgilerin arasındaki bölgelerin planar yönelime sahip olduğu anlaşılmaktadır. Böylece, kiral yapıya sahip W_{E7} örneğinin spiral adımı tüm örnek içinde sabittir. Ayrıca, planar yönelimin var olması, yani çubuksu misellerin yön vektörünün uygulanan manyetik alana dik olarak yönelmesi, söz konusu örneğin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.86. Manyetik alan etkisinde bulunan W_{E7} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Çapraz konumda bulunan polarizörler sabit konumda bulunan örnek etrafında saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür.

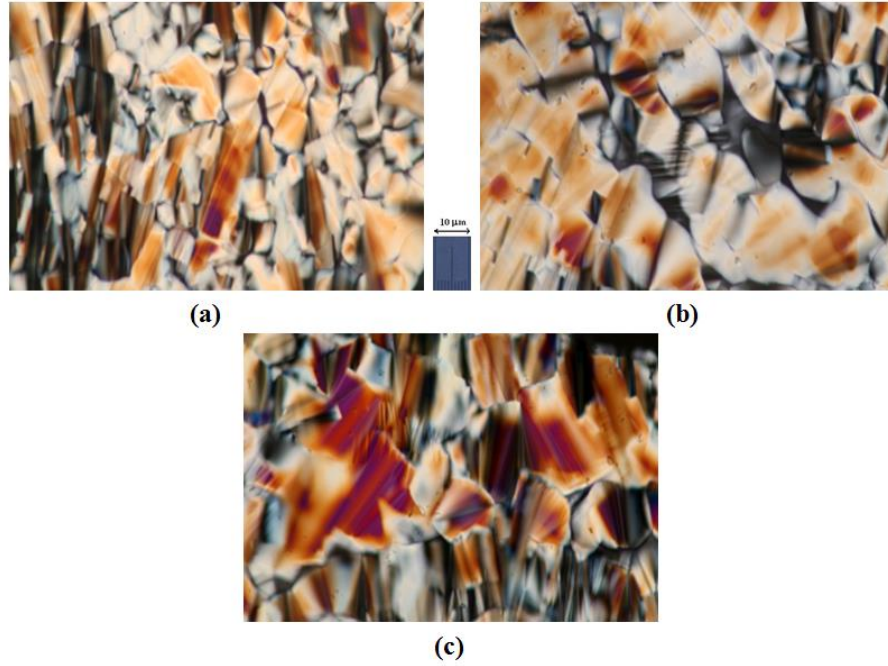
%7.75 ve %10.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_E11 ve W_E12 örnekleri) hekzagonal E mezofazının morfolojik ve magneto-morfolojik özellikleri incelenmiştir. Şekil 4.87.'de bir örnek olarak, W_E11 örneğinin manyetik alan etkisi olmadan sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra ve zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Kaydedelim ki, W_E11 örneğinde de benzer tekstür dönüşümleri gözlenmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi, başlangıçta küçük yelpaze ve konfokal oluşumlu tekstürde zaman içinde bu oluşumların boyutlarının artması ve renklerin değişmesi gözlenmiştir. Konfokal ve yelpaze oluşumlarının renklerinin değişmesi, örnek içinde liyotropik sistemde yol farkının oluşmasından kaynaklanmaktadır. Bu da örneğin hacminde zaman içinde katmanların oluşmasını ve birbirine göre kaymasını gösterir.



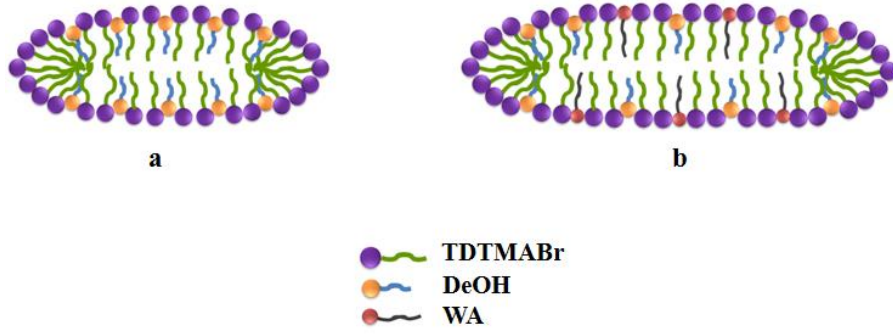
Şekil 4.87. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_E11 örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.

Şekil 4.88.'de manyetik alan etkisi altında bulunan W_E11 örneğinin magneto-morfolojik dönüşümleri gösterilmiştir. Şekilden görüldüğü gibi, manyetik alan etkisi altında bulunan ve manyetik alan etkisinde bulunmayan örneklerde tekstür dönüşümleri hemen hemen aynıdır. Bu sonuçlar gösterir ki, optiksel etkin malzemenin yüksek konsantrasyonlarında (%7.75 ÷ %10.00) WA'nın etkisi

kaybolmaktadır. Bilindiği gibi, hekzagonal E mezofazın çubuksu misellerin uzunlukları genelde $\sim 2800\text{\AA} \div 3500\text{\AA}$ civarındadır. Genelde optiksel etkin malzemenin, özellikle de WA'nın, liyotropik sistemine eklenmesi ile misellerin boyutları artmaktadır (Sonin, 1987; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Dörfler, 2002). Çubuksu misellerin boyutlarının artması ile liyotropik sistemin viskozitesi artmaktadır ve misellelerin mobiliteleri azalmaktadır. Bu durumda optiksel etkin malzemenin etkisi de yetersiz kalarak, kiral yapının meydana gelmesini sağlayamamaktadır. Ayrıca, Tykarska ve arkadaşlarının (2010) yapmış olduğu çalışmada gösterildiği gibi, sıvı kristalik malzemenin molekül uzunluğunun büyüklüğü kiral yapının oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Kiral yapının (liyotropik kolesterik mezofazı, Ch) elde edilmesi için genelde kısa alkil zincirli olan amfifil malzemeler kullanılmıştır, özellikle 10 adet CH_2 gruba sahip sodyum desilsulfat ve 12 adet CH_2 gruba sahip sodyum dodesilsulfat. Bu çalışmada ise 14 adet CH_2 gruba sahip TDTMABr malzemesi kullanılmıştır. Tüm bu hususlar %7.75 \div %10.00 WA katkılı liyotropik sistemlerde kiral yapının elde edilmesini zorlamıştır.



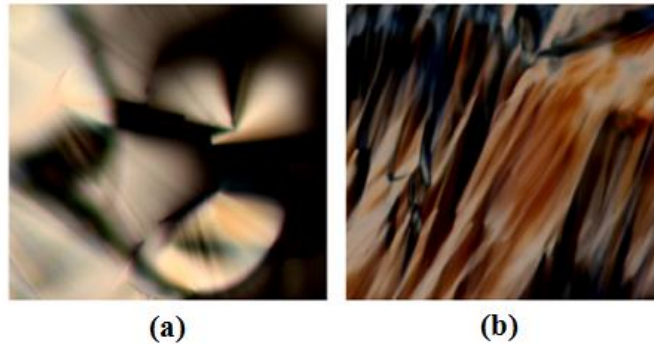
Şekil 4.88. WE11 örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.



Şekil 4.89. TDTMABr+DeOH+H₂O (a) ve TDTMABr+DeOH+H₂O+WA (b) liyotropik sistemlerde sanki sonsuz uzunluklu çubuksu misellerin şematik gösterimi.

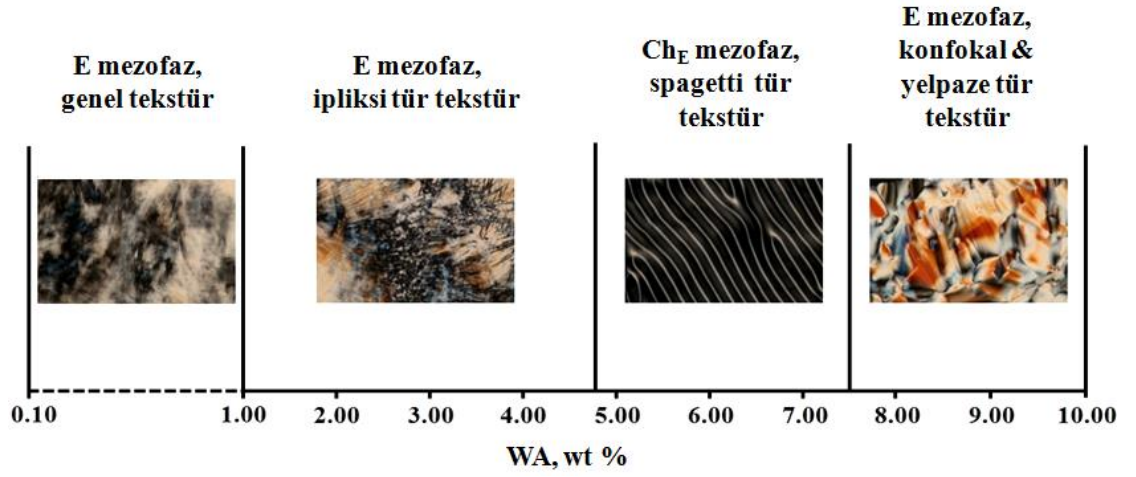
Şekil 4.89.'da şematik olarak WA katkısı olmayan ve WA katkılı olan hekzagonal E mezofazın miselleri gösterilmiştir.

Konfokal ve yelpaze tür oluşumların tekstürleri Şekil 4.90.'da verilmiştir. Hiperbol, elips düzlemine dik bir şekilde yerleştirilir ve bu elipsin odak noktası boyunca yönelir. Hiperbol ve elipsin tüm noktalarından geçen çizgiler, koni çifti tarafından kısıtlanan alanı oluşturur (Sonin, 1983; Kazancı vd., 2000; Dierking, 2003). Bu alan, Şekil 4.90a.'da görüldüğü gibi konfokal oluşumların geometrik resmini oluşturmaktadır. Yelpaze tür tekstürde (Şekil 4.90b.) konfokal oluşumların elipsleri, örnek düzlemine dik olan düzlemde bulunur. Bu elipsler yelpaze tür çizgiler boyunca yerleşir (Sonin, 1983; Kazancı vd., 2000; Dierking, 2003). Bu düzenleme yelpaze tür oluşumların ortaya çıkmasına neden olur.



Şekil 4.90. Tipik konfokal (a) ve yelpaze (b) tür oluşumların tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde (W_{E1}-W_{E12} örnekleri) WA' nın konsantrasyonuna bağlı hekzagonal E mezofazı için diyagram Şekil 4.91.'de verilmektedir.



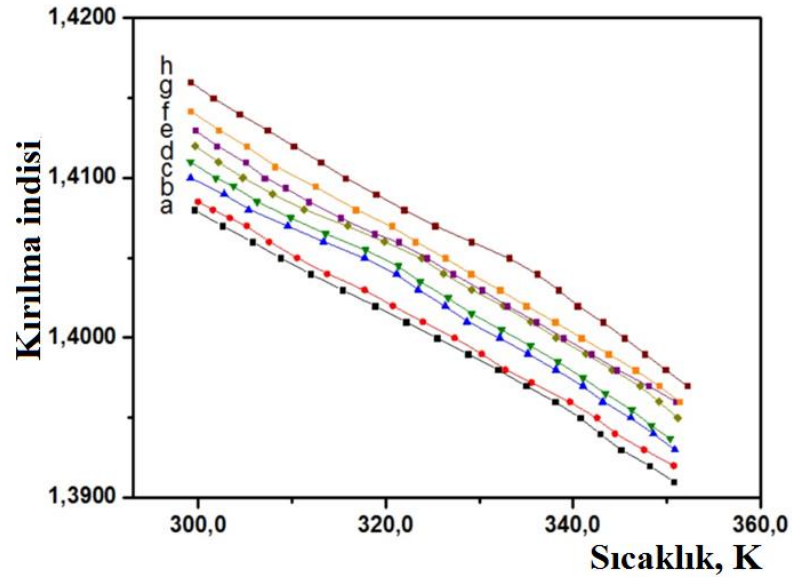
Şekil 4.91. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde WA konsantrasyonuna bağlı hekzagonal E mezofazının morfolojik durumu.

Bu sonuçlar ışığında, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde hekzagonal E mezofazının WA konsantrasyonuna bağlı çeşitli tekstürleri (özgül ve özgül olmayan) ve değişik yapısal özelliklere sahip halleri elde etmek için etkin bir yol olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle %4.75 ÷ %7.50 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan W_{E6}-W_{E10} örneklerinde hekzagonal E mezofazında belirgin spiral adımına sahip kirali yapı (Ch_E mezofaz) elde edilmiştir. Bu durum hekzagonal E mezofazı için teknik ve teknolojik açıdan geniş uygulama ve çalışma olanağı sunmaktadır ve kirali yapıyı meydana getiren sanki sonsuz boyuta sahip misellerden oluşan E mezofazı için yeni uygulama alanlarında yol açmaktadır.

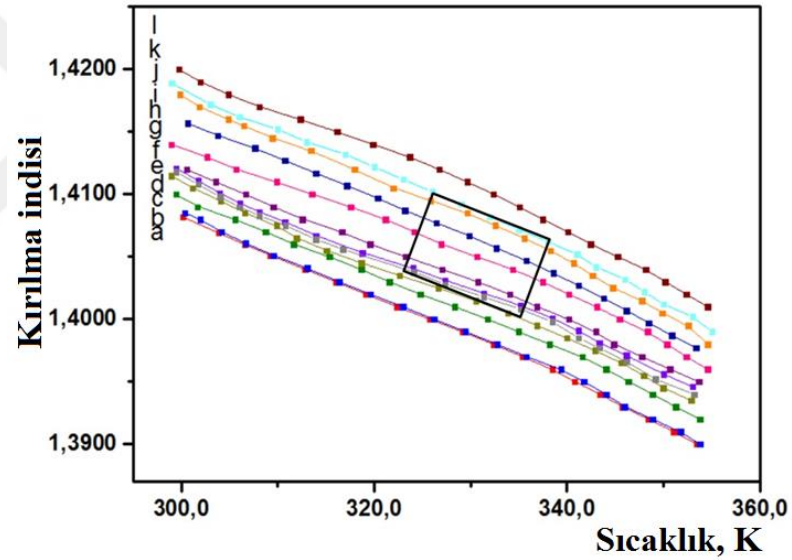
4.5.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

Bu kısımda TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA ve WA eklenmesi ile elde edilen liyotropik sistemlerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.92.'de E1, T_{E1}-T_{E7} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağımlılığı $n = n(T)$ verilmiştir. Şekil 4.93.'de ise W_{E1}-W_{E12} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağımlılığı $n = n(T)$ verilmiştir.



Şekil 4.92. TDTMABr+H₂O+DeOH ve TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemin kırılma indisin sıcaklığa bağlı değişimi. a- E1 örnek; b- T_E1 örnek; c- T_E2 örnek; d- T_E3 örnek; e- T_E4 örnek; f- T_E5 örnek; g- T_E6 örnek; h- T_E7 örnek.



Şekil 4.93. TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemin kırılma indisin sıcaklığa bağlı değişimi. a- W_E1 örnek; b- W_E2 örnek ; c- W_E3 örnek; d- W_E4 örnek; e- W_E5 örnek; f- W_E6 örnek; g- W_E7 örnek; h- W_E8 örnek; i- W_E9 örnek; j- W_E10 örnek; k- W_E11 örnek; l- W_E12 örnek. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.

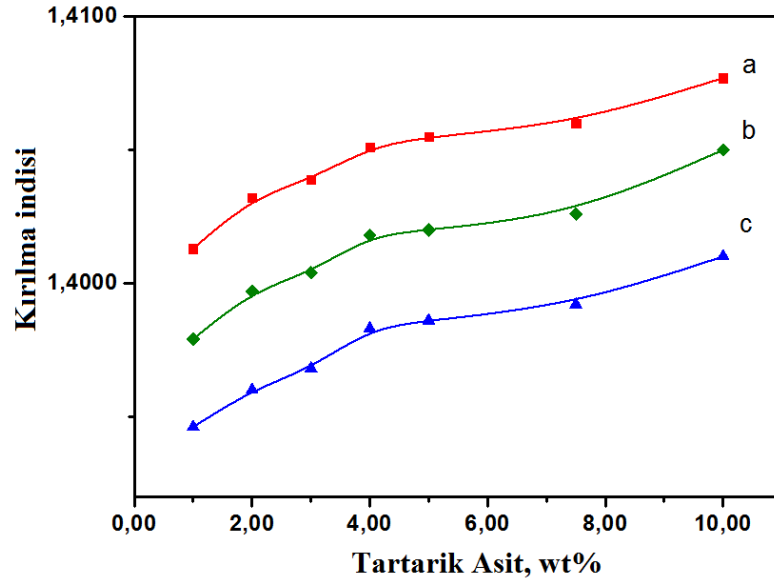
Şekil 4.92. ve Şekil 4.93.'de görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemi için incelenen tüm örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmektedir. T_E1-T_E7 ve W_E1-W_E12 örnekleri için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışı sırasıyla $\langle n \rangle = 1.5171 - 3.3840 \times 10^{-4} \times T$ ve $\langle n \rangle = 1.5208 - 3.3533 \times 10^{-4} \times T$ denklemleri ile karakterize edilebilir. Kırılma

indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışına bakıldığında sıcaklığın artması ile birlikte liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunun azaldığını söyleyebiliriz. Ayrıca, Şekil 4.92. ve Şekil 4.93.'den görüldüğü gibi TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemin (W_{E1}-W_{E12} örnekler) kırılma indisinin değerleri, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemin (T_{E1}-T_{E7} örnekler) kırılma indisinin değerlerinden daha yüksektir. Bu husus, WA asitinin TA asiti ile kıyasla liyotropik sistemlerde kırıcılık özelliklerinin artmasında ve dolayısıyla bu sistemlerin optiksel yoğunluğunun artmasında daha etkin olduğunu göstermektedir.

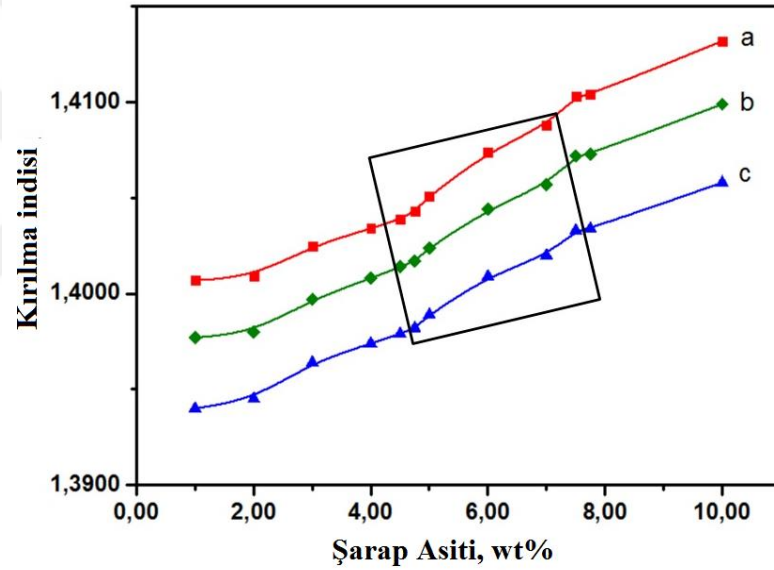
Şekil 4.93.'de dikdörtgen şeklindeki çizgi ile kiral yapıyı sergileyen örnekler gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde farklı spiral adımına sahip kiral yapıyı sergileyen ve kiral yapıyı sergilemeyen örneklerin $n = n(T)$ bağıntılarının karakteri aynıdır. Yani, kiral yapıyı sergileyen ve kiral yapıyı sergilemeyen örneklerin optiksel izotropik özelliklerinin karakteri aynıdır.

Kaydedelim ki, T_{E1}-T_{E7} ve W_{E1}-W_{E12} örneklerinin ısıtma-soğutma-ısıtma süreçlerinde $n = n(T)$ davranışı tekrarlanabilir. Bu durum TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde heksagonal E mezofazın optiksel özelliklerinin termal olarak kararlı olduğunu göstermektedir.

Şekil 4.94.'de T_{E1}-T_{E7} örnekleri (A grafiği) ve W_{E1}-W_{E12} örneklerinin (B grafiği) kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı $n = n(c)$ verilmiştir.



A



B

Şekil 4.94. T_{E1}-T_{E7} örnekleri ve W_{E1}-W_{E12} örnekleri için kırılma indisinin A- TA konsantrasyonuna ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.

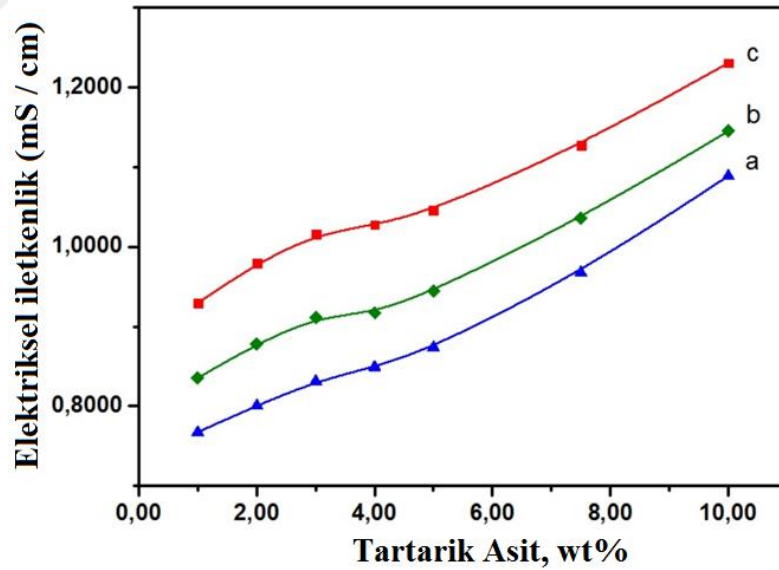
Şekil 4.94.'de görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde TA ve WA konsantrasyonun artması ile kırılma indisi değerlerinde artış gözlenmiştir. Şekil 4.92B'de kare şeklindeki çizgi ile kiral yapıyı sergileyen örnekler gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde kırılma indisinin $n = n(c)$ konsantrasyona bağlılığında kritik değişim gözlenmemektedir. Ayrıca Şekil 4.94.'de görüldüğü üzere, TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine

WA eklenmesi, aynı liyotropik sisteme TA eklenmesinden daha yüksek kırıcılığa sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı durum kırılma indisinin sıcaklığa bağlı davranışı için de gözlenmiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde kırılma indisi arasındaki fark $\delta\langle n \rangle \approx 0.0125$ iken, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde bu değer $\delta\langle n \rangle \approx 0.0064$ 'dir. Böylece TA ve WA katkısı ile oluşan bu değişim, liyotropik sıvı kristal sistemin optiksel kırıcılık özelliklerini ve $\delta\langle n \rangle$ değerlerini kontrol etmeyi mümkün hale getirmektedir.

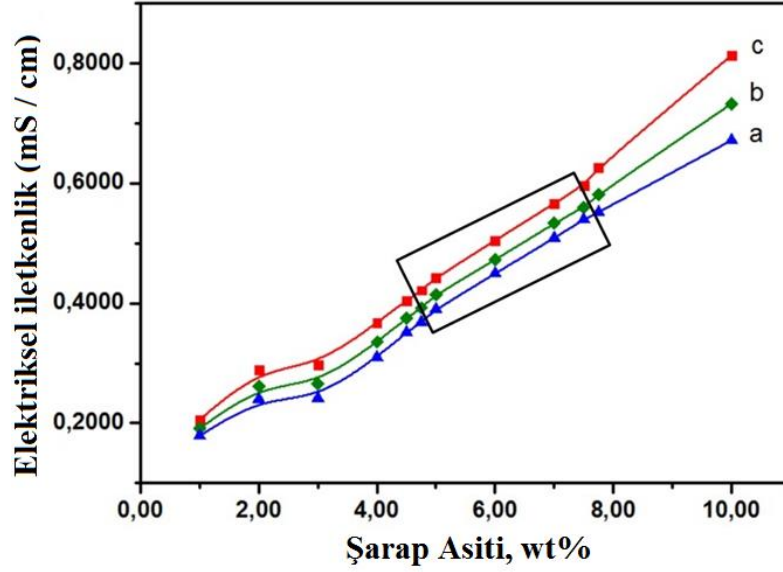
4.5.3. Öz Elektriksel İletkenlik Özellikler

Çalışmamızın bu kısmında TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde hekzagonal E mezofazının öz elektriksel iletkenliğin sıcaklığa ve TA ve WA kiral katkıların konsantrasyona bağlılıkları incelenmiştir.

Şekil 4.95.'de üç farklı sıcaklık için TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerde öz elektriksel iletkenliğin sıcaklık - konsantrasyon bağlılıkları verilmektedir.



A



B

Şekil 4.95. T_{E1}-T_{E7} örnekleri ve W_E -W_{E12} örnekleri için öz elektriksel iletkenliğin A- TA konsantrasyonuna ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K. Dikdörtgen kesit kiral yapıya sahip bölgenin konsantrasyonunu göstermektedir.

Şekil 4.95.'de görüldüğü üzere sıcaklığın artmasına bağlı olarak öz elektriksel iletkenlik artmaktadır. Sıcaklığın artması ile elektriksel iletkenlikteki artış, TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine WA ve TA kiral katkısının eklenmesi ile yük mobilitesinin artması ile ilişkilidir. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 1.0 \text{ mS cm}^{-1}$ iken, TDTMABr + H₂O + DeOH + WA liyotropik sisteminde bu değer $\sigma \sim 0.6 \text{ mS cm}^{-1}$ 'dir. Çeşitli liyotropik sistemlerde farklı mezofazlar için elektriksel iletkenlik değerleri örneklendirilebilir. Garbovskiy ve arkadaşlarının (2007) yapmış olduğu çalışmada potasyum kaproat+su ikili liyotropik sistemde lamellar D mezofazında öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 100 \text{ mS cm}^{-1}$; Matveeva ve arkadaşlarının (2012) yapmış olduğu çalışmada potastum laurat + su + potasyum klorid üçlü liyotropik sisteminde lamellar D mezofazında öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 100 \div 150 \text{ mS cm}^{-1}$; Nesrullajev ve Kazancı'nın (1998) yapmış olduğu çalışmada n,n-miristil-n-trimetil-n-amonyum bromid+su+1-dekanol ve n,n-dimetil-n-etil-n-hekzadesilamonyum bromid + su üçlü liyotropik sistemlerinde N_C ve N_D mezofazında öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 5.0 \text{ mS cm}^{-1}$; Nesrullajev 'in (1991) yapmış olduğu çalışmada n,n-dimetil-n-hekzadesil-n-amonyum bromid + su ikili liyotropik sisteminde lamellar D mezofazında öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 15 \text{ mS cm}^{-1}$ ve n,n-dimetil-n-

hekzadesil-n-pentilamonyum bromid+su ikili liyotropik sisteminde hegzagonal E mezofazında elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 30 \text{ mS cm}^{-1}$; Kuzmin ve Yurtov (2015) yapmış olduğu çalışmada dodesilbenzensulfonik asit potasyum tuzu + su liyotropik sisteminde lamellar D ve hegzagonal E mezofazında öz elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla $\sigma \sim 10 \text{ mS cm}^{-1}$ ve $\sigma \sim 32 \text{ mS cm}^{-1}$ 'dir. Referans verdiğimiz araştırmalar sonuçları ışığında yapmış olduğumuz çalışmada hegzagonal E mezofazında öz elektriksel iletkenlik değerinin oldukça düşük büyüklüğe sahip olduğu sonucuna varılmaktadır. Böylece, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemlerde gözlenen E mezofazın sanki-yalıtkan özelliklerine sahip olduğunu görebiliriz. Bu da belirgin uygulama alanlarında söz konusu sistemlerin avantajlı malzemeler olarak kılmaktadır.

Şekil 4.95B.'de dikdörtgen şeklindeki çizgi ile kiral yapıyı sergileyen örnekler gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde farklı spiral adımına sahip kiral yapıyı sergileyen ve kiral yapıyı sergilemeyen örneklerin $\sigma = \sigma(c)$ bağıntılarının karakteri aynıdır. Söz konusu örnekler için öz elektriksel iletkenliğin konsantrasyon bağıntılarında herhangi bir kritik değişim gözlenmemiştir.

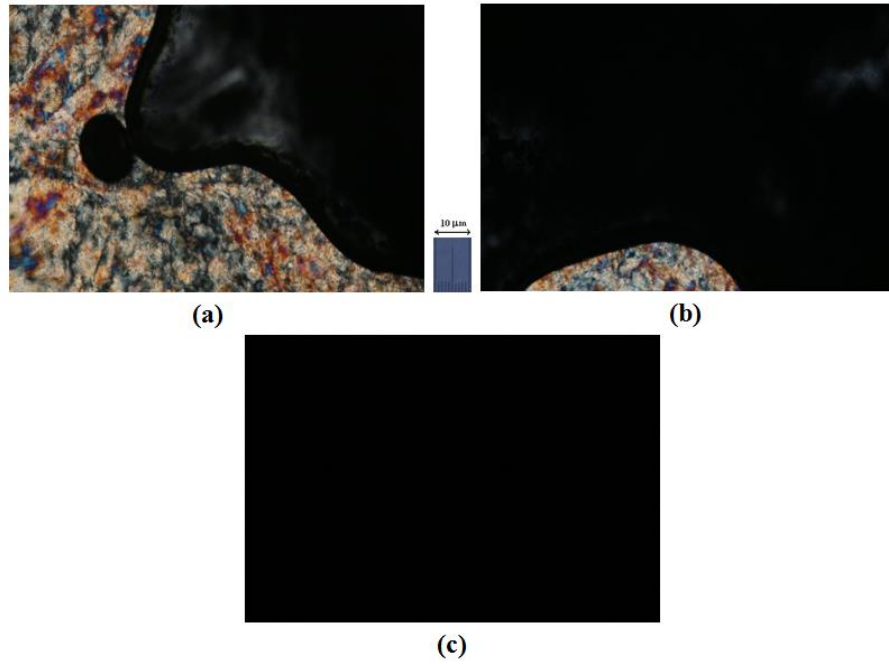
Bunun yanı sıra Şekil 4.95.'de görüldüğü üzere öz elektriksel iletkenlik değeri TA ve WA konsantrasyonun artmasına bağlı olarak artış göstermiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde ortalama öz elektriksel iletkenlik aralığı $\Delta(\sigma) \sim 0.61 \text{ mS cm}^{-1}$ iken, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde bu değer $\Delta(\sigma) \sim 0.30 \text{ mS cm}^{-1}$ 'dir. Fakat Şekil 4.93.'de görüldüğü üzere, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde öz elektriksel iletkenlik değeri, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde öz elektriksel iletkenlik değerinden biraz daha büyüktür. Bu yüzden TA ve WA kiral katkılarının arttırılıp veya azaltılması TDTMABr+H₂O+DeOH+Kiral Katkı liyotropik sistemin hegzagonal E mezofazında öz elektriksel iletkenlik büyüklüklerinin kontrol etme olanağını sağlamaktadır.

4.5.4. Hekzagonal E Mezofaz–İzotropik Sıvı Faz Geçiş Bölgelerin Özellikleri

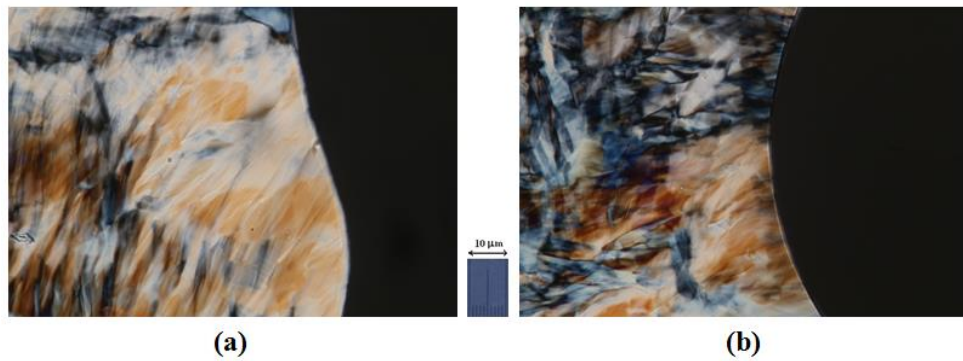
Liyotropik sıvı kristallerin önemli özellikleri termotropik faz geçişleridir. Bu çalışmamızda hegzagonal E mezofazın termotropik faz geçişin heterofaz bölgesi

incelenmiş ve termotropik faz geçiş sıcaklığı belirlenmiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde hekzagonal E mezofazın termotropik faz geçiş sıcaklıkları kapilyar sıcaklık kama düzeneği (KSK) kullanılarak belirlenmiştir.

Şekil 4.96.'da bir örnek olarak, W_{E4} örneğinin ısıtma ile farklı sıcaklıklarda gözlenen tekstürleri verilmiştir. Şekil 4.97.'de ise W_{E4} örneğinin KSK yöntemi kullanılarak ısıtma ile gözlenen düz *E mezofazı-I* ve soğutma ile gözlenen ters *I-E mezofaz* termotropik faz geçiş bölgelerindeki heterofaz alanları verilmektedir.



Şekil 4.96. W_{E4} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 340.3 K, b) 352.0 K ve c) 358.1 K.

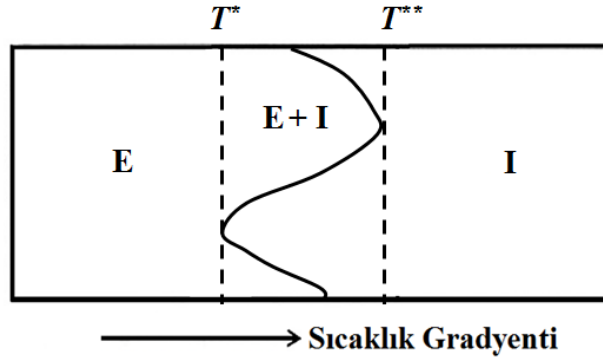


Şekil 4.97. W_{E4} örneğinin düz *E mezofazı-I* (a) ve ters *I-E mezofazı* (b) termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.96. ve Şekil 4.97.'de görüldüğü üzere hegzagonal E mezofazından izotropik sıvı haline keskin bir şekilde termotropik faz geçişi gözlenmemektedir. Söz konusu geçişlerde düşük sıcaklıklı faz (E mezofazı) ve yüksek sıcaklıklı faz (izotropik sıvı) iç içe geçmiş durumdadır. Yani, E mezofazın termik bölgesinde izotropik sıvı bulunmakta ve izotropik sıvının termik bölgesinde E mezofazı bulunmaktadır. Şekil 4.97a. ve Şekil 4.97b.' de görüldüğü gibi düz *E mezofazı-I* (a) ters *I-E mezofazı* (b) faz geçişlerinde heterofaz alanın genişliği gayet geniştir. Bilindiği gibi bu genişlik,

$$\Delta T = T^{**} - T^* \quad 4.16$$

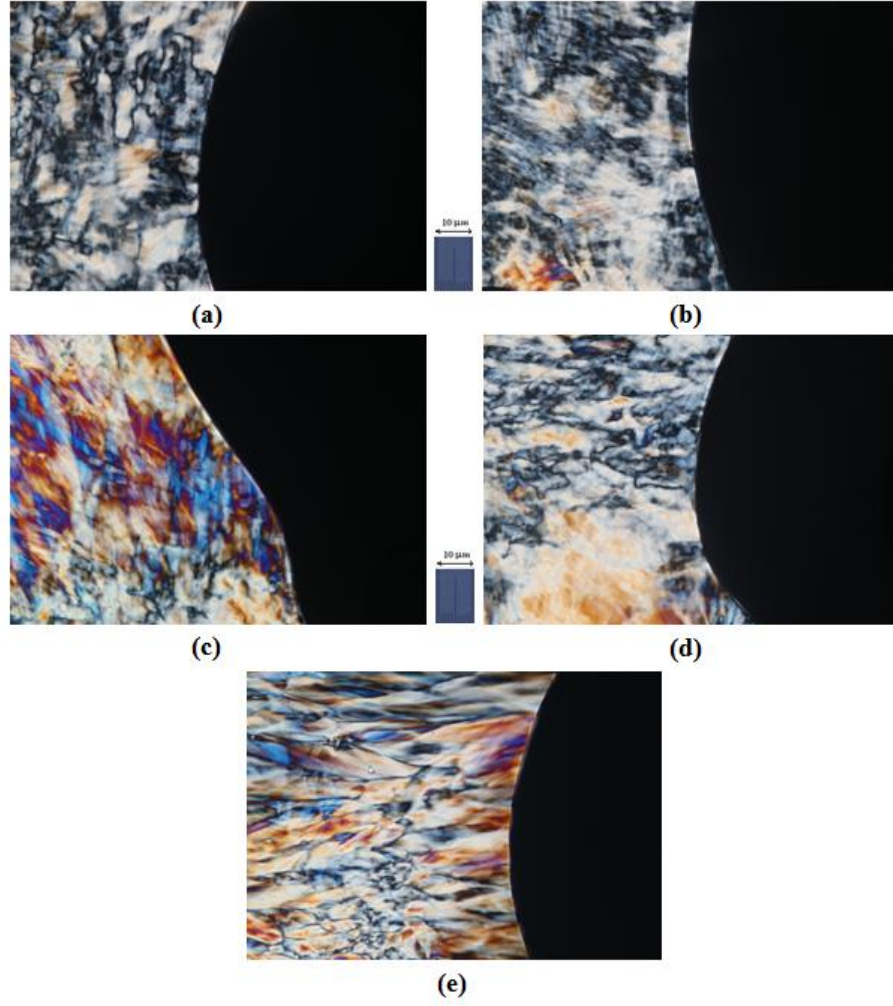
denklem ile ifade edilir (de Gennes, 1976; Sonin, 1984; Toledano, 1987; Singh, 2000; Anisimov, 1988; de Gennes, 2003). İncelemekte olduğumuz örneklerde $T^{**} > T^*$ ve $\Delta T = T^{**} - T^* \neq 0$ durum sağlanmaktadır.



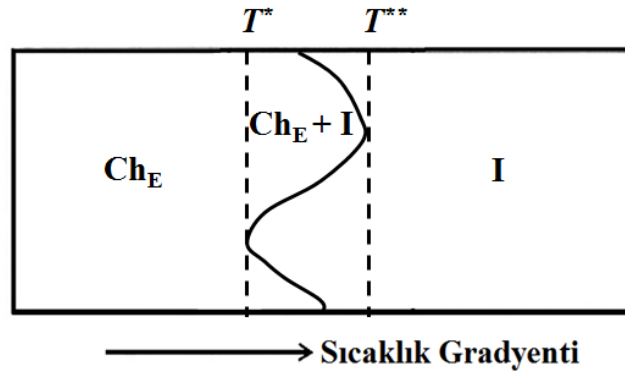
Şekil 4.98. E mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (E+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistem.

Spagetti tür tekstür (kiral yapının olduğunu gösteren tekstür) oluşumlarına sahip W_{E6}-W_{E10} örneklerinin termo-morfolojik özellikleri de ayrı incelenmiştir. Şekil 4.99.'da W_{E6}-W_{E10} örneklerinde *Ch_E mezofazı-izotropik sıvı* (*Ch_E-I*) termotropik faz geçiş bölgesi verilmektedir.

Çalışmamızda kiral yapıyı sergileyen ve spagetti tür tekstürleri ile karakterize edilen W_{E6}-W_{E10} örneklerinin termo-morfolojik özellikleri incelenmiştir. Şekil 4.99.'da görüldüğü üzere W_{E6}-W_{E10} örneklerinin hepsinde *Ch_E mezofazı-I* faz geçişi, Şekil 4.97.'de görüldüğü gibidir. W_{E6} ve W_{E10} örneklerinde *Ch_E mezofazı-I* faz geçişin heterofaz alanı gayet geniştir.



Şekil 4.99. Kiral yapıyı sergileyen Ch_E mezofazı-izotropik sıvı faz geçiş bölgesi . a- W_{E6} örneği; b- W_{E7} örneği; c- W_{E8} örneği; d- W_{E9} örneği; e- W_{E10} örneği. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. Şekil 4.100.'de, Ch_E mezofazı-I faz geçişin heterofaz alanın şematik görünümü verilmektedir.



Şekil 4.100. Ch_E mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki heterofaz alanın (Ch_E+I bölgesinin) şematik görünümü. TDTMABr+ H_2O +DeOH+WA liotropik sistem.

Çizelge 4.14.'de W_{E6} - W_{E10} liyotropik örneklerin Ch_E mezofazı-I faz geçişi sıcaklıkları verilmektedir.

Çizelge 4.14. W_{E6} - W_{E10} liyotropik örneklerinde Ch_E -I faz geçişin sıcaklık değerleri.

Örnek Sembolü	Mezofaz Türü	Ch_E -I Faz Geçiş Sıcaklığı, K
W_{E6}	Ch_E	357.7
W_{E7}	Ch_E	363.0
W_{E8}	Ch_E	364.8
W_{E9}	Ch_E	369.1
W_{E10}	Ch_E	371.6

Çalışmamızda W_{E6} - W_{E10} örneklerin Ch_E mezofazı-I faz geçişi sıcaklıkları belirlenmiştir. Bu sıcaklıklar Çizelge 4.14.'de verilmiştir. Bu çizelgeden görüldüğü gibi, TDTMABr+ H_2O +DeOH liyotropik sistemine WA kiral katkı eklenmesi ile Ch_E mezofazı-I faz geçiş sıcaklıkları değişmektedir. Öyle ki, WA kiral katkının konsantrasyonu TDTMABr+ H_2O +DeOH liyotropik sisteminde artması, söz konusu faz geçiş sıcaklığın artmasını sağlamaktadır. Ch_E mezofazı-I faz geçiş sıcaklıklarının artması, kiral katkı etkisi ile çubuksu misellerin biçimlerin ve boyutların değişmesinden kaynaklanabilmektedir.

4.6. LİYOTROPİK LAMELLAR D MEZOFAZIN DİNAMİK ÖZELLİKLERİ

Çalışmanın bu bölümünde liyotropik sıvı kristalik lamellar D mezofazın optiksel etkin malzemeler olarak şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA) katkısı ile termomorfolojik, manyeto-morfolojik, öz elektriksel iletkenlik ve optiksel kırıcılık özellikleri üzerinde etkisi araştırılmıştır.

Liyotropik lamellar D mezofazı için dört bileşenli liyotropik sistemler TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA karışımı olacak şekilde iki farklı örnek grupları olarak hazırlanmıştır. Toplamda 15 adet hazırlanan örnekler ağırlıkça TDTMABr, H₂O ve DeOH konsantrasyonları toplamda %100 olacak şekilde Çizelge 4.15.'de verilen konsantrasyon oranlarında seçilmiştir.

Çizelge 4.15. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerin konsantrasyon oranları

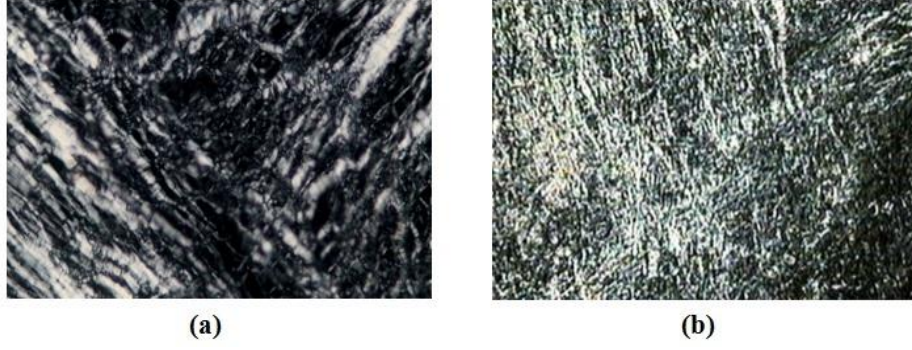
Örnek No	TDTMABr wt%	H ₂ O wt%	DeOH wt%	TA wt%	WA wt%
D1	15.00	65.00	20.00	-	-
T _D 1	15.00	65.00	20.00	1.00	-
T _D 2				2.00	-
T _D 3				3.00	-
T _D 4				4.00	-
T _D 5				5.00	-
T _D 6				7.50	-
T _D 7				10.00	-
W _D 1	15.00	65.00	20.00	-	1.00
W _D 2				-	2.00
W _D 3				-	3.00
W _D 4				-	4.00
W _D 5				-	5.00
W _D 6				-	7.50
W _D 7				-	10.00

4.6.1. Termo-Morfolojik ve Magneto-Morfolojik Özelliklerinin Dönüşüm Dinamiği

Liyotropik lamellar D mezofazı bilindiği üzere, sanki - sonsuz çapa sahip plakalı misellerden oluşmuştur. Bu misellerin kalınlığı amfifil moleküllerin uzunluğunun yaklaşık olarak iki katına sahip ve çift katlı yapı olacak şekilde paketlenmiş yapılardır. D mezofazın miselleri "lamelle" olarak adlandırılır. Liyotropik lamellar D mezofazın yön vektörü lamelle tabakasına diktir. Optiksel olarak söz konusu mezofaz tek eksenlidir ve pozitif çift kırıcılığa sahiptir.

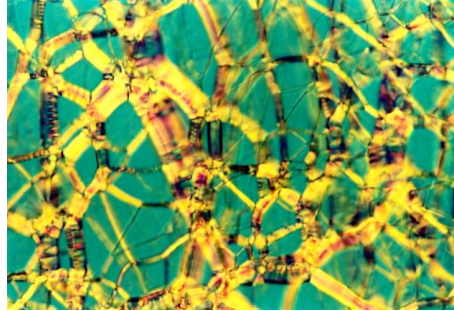
Şekil 4.101a.'da D1 örneğinin genel tekstürü verilmektedir. Buna göre D1 örneği tipik "yağlı şerit" olarak adlandırılan (oily streaks) oluşumlara sahip bir tekstür sergilemiştir. "Yağlı şerit" oluşumlar çiftkırılmaya sahip olarak küçük konfokallerden oluşmuş olacak şekilde izotropik arka fon üzerinde meydana gelmektedir. Söz konusu oluşumların kalınlıkları farklıdır. Kalınlıkların farklı olmasının nedeni nedeni, söz konusu oluşumlar farklı sayıya sahip katmanları içerdiğinden kaynaklanmaktadır.

Bilindiği üzere "yağlı şerit" (oily streaks) oluşumlar tabakalı yapıdaki sıvı kristalik mezofazlarda çok yaygın olarak görülen tekstürlerdir (Saupe; 1977; Demus, 1980; Candau vd., 1982; Kurik vd., 1988; Dierking, 2003; Nemitz ve ark., 2016). Bu oluşumlar küçük konfokal oluşumlardan ve bunların birleşmesinden meydana gelmektedir. Ayrıca bu oluşumlara sahip tekstürler farklı liyotropik sistemlerde (Özden vd., 2010; Boltenhagen vd., 1991; Chistyakov, 1966; Schneider ve Webb, 1984; Basappa vd., 1999; Muniandy vd., 2003; Nesrullajev, 2013) ve termotropik kolesterik mezofazlarda (Demus, 1980; Dierking, 2003; Xhang vd., 2002; Lavrentovich, 2001; Nesrullajev, 2020) genellikle lamellar mezofazında çeşitli araştırmacılar tarafından gözlenmiştir. Bir örnek olarak, Şekil 4.101b.'de Quian'ın (2015) yapmış olduğu lamellar D mezofazının "yağlı şerit" oluşumlarına sahip tekstür verilmektedir.

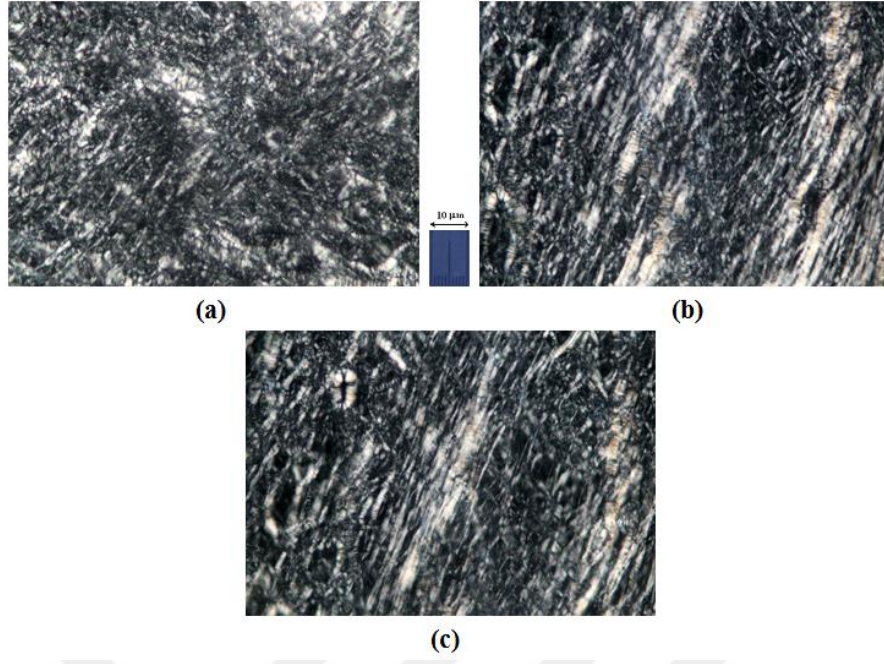


Şekil 4.101. (a) D1 örneğinin (Altınay and Nesrullajev, 2020) ve (b) Liyotropik lamellar D mezofazının (Quian, 2015) tekstürleri.

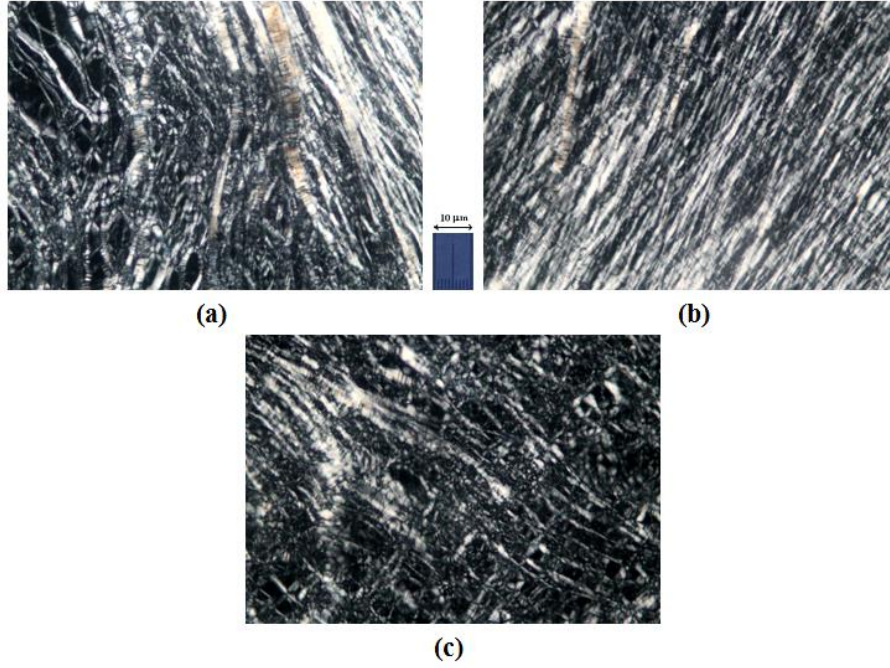
Kaydedelim ki, “yağlı şerit” oluşumlu tekstürler termotropik kolesterik mezofazlarda da rastlanan tekstürdür. Ancak D mezofazındaki “yağlı şerit” oluşumlu tekstürlerin morfolojik ve optiksel özellikleri, termotropik kolesterik mezofazındaki söz konusu tekstürlerin morfolojik ve optiksel özelliklerinden farklıdır. Öyle ki, “yağlı şerit” oluşumları D mezofazında izotropik fon üzerinde meydana gelmektedir; o ise söz konusu oluşumlar termotropik kolesterik mezofazında optiksel etkin fon üzerinde meydana gelmektedir. Bu husus D mezofazında ve termotropik kolesterik mezofazında meydana gelen “yağlı şerit” oluşumlu tekstürleri farklı kılmaktadır (Dierking, 2003; Kurik ve Lavrentovich, 1989; Boltenhagen vd., 1991; Altınay ve Nesrullajev, 2020). Bir örnek olarak Şekil 4.102.’de termotropik kolesterik mezofazında gözlenen “yağlı şerit” oluşumlu tekstür gösterilmiştir.



Şekil 4.102. Termotropik kolesterik mezofazında gözlenen tipik “yağlı şerit” oluşumlu tekstür. Şekil 4.103.’de D1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan ve sandviç-hücre doldurulduktan 24 saat sonra, 48 saat sonra ve 72 saat sonraki tekstürler verilmektedir. Şekil 4.104.’de ise manyetik alan etkisi altında D1 örneğinin zamanla manyetik alan etkisi altındaki tekstürleri verilmektedir.



Şekil 4.103. D1 örneğinin manyetik alanın etkisi olmadan zamanla oluşan tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra ve c) 72 saat sonra.



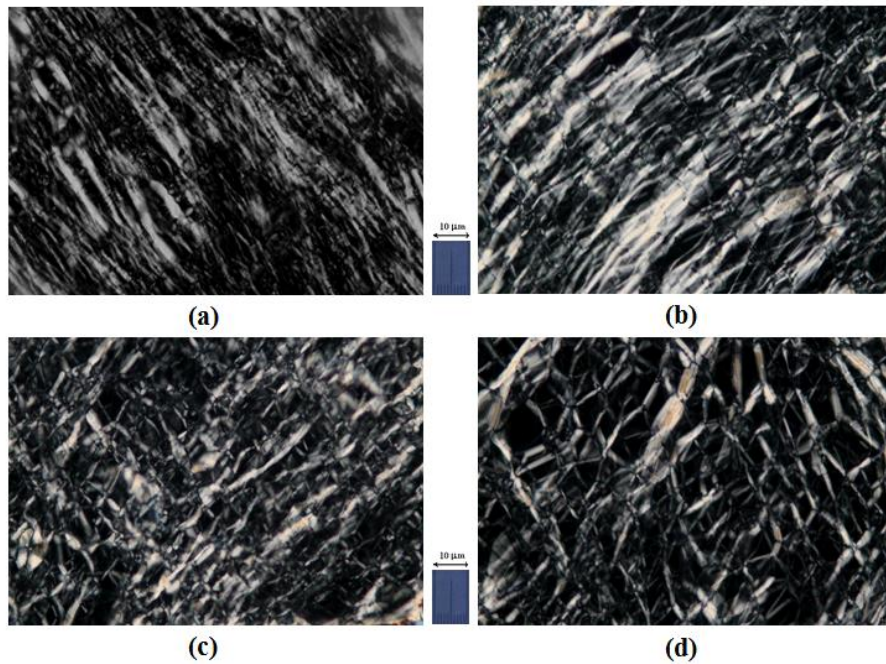
Şekil 4.104. D1 örneğinin zamanla manyetik alan etkisi ile zamanla meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Şekil 4.103. ve Şekil 4.104.'de görüldüğü üzere, D1 örneğinin zamanla manyetik alan uygulanmadan ve manyetik alan etkisi altındaki tekstür türü değişmemiştir. Sadece

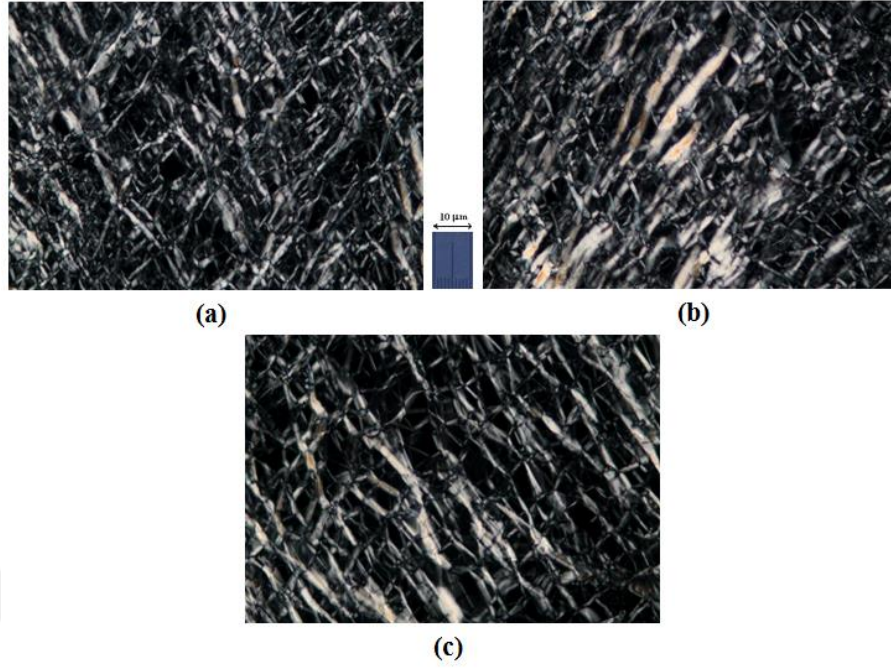
"yağlı şerit" oluşunların konumu ve hacimsel yoğunlukları değişmiştir. Yani, D1 rneğinde izotropik fon üzerinde bulunan "yağlı şerit" oluşumlara sahip tekstürün kararlı bir durum sergilediğini söyleyebiliriz. Diğer bir deyişle TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde lamellar D mezofazın zamana bağlı morfolojik ve magneto- morfolojik zellikleri D1 rneği için karardır. Benzer sonuçlar HDTMABr+H₂O+DeOH ve SDDS+H₂O+DeOH l liyotropik sistemlerinde D mezofazı için de gözlenmiştir (zden vd., 2010; Nesrullajev, 2017).

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde D mezofazının morfolojik özelliklerinde bazı etkiler gözlenmektedir. Öyle ki, %1.00  %10.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde (T_D1-T_D7 rnekleri) D mezofazın tekstürlerinde sanki-izotropik arka fonun genişlemesi ve örneklerin hacminde "yağlı şerit" oluşumlara sahip dağılımın değişmesi gibi etkiler gözlenmiştir.

şekil 4.105.'de bir örnek olarak, T_D5 örneğinin manyetik alan etkisi olmadan sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra ve zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. şekil 4.106.'da ise bir örnek olarak, T_D5 örneğinin zamanla manyetik alan etkisi altında gözlenen tekstürler verilmektedir.



Şekil 4.105. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan T_{D5} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.



Şekil 4.106. T_{D5} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstürler dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

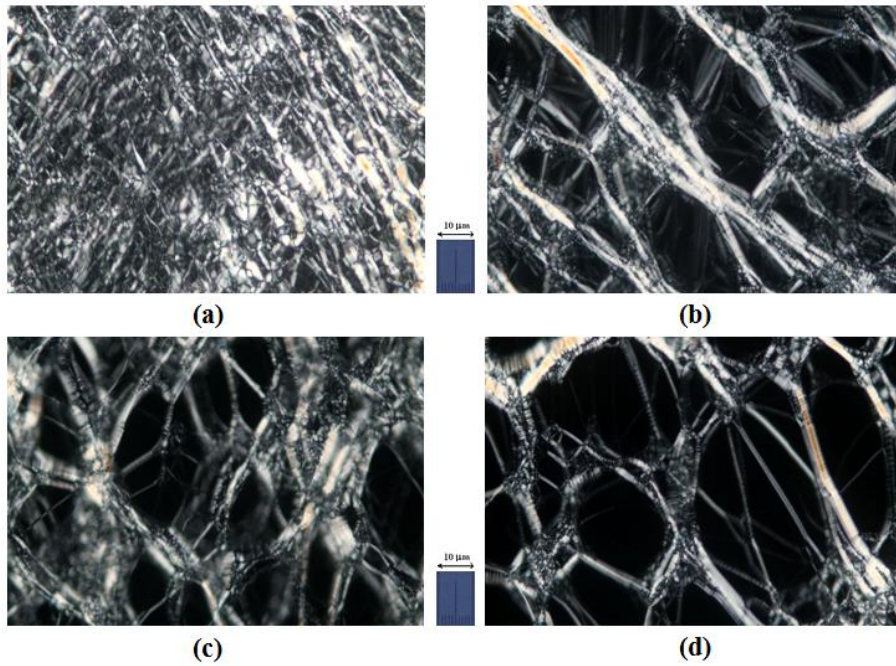
Şekil 4.105a.'da görüldüğü üzere T_{D5} örneği, D1 örneğinde gözlemlendiği gibi sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlara sahip tekstür türü sergilemektedir. Ayrıca Şekil 4.105b., Şekil 4.105c. ve Şekil 4.105d.'de T_{D5} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunmayan zamanla değişime uğrayan tekstürlere bakıldığında, morfolojik özelliklerinde bazı dönüşümler gözlenmiştir. Bu dönüşümler sanki-izotropik arka fon bölgesinin genişlemesi ve "yağlı şerit" oluşumların yüzeysel ve hacimsel dağılımının değişmesinden kaynaklanmaktadır.

T_{D5} örneğinin manyetik alan etkisi altındaki meydana gelen tekstüre ve manyetik alan etkisinde zamanla tekstür dönüşümüne bakıldığında, tekstür türünün değişmediği gözlenmektedir (Şekil 4.106.). Başka bir deyişle, %1.00 ÷ %10.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemde D mezofazın magneto-morfolojik özellikleri zamanla kararlıdır.

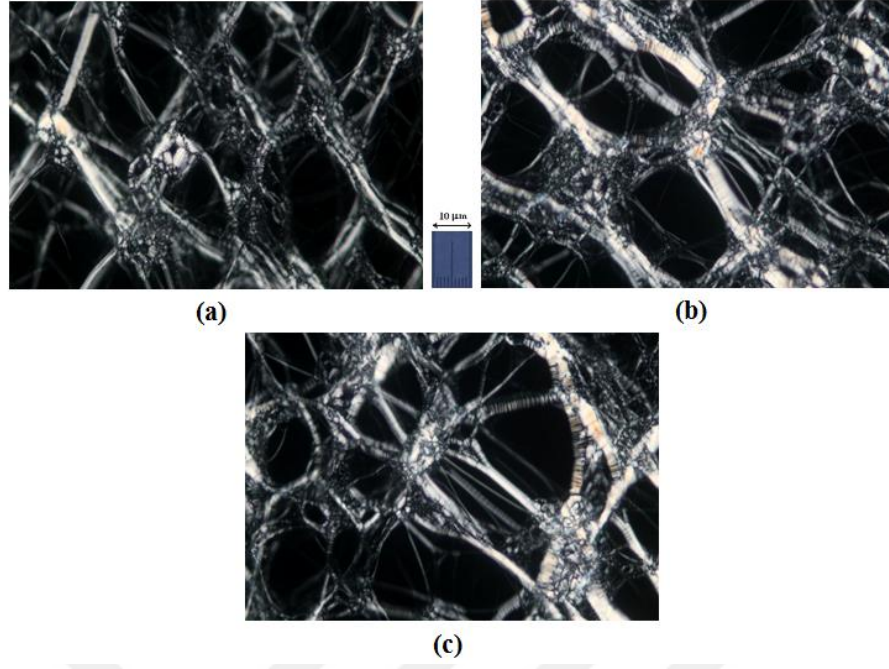
TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde lamellar D mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça ilgi çekici ve önemli etkiler

gözlenmektedir. %1.00 konsantrasyon oranında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_{D1} örneği) D mezofazının morfolojik özelliklerinde belirli değişimler gözlenmiştir.

Şekil 4.107.'de W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi olmadan sandviç-hücre hemen doldurduktan sonra ve zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.108.'de ise W_{D1} örneğinin zamanla manyetik alan altındaki tekstürleri verilmektedir. Şekil 4.107a.'da görüldüğü üzere, W_{D1} örneği, D1 örneğinde gözlendiği gibi sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlarına sahip tekstür sergilenmektedir. W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi bulunmayan zamanla tekstürlerine bakıldığında ise, morfolojik özelliklerinde bazı dönüşümler gözlenmiştir (Şekil 4.107b., Şekil 4.107c. ve Şekil 4.107d.). Bu dönüşümler zamanla sanki-izotropik arka fon bölgesinin genişlemesi ve "yağlı şerit" oluşumların ağ şeklindeki dağılımının değişmesinden kaynaklanmaktadır. Başka bir deyişle, W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi altından bulunmayan yoğun ağ dağılımı şeklinde "yağlı şerit" oluşumlarına sahip tekstürün zaman içinde seyrek bir ağ dağılımına sahip olduğu gözlenmiştir.



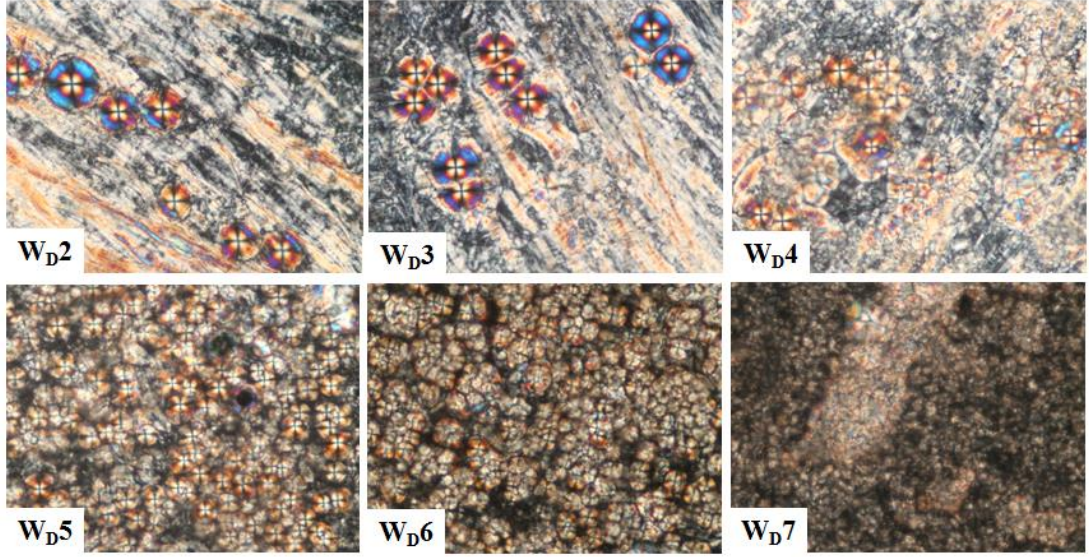
Şekil 4.107. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{D1} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) Sandviç-hücre doldurduktan sonra, b) 24 saat sonra, c) 48 saat sonra, d) 72 saat sonra.



Şekil 4.108. W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

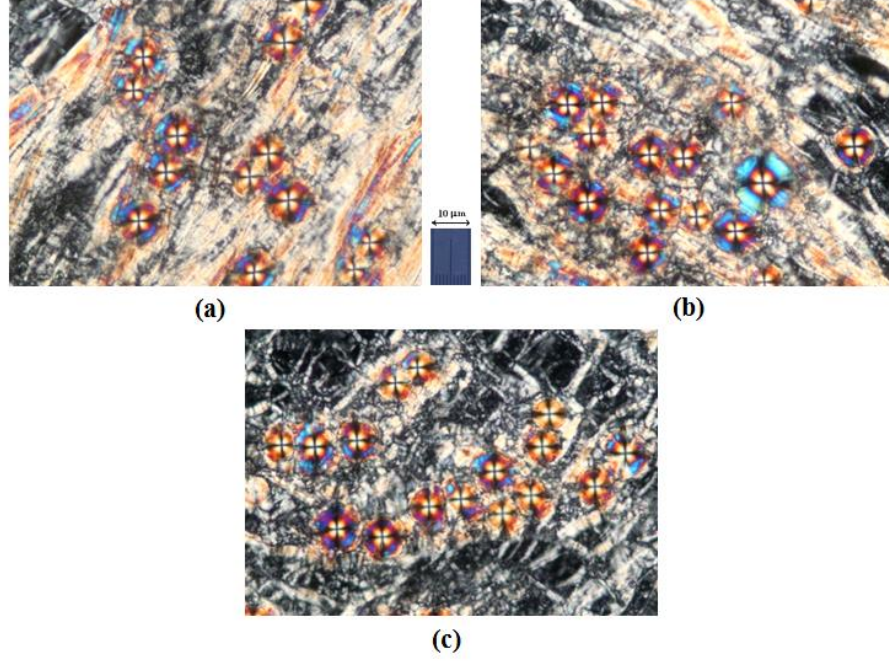
W_{D1} örneği için TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemin morfolojik özellikleri üzerinde dış manyetik alanın etkisinin olmadığı görülmüştür. Şekil 4.108.'de görüldüğü üzere, W_{D1} örneğinin manyetik alan etkisi altında ve zamanla tekstür dönüşümlerine bakıldığında, tekstür türünün değişmediği gözlenmiştir.

%2.00 ÷ %10.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde (W_{D2}-W_{D7} örnekleri) D mezofazının morfolojik özelliklerinde oldukça önemli ve ilgi çekici sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 4.109.).

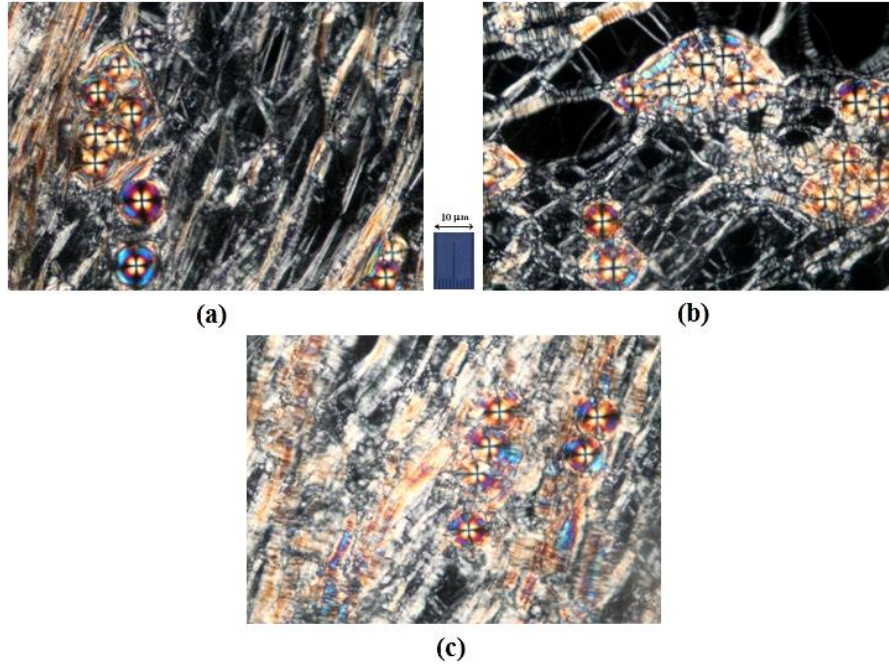


Şekil 4.109. W_D2-W_D7 örneklerinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

Şekil 4.109.'da görüldüğü üzere, W_D2-W_D7 örnekleri, W_D1 örneğinden farklı bir tekstür karakteri sergilemişlerdir. W_D2-W_D7 örneklerinin tekstürleri sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlarla birlikte olağandışı küresel mikrodamlacık (microdroplet) oluşumlar içermektedir. W_D2 örneğinde bu mikrodamlacık oluşumları sayılabilir durumda iken, W_D7 örneğinde bu oluşumlar sayılamayacak kadar fazladır. Dolayısı ile WA konsantrasyonun artmasına bağlı olarak mikrodamlacık oluşumlarının sayısının arttığını ve küresel boyutun küçüldüğünü söyleyebiliriz. Ayrıca W_D2 örneğinde mikrodamlacık oluşumları net bir şekilde görünmesine rağmen, WA konsantrasyonun artmasına bağlı olarak damlacık oluşumların üst üste gelmesinden ve örneğin tüm hacmi içinde sayılarının arttığından dolayı bulanık bir görüntü oluşmuştur (Şekil 4.109.).



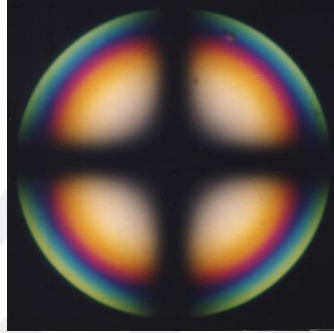
Şekil 4.110. Manyetik alan etkisi altında bulunmayan W_{D3} örneğinin tekstürleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat sonra, b) 48 saat sonra, c) 72 saat sonra.



Şekil 4.111. W_{D3} örneğinin manyetik alan etkisi altında meydana gelen tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. a) 24 saat alan etkisinde, b) 48 saat alan etkisinde, c) 72 saat alan etkisinde.

Şekil 4.110.'da bir örnek olarak, W_{D3} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunmayan zamanla morfolojik değişimleri verilmektedir. Şekil 4.111.'de ise bir örnek olarak, W_{D3} örneğinin zamanla manyetik alan altındaki tekstür dönüşümleri verilmektedir.

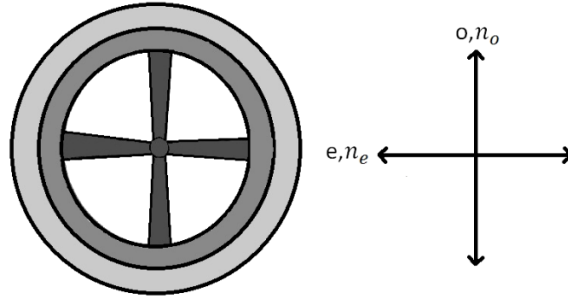
Şekil 4.110.'da, W_{D3} örneğinin manyetik alan etkisi altında bulunmayan zaman içindeki tekstürlerinde "yağlı şerit" ve mikrodamlacık oluşumların yalnızca konumları ve dağılımının değiştiği görülmektedir. Şekil 4.111.'de W_{D3} örneğinin dış bir manyetik alan etkisi altında zamana bağlı tekstür dönüşümlerinde Şekil 4.110.'de görüldüğü gibi benzer etki gözlenmiştir. Böylece, yapılmış olan incelemeler, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde %2.00 ÷ %10.00 WA katkılı örneklerde dış manyetik alanın mikrodamlacık oluşumlarına ve genellikle tekstür özelliklerine etki etmediği göstermiştir.



Şekil 4.112. Homeotropik olarak yönelmiş tek optiksel eksenli mezofazın konoskopik görüntüsü
 Şekil 4.110. ve Şekil 4.111.'dan görüldüğü gibi, küresel mikrodamlacık oluşumları izogir ve izokromatlardan oluşan konoskopik görüntü sergiler. Söz konusu şekillerden görüldüğü gibi, mikrodamlacıkların konoskopik görüntülerinde izogirlerin konumları melatopa göre simetriktir. Bu görüntü optiksel olarak tek optiksel eksenli homeotropik olarak yönelmiş sıvı kristal mezofazı tanımlar (Şekil 4.112.). Şekil 4.112.'de bir örnek olarak, homeotropik olarak yönelmiş mezofazın konoskopik görüntüsü verilmektedir. Mikrodamlacık oluşumların optiksel eksenine, konoskopik görüntünün melatop içinden geçer. Bu nedenle optiksel eksene paralel olan ve küçük yol farkına sahip olan ışınlar için çift kırılma gerçekleşmez (Melankholin, 1970; Shuvalov vd., 1981). Ancak örnekten geçen ve koni içinde bulunan tüm ışınlar için yol farkları d 'den daha büyük olacaktır (Burada d , sandviç-hücrede bulunan sıvı kristal tabakasının kalınlığıdır.). Bu yüzden, örnekten geçen ışınların melatoptan konoskopik haçın ucuna doğru kayması ile kırılma indislerinin ($n_e - n_o$) farkı ve $D = (n_e - n_o)d$ yol farkı artar. D yol farkının artması, konoskopik görüntüde izokromatların görünmesine neden olur (Nesrullajev, 1980; Altınay ve Nesrullajev, 2020). İzogirlerin halka şeklinde olması, optiksel eksenin

damlacıkların ortasından geçmesinden kaynaklanmaktadır. Bu yüzden, aynı renkteki halkalı bölgeye gelen ışınların yol farkları eşittir (Nesrullajev, 1980).

Şekil 4.113.'de o ve e ışınlarının ve n_o ve n_e kırılma indislerinin konumları verilmektedir.

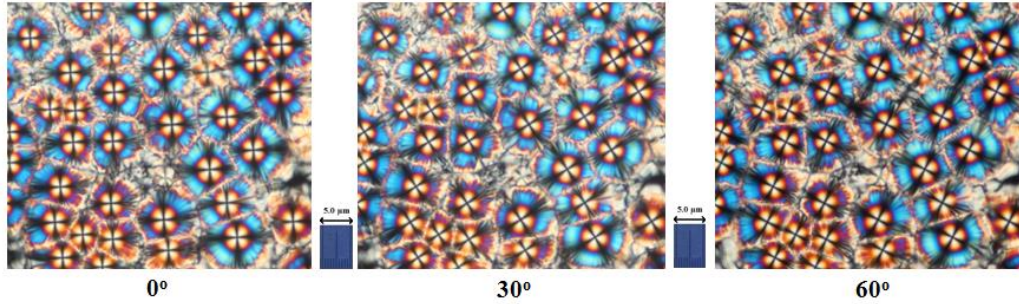


Şekil 4.113. Optiksel olarak tek eksenli sıvı kristal mezofaz için konoskopik görüntünün şematik görünümü (o ve e sırasıyla olağan ve olağan dışı ışınları, n_o ve n_e ise olağan ve olağandışı ışınların kırılma indisini temsil etmektedir.)

Çalışmamızda bulduğumuz ve gözlediğimiz, liyotropik sıvı kristal sistemlerde mikrodamlacık oluşumlarına sahip tekstürlerle ilgili bilgiler bilimsel literatürde takdim edilmemiştir. Benzer tekstür davranışı Yokoyama'nın (2009) yapmış olduğu çalışmada polimer matrisinde termotropik nematik mezofaz için ve 2014 yılında yapılan eş-kristal için gözlenmiştir (American Institute of Physics, 2014). Bu eş-kristaller aynı kristal örgüde iki yada daha fazla molekülünden oluşmuş malzemelerdir. Yokoyama'nın yapmış olduğu çalışmada, termotropik sıvı kristallerin küresel mikrodamlacık oluşumları akustik-galeri-modu mikrozeneatörlerin bir fonksiyonu ve yeni nesil sensör üretimi için nesne olabilmektedir. Ayrıca Humar (2016)'ın yapmış olduğu çalışmada optiksel mikrokavite sıvı kristal damlacıkları sıcaklık, kimyasal sensör, ayarlanabilir ışık kaynakları ve filtreler olarak kullanılabilir. Bu yüzden bizim yapmış olduğumuz çalışmada TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde mikrodamlacık oluşumları geniş teknik uygulamalar için bakış açısı sunmaktadır. Mikrodamlacıkların optiksel işaretini belirlemek için optiksel harita tekniği uygulanmıştır. Bu teknikte polarize optik mikroskopunda çapraz polarizörler arasına sandviç-hücre yerleştirilir; örnek sabit konumda iken çapraz konumda bulunan polarizörler birlikte belirgin açı ile döndürülür (Nehring ve Saupe, 1972; Zimmer, 1978; Zimmer, 1982). Dolayısıyla tekstürde mevcut olan oluşumların konumu ve morfolojik özellikleri, yönelmiş

bölgelerin yönelim türleri, inversiyon duvarların türü ve yapısal özellikleri vb. incelenebilmektedir.

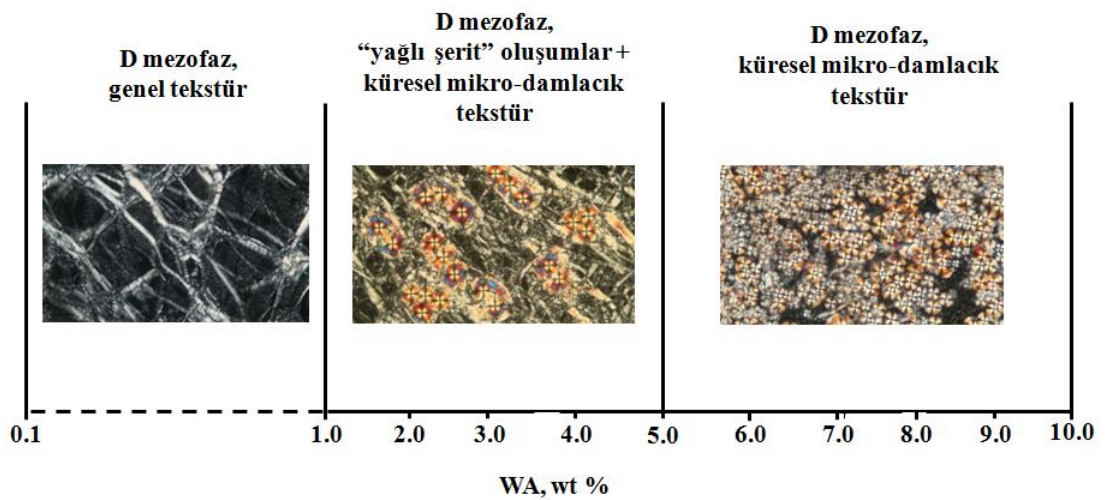
Şekil 4.114.'de W_{E7} örneğinin mikrodamlacık oluşumların optiksel harita yöntemi kullanılarak belirli açılarda yönelmiş tekstürleri verilmektedir.



Şekil 4.114. W_{E7} örneğinin optiksel haritası. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$. Çapraz konumda bulunan polarizörler saat yönünde 30° açı ile döndürülmüştür.

Çapraz polarizörlerin saat yönünde dönmesi ile konoskopik görüntüdeki izogirler saat yönünün tersi yönünde dönmüşlerdir. Bu sonuç mikrodamlacıkların negatif optiksel işarete sahip olduğunu göstermektedir (Nehring ve Saupe ve ark., 1972; Zimmer, 1978).

TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak WA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde (W_{D1} - W_{D7} örnekleri) lamellar D mezofazının WA konsantrasyonun değişimi ile tekstür dönüşümü Şekil 4.115.'de verilmektedir.



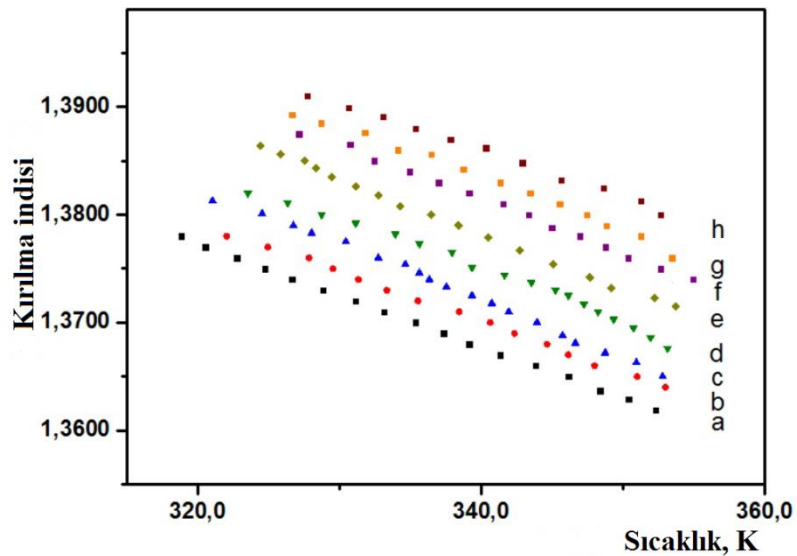
Şekil 4. 115. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde lamellar D mezofazının optiksel etkin malzeme WA'nın konsantrasyonun değişimi ile tekstür dönüşümü diyagramı.

Bu sonuçlar ışığında, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde D mezofazının WA konsantrasyonuna bağlı çeşitli tekstürleri (özgül ve özgül olmayan) elde etmek için etkin bir yol olduğunu söyleyebiliriz. Özellikle %2.00 ÷ %10.00 konsantrasyon oranlarında WA eklenmesi ile oluşan W_{D2}-W_{D7} örneklerinde D mezofazında küresel mikrodamlacık oluşumları elde etmenin mümkün olduğu söylenebilir. Bu durum TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemindeki D mezofazı için teknik ve teknolojik açıdan geniş uygulama ve çalışma olanağı sunmaktadır.

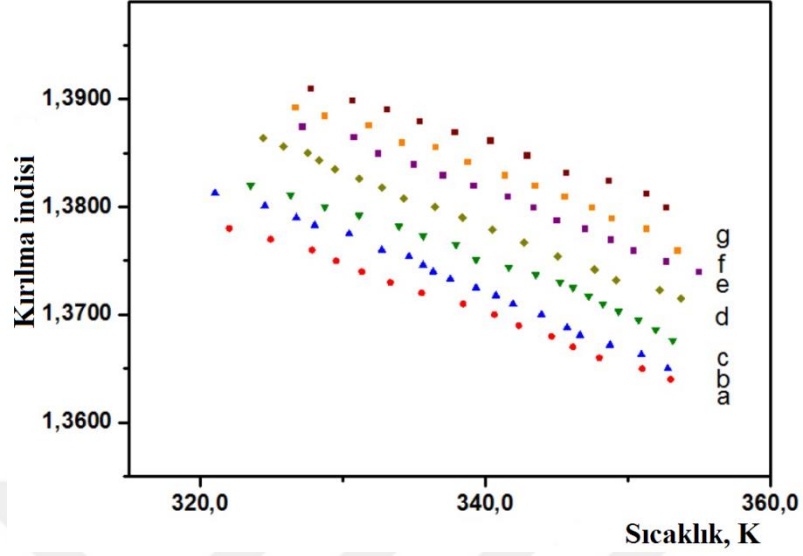
4.6.2. Optiksel Kırıcılık Özellikleri

Liyotropik sıvı kristal sistemlerin optiksel özelliklerini belirlemede optiksel kırıcılık özellikleri çok önemlidir. Bu sistemlerin optiksel kırıcılık özellikleri sıcaklığa ve liyotropik sistemin bileşenlerin türüne ve sayısına, konsantrasyon oranına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Çalışmamızın bu kısmında TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine optiksel etkin malzeme olarak TA ve WA eklenmesi ile elde edilen liyotropik sistemlerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir.

Şekil 4.116.'da D1, T_{D1}-T_{D7} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağıllığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir. Şekil 4.117.'de ise W_{D1}-W_{D7} örneklerinin kırılma indisinin sıcaklığa bağıllığı $\{n = n(T)\}$ verilmiştir.



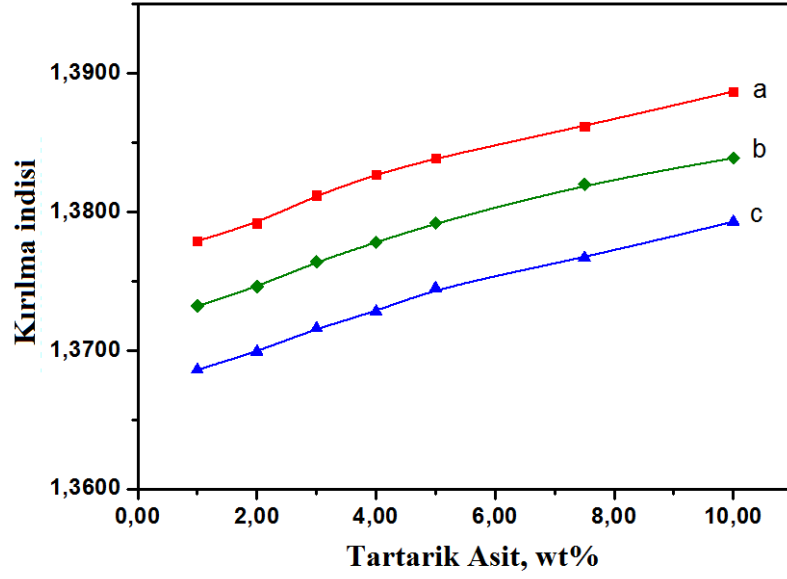
Şekil 4.116. TDTMABr+H₂O+DeOH ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemlerin kırılma indisin sıcaklığa bağlı değişimi. a- D1 örnek; b- T_D1 örnek; c- T_D2 örnek; d- T_D3 örnek; e- T_D4 örnek; f- T_D5 örnek; g- T_D6 örnek; h- T_D7 örnek.



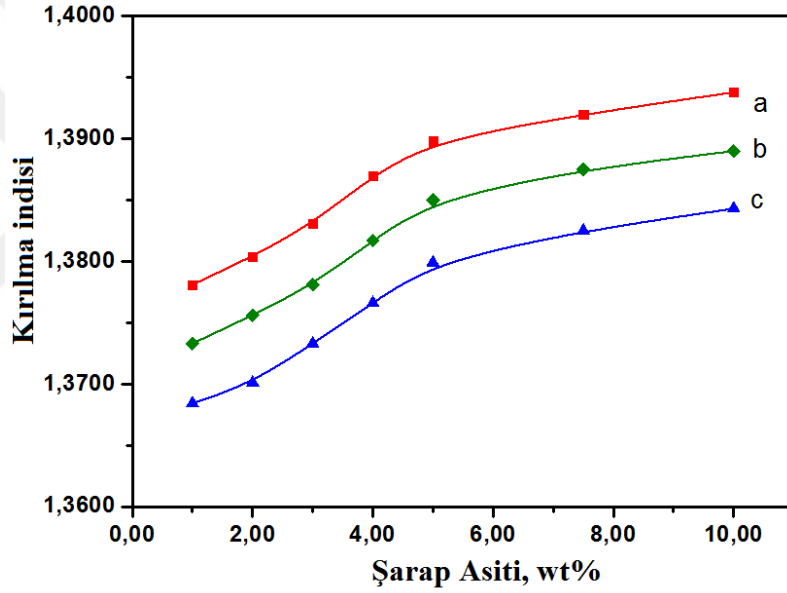
Şekil 4.117. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerin kırılma indisin sıcaklığa bağlı değişimi. a- W_D1 örnek; b- W_D2 örnek ; c- W_D3 örnek; d- W_D4 örnek; e- W_D5 örnek; f- W_D6 örnek; g- W_D7 örnek.

Şekil 4.116. ve Şekil 4.117.'de görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemi için incelenen tüm örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmektedir. T_D1-T_D7 ve W_D1-W_D7 örnekleri için kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışı sırasıyla $\langle n \rangle = 1.5404 - 4.9232 \times 10^{-4} \times T$ ve $\langle n \rangle = 1.5529 - 5.1386 \times 10^{-4} \times T$ denklemi ile karakterize edilebilir. Kırılma indisinin sıcaklığa bağlı $n = n(T)$ davranışına bakıldığında sıcaklığın artması ile birlikte liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunun azaldığını söyleyebiliriz.

Şekil 4.118.'de T_D1-T_D7 örnekleri (A grafiği) ve W_D1-W_D7 örneklerinin (B grafiği) kırılma indisinin konsantrasyona bağlılığı $n = n(c)$ verilmiştir.



A



B

Şekil 4.118. T_{D1}-T_{D7} örnekleri ve W_{D1}-W_{D5} örnekleri için kırılma indisinin A- TA ve B- WA konsantrasyonuna bağlılıkları. a- 313.0 K; b- 328.0 K; c- 343.0 K.

Şekil 4.118.'de görüldüğü üzere TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde TA ve WA konsantrasyonun artması ile kırılma indisi değerlerinde artış gözlenmiştir. Ayrıca Şekil 4.118.'de görüldüğü üzere, TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine WA eklenmesi, aynı liyotropik sisteme TA eklenmesinden daha yüksek kırıcılığa sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı durum kırılma indisinin sıcaklığa bağlı davranışı için de gözlenmiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde kırılma indisi

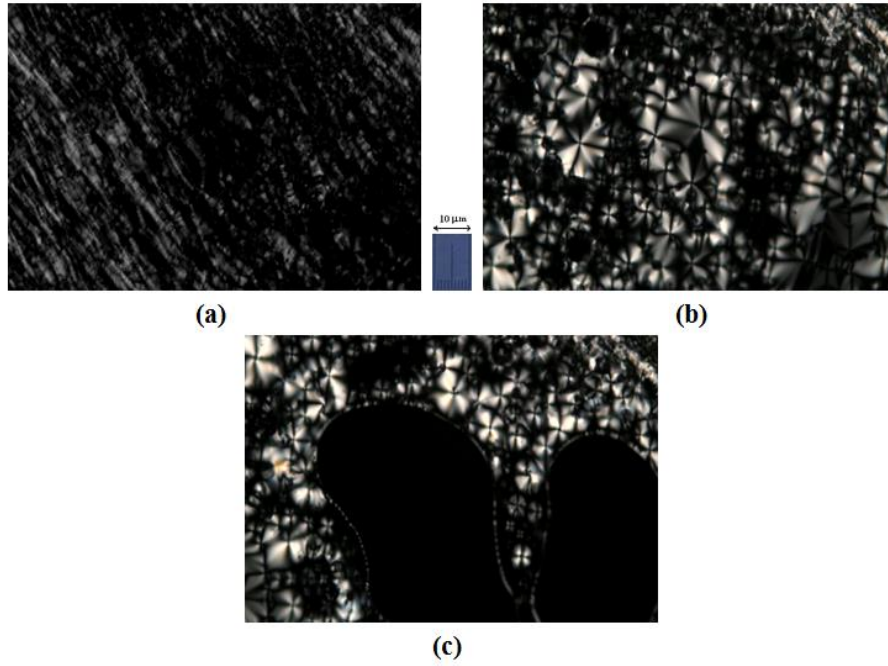
arasındaki fark $\delta\langle n \rangle \approx 0.0155$ iken, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde bu değer $\delta\langle n \rangle \approx 0.0108$ 'dir. Böylece TA ve WA katkısı ile oluşan bu değişim, liyotropik sıvı kristal sistemin optiksel kırıcılık özelliklerini ve $\delta\langle n \rangle$ değerlerini kontrol etmeye olanak sağlamaktadır.

4.6.3. Lamellar D Mezofaz-İzotropik Sıvı Faz Geçiş Bölgelerinin Özellikleri

Bu çalışmamızda TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde D mezofazının termotropik faz geçiş heterofaz bölgesi incelenmiş ve termotropik faz geçiş sıcaklığı belirlenmiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde lamellar D mezofazının termotropik faz geçiş sıcaklıkları kapilyar sıcaklık kama düzeneği (KSK) kullanılarak belirlenmiştir.

TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde D mezofazının termo-morfolojik özellikleri birbirinden oldukça farklıdır. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde D mezofazının termo-morfolojik özelliklerinde ilgi çekici sonuçlar elde edilmiştir.

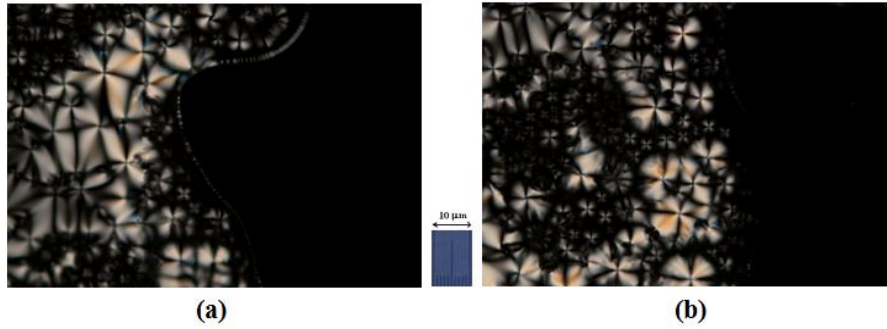
Şekil 4.119.'da T_{D5} örneğinin ısıtma ile farklı sıcaklıklarda gözlenen tekstürler verilmiştir.



Şekil 4.119. T_{D5} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 322.8 K, b) 344.3 K ve c) 355.3 K.

Şekil 4.119.'da görüldüğü üzere, sıcaklığın artması ile "yağlı şerit" oluşumlar kaybolmuş ve buna bağlı olarak küçük konfokal oluşumlar, ardından da geniş konfokal oluşumlar ve yelpaze tür (fan-shaped) oluşumlar ortaya çıkmıştır (Şekil 4.119a. Şekil 4.119b.). Sıcaklığın artmasının devam etmesi ile bu oluşumlar kaybolmaya başlamış ve doğrudan D mezofazından izotropik sıvıya doğru termotropik faz geçişi gözlenmiştir (Şekil 4.119c.).

Şekil 4.120.'de bir örnek olarak, T_{D5} örneğinin KSK yöntemi kullanılarak ısıtma ile gözlenen düz *D mezofazı-I* ve soğutma ile gözlenen ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçiş bölgesindeki heterofaz alanları verilmektedir.



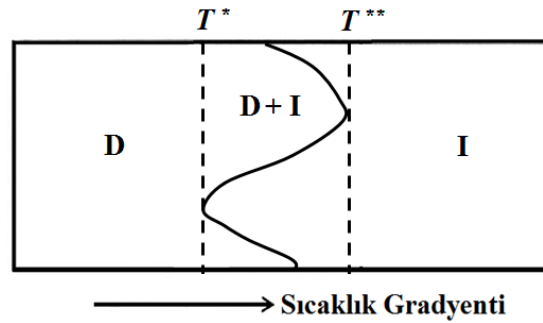
Şekil 4.120. T_{D5} örneğinin düz *D mezofazı-I* (a) ve ters *I-D mezofazı* (b) termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme x100.

TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde *D mezofazı-I* faz geçişi 355.0 K sıcaklığında gözlenmiştir. Şekil 4.120.'de görüldüğü üzere, düz *D mezofazı-I* ve ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçiş bölgeleri keskin değildir. Aynı durum T_{D1}-T_{D7} örnekler için gözlenmiştir. Yani, söz konusu faz geçişlerinin heterofaz alanlarında D mezofazın termik bölgesinde izotropik sıvı bulunmakta ve izotropik sıvının termik bölgesinde ise D mezofazı bulunmaktadır. Düz *D mezofazı-I* ve ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçişlerinde heterofaz alanının genişliği aşağıdaki şekilde belirlenmektedir (de Gennes, 1976; Sonin, 1984; Toledano, 1987; Singh, 2000; Anisimov, 1988; de Gennes, 2003).

$$\Delta T = T^{**} - T^* \quad 4.17$$

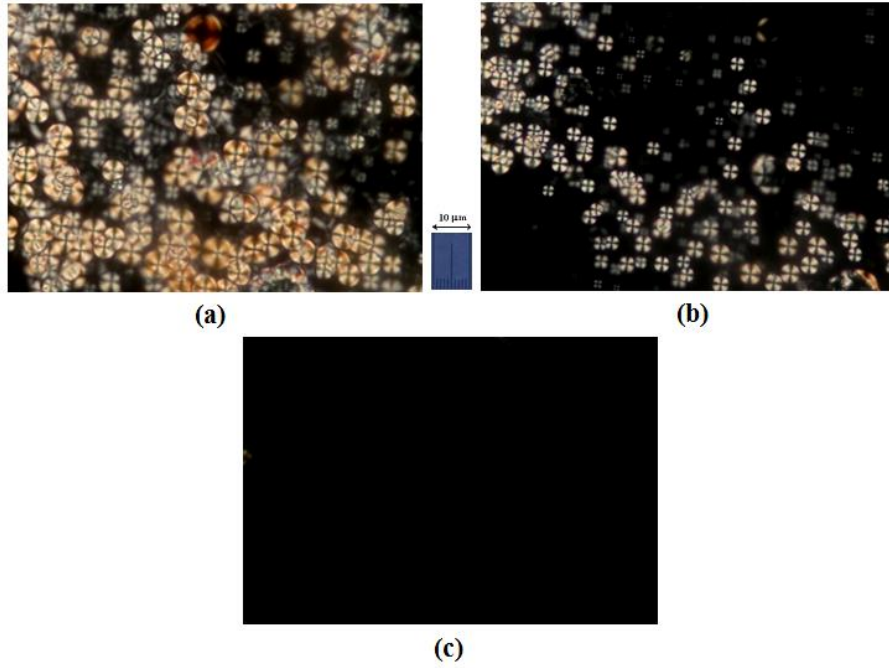
Burada T^* , heterofaz alanının alt sınır sıcaklığıdır ve T^{**} , heterofaz alanının üst sınır sıcaklığıdır. İncelenen örneklerde heterofaz alanlarının bu özelliği gösterir ki,

sıcaklık limitleri arasındaki $T^{**} > T^*$ şartı sağlanmaktadır. Şekil 4.121.'de, Şekil 4.120.'de gösterilmiş olan heterofaz alanlarının şematik görünüşü verilmektedir.



Şekil 4. 121. D mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçişin heterofaz alanın şematik görünümü. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistem.

TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde D mezofazının termomorfolojik özellikleri, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminden oldukça farklıdır. Şekil 4.122.'de farklı sıcaklıklar için W_{D5} örneğinin ısıtma ile farklı sıcaklıklarda gözlenen tekstür dönüşümü verilmiştir.

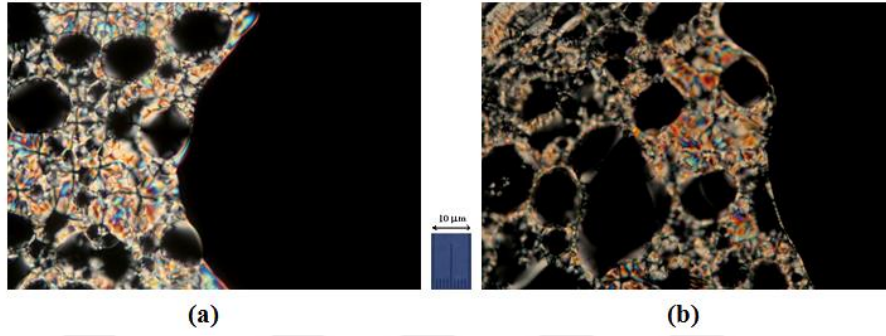


Şekil 4.122. W_{D5} örneğinin ısıtma ile oluşan tekstür dönüşümleri. Çapraz polarizörler. Büyütme x100. a) 334.3 K, b) 348.7 K ve c) 356.6 K.

Şekil 4.122.'de görüldüğü üzere, sıcaklığın artması ile birlikte mikrodamların konoskopik görüntüsünde izokromatlar kaybolmuş ve bu oluşumların boyutları azalmıştır (Şekil 4.122a. ve Şekil 4.122b.). Sıcaklığın artmasının devam

etmesi ile mikrodamlacık oluşumları yavaş yavaş eriyerek kaybolmuş ve düz olan *D mezofazı-I* termotropik faz geçişi gözlenmiştir (Şekil 4.122c.).

Şekil 4.123.'de bir örnek olarak, W_{D5} örneğinin KSK yöntemi kullanılarak ısıtma ile gözlenen düz *D mezofazı-I* ve soğutma ile gözlenen ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçiş bölgesindeki heterofaz alanları verilmektedir.

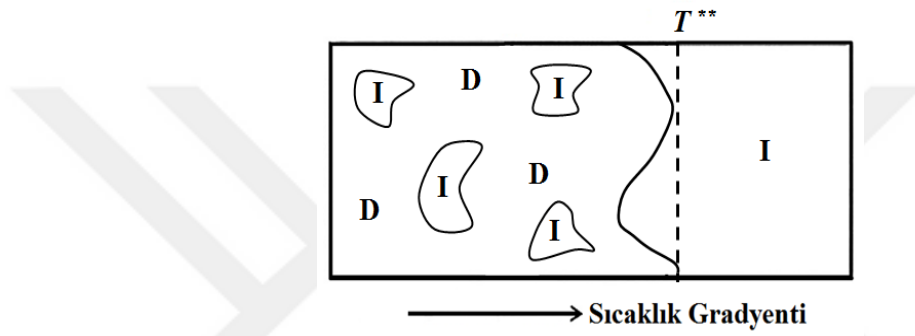


Şekil 4.123. W_{D5} örneğinin düz *D mezofaz-I* (a) ve ters *I-D mezofazı* (b) termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanları. Çapraz polarizörler. Büyütme $\times 100$.

TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde *D mezofazı-I* faz geçişi 356.0 K sıcaklığında gözlenmiştir. Şekil 4.122.'de düz *D mezofazı-I* ve ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanları gösterilmiştir. Şekil 4.123.'de gözlemlenen termotropik faz geçiş bölgelerinde *D mezofazı*'nın Şekil 4.122.'de gözlemlenenenden farklı görünmesinin bir nedeni vardır: Şekil 4.122.'de gösterilmiş durumda örneğin tamamı ısıtılmıştır (sıcaklık gradyenti yoktur). Dolayısıyla üst üste biriken damlacık oluşumlarının en altındaki "yağlı şerit" oluşumları örneğin tamamının ısıtılması esnasında ilk kaybolduğu için görünmemektedir. Şekil 4.123.'de ise kapiler sıcaklık kama düzeneği ile örnek ısıtılmaktadır. Bu durumda kapiler sıcaklık kama düzeneği sandviç-hücre örneği üzerinde sıcaklık gradyenti meydana getirerek sıvı kristalin tüm termik fazlarının belirlenmesine ve ayrıca heterofaz alanlarının sıcaklıklarının belirlenmesine olanak sağlamaktadır (Nesrullajev, 1992; Nesrullajev ve ark.,1998; Nesrullajev ve ark., 2000; Nesrullajev ve ark., 2002).

Şekil 4.123.'de görüldüğü gibi, incelenen örnekte düz *D mezofazı-I* ve ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçişlerinin heterofaz alanı gayet geniştir. Ayrıca, izotropik sıvı termik bölgesinde *D mezofazı* bulunmaktadır ve *D mezofazı*'nın termik bölgesinde çok sayıda izotropik sıvı bölgeleri bulunmaktadır. Heterofaz alanlarının bu özelliği

gösterir ki, sıcaklık limitler arasındaki $T^{**} \gg T^*$ şartı sağlanmaktadır. Aynı durum $W_{D1}-W_{D7}$ örneklerinde gözlenmiştir, fakat bu durum $TDTMABr+H_2O+DeOH+TA$ liyotropik sisteminin örneklerinde gözlenmemiştir. Bu sonuç, WA katkısının TA katkısından farklı olarak, $TDTMABr+H_2O+DeOH+$ kiral katkı sisteminde düz D mezofazı- I ve ters $I-D$ mezofazı termotropik faz geçişlerin heterofaz alanının genişlenmesine nasıl etki ettiğini göstermektedir. Şekil 4.124.'de, Şekil 4.123.'de gösterilmiş olan heterofaz alanlarının şematik görünüşü verilmektedir. Böylece, $T_{D1}-T_{D7}$ ve $W_{D1}-W_{D7}$ örneklerin heterofaz alanlarının sıcaklık genişlikleri için $\Delta T_{(W_{D1}-W_{D7})} > \Delta T_{(T_{D1}-T_{D7})}$ yazabiliriz.



Şekil 4.124. D mezofazı ile izotropik sıvı arasındaki faz geçişin heterofaz alanının şematik görünümü. $TDTMABr+H_2O+DeOH+WA$ liyotropik sistem.

5. BULGULARIN VE YENİ BİLİMSEL SONUÇLARIN KISA ÖZETİ

Çalışmanın ilk kısmında iki bileşenli ve üç bileşenli liyotropik sistemler incelenmiştir (Bölüm 4.1.). İki bileşenli liyotropik sistemlerde tek amfifil bileşenli (DDTMABr+H₂O ve HDTMABr+H₂O) ve üç bileşenli liyotropik sistemlerde iki amfifil bileşenli [(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O] karışımların mezomorfik, morfolojik ve elektriksel özellikleri incelenmiştir. Ayrıca bu liyotropik sistemlerin optiksel kırıcılık özelliklerin sıcaklık ve konsantrasyon bağımlılığı incelenmiştir (Altınay ve Nesrullajev, 2018). Çalışmanın bu kısmında elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- Aynı amfifil/H₂O konsantrasyon oranına sahip tek amfifilik (DDTMABr+H₂O ve HDTMABr+H₂O) ve iki amfifilik [(DDTMABr+HDTMABr)+H₂O] bileşenli liyotropik sistemler farklı mezomorfik ve morfolojik özellikler sergilemektedir. (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O ve DDTMABr+H₂O liyotropik sistemlerine ait S1-S10 örneklerinde optiksel izotropik tekstür ve izotropik misel L₁ fazı gözlenirken, HDTMABr+H₂O liyotropik sistemine ait S11-S15 örneklerinde optiksel anizotropik tekstür ve hegzagonal E mezofazı gözlenmektedir.
- HDTMABr+H₂O liyotropik sisteminde amfifil konsantrasyonunun artması hegzagonal E mezofazında kayma akışında elektriksel iletkenlik anizotropisinin mutlak maksimum değerinin artmasına neden olmaktadır.
- Daha düşük hidrofilik derecesine (DDTMABr) ve daha yüksek hidrofilik derecesine (HDTMABr) sahip amfifil moleküllerin karışımı ile edilen (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sistemlerde söz konusu sistemlerin genel hidrofilik derecesini arttırmıştır. Başka bir deyişle farklı hidrofilik derecesine sahip amfifil moleküllerin amfifil1+amfifil2+H₂O karışımı ile edilen liyotropik sistemlerde daha yüksek hidrofilik derecesine sahip amfifil malzeme çok daha etkin olmaktadır.
- Amfifil+H₂O ve (amfifil1+amfifil2)+H₂O liyotropik sistemlerde incelenen tüm örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca amfifil konsantrasyonunun artması ile söz konusu liyotropik sistemlerde kırılma indisi değerlerinde artış

gözlenmiştir. Tek ve iki amfifil bileşenli liyotropik sistemlerde kırılma indisleri arasındaki ilişki $n_{HDTMABr} < n_{DDTMABr+HDTMABr} < n_{DDTMABr}$ şeklindedir.

- Bu çalışmadaki liyotropik sistemlerde izotropik misel L_1 fazına ait yüksek konsantrasyon limitleri için amfifil/ H_2O konsantrasyonları arasındaki ilişki $c_{HDTMABr} < c_{DDTMABr+HDTMABr} < c_{DDTMABr}$ şeklindedir. Bu sonuç amfifil karışımları kullanarak liyotropik sistemlerde mezomorfik ve morfolojik özellikleri düzenlemede olanak sağlamaktadır.

Çalışmanın ikinci kısmında çeşitli DDTMABr/HDTMABr (7/3, 1/1 ve 3/7) konsantrasyon oranlarına sahip üç bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sistemler incelenmiştir (Bölüm 4.2.). Amfifil karışımı bu liyotropik sistemlerde, üçlü faz diyagramında izotropik misel L_1 fazının sınır bölgesi belirlenmiştir. Ayrıca (DDTMABr+HDTMABr) konsantrasyon oranlarının kırılma indisi ve öz elektriksel iletkenliğin sıcaklık ve konsantrasyon oranı üzerine etkisi incelenmiştir (Altınay ve Nesrullajev, 2018). Çalışmanın bu kısmında elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- İki amfifilik bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sistemi, geniş konsantrasyon bölgesinde izotropik misel L_1 fazı sergilemektedir.
- İki amfifil bileşenli (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde izotropik misel L_1 fazı+hekzagonal E mezofazının bir arada olduğu çift faz bölgesi görülmüştür. Bu durum söz konusu liyotropik sistemde E mezofazı için polimorfolojik özellik göstermektedir.
- M1-M15 örneklerde artan sıcaklıkla kırılma indisinde $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının artması ile söz konusu liyotropik sistemlerde kırılma indisi değerlerinde artış gözlenmiştir.
- Liyotropik sistemlerdeki tüm örneklerde öz elektriksel iletkenlik değerleri, sıcaklığın artması ile monoton şekilde artmıştır. Ayrıca DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının artması, (DDTMABr+HDTMABr)+ H_2O liyotropik sisteminde elektriksel iletkenliğin artmasına neden olmaktadır.

- DDTMABr/HDTMABr konsantrasyon oranının belirlenmesi, (DDTMABr+HDTMABr)+H₂O liyotropik sisteminde kırılma indisi ve öz elektriksel iletkenliğin değerlerini kontrol etme ve düzenlemede büyük olanak sağlamaktadır.

Çalışmanın üçüncü kısmında katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil karışımlara sahip iki amfifilik bileşenli liyotropik sistemlerde, mezomorfik, morfolojik, magneto-morfolojik ve optiksel kırıcılık özellikleri araştırılmıştır (Bölüm 4.3.). Ayrıca söz konusu liyotropik sistemlerde *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişlerin heterofaz alanın özellikleri incelenmiştir (Nesrullajev ve Altınay, 2018). Çalışmanın bu kısmında elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- Aynı polar başa (hidrofilik kafa) ve farklı zincir uzunluğuna (hidrofobik kuyruk) sahip (DDTMABr+HDTMABr ve SDDS+SDS gibi) katyonik ve anyonik amfifilik karışımların oluşturduğu iki amfifil bileşenli liyotropik sistemler fiziksel olarak izotropik faz ve optiksel olarak izotropik tekstür sergilemektedir. Bu tekstürlerin optiksel ve morfolojik özellikleri dış manyetik alan, mekanik deformasyon ve ısıdan etkilenmemektedir.
- DDTMABr+SDDS, TDTMABr+SDS ve HDTMABr+SDDS gibi katanyonik amfifilik karışımların oluşturduğu iki amfifil bileşenli liyotropik sistemler fiziksel olarak anizotropik mezofaz ve optiksel olarak liyotropik sıvı kristal mezofaz tekstürü sergilemektedir. Bu tekstürler sanki-izotropik arka fon üzerinde damlacık, mermer tür ve konfokal oluşumlardan oluşmaktadır. Bu tekstürler tek amfifil bileşenli liyotropik sistemlerle kıyaslandığında düşük magneto-morfolojik etki gösterirler (Palangana vd., 2003; Nesrullajev ve Oktik, 2007; Özden, 2010; Nesrullajev, 2013; Mukherjee ve Rahman, 2013; Braga vd., 2013; Luders vd., 2015; Nesrullajev, 2015). İki bileşenli liyotropik sistemlerin bu özelliği yapıyı oluşturan karmaşık misellerin şekli, boyutu ve dağılımı ile yakından ilgilidir. Manyetik alan etkisi altındaki araştırmalar sonucunda katanyonik amfifilik sistemlerde tekstür karakterinin değişmemesi bu malzemeleri, manyetik alan etkisi şartlarındaki uygulama alanlarında pasif yapmaktadır.

- K7-K15 örneklerinde *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçişleri heterofaz bölgesi ile karakterize edilir. Bu bölgede mezofaz (K7-K9 örnekleri için hekzagonal E mezofaz ve K10-K15 örnekleri için lamellar D mezofaz) ve izotropik sıvının bir arada bulunduğu belirli sıcaklık aralığı yer alır. Başka bir deyişle, K7-K15 katanyonik liyotropik sıvı kristal örnekler, termotropik sıvı kristallere benzer özellikte termotropik özellik sergilemektedirler. Katanyonik liyotropik sıvı kristallerde görülen bu özellik, temel ve uygulamalı araştırmalar için bu sistemleri önemli hale getirmektedir.
- Optiksel kırıcılık özelliklerinin sıcaklığa bağlı değişimi (artan sıcaklıkla kırılma indisinin monoton olarak azalması) iki amfifil bileşenli liyotropik sistemlerin türlerine (anyonik-anyonik, katyonik-katyonik, anyonik-katyonik) bağlı olmamasına karşın, optiksel yoğunluk değerleri bu sistemlerin türlerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.
- Amfifil konsantrasyon oranının artması ile kırılma indisi değerinde bir artış gözlenmektedir. Bu durum söz konusu liyotropik sistemlerde misel yoğunluğunun hacmi ve amfifil konsantrasyon oranı arasındaki ilişki ile açıklanmaktadır. Katyonik-katyonik, anyonik-anyonik ve katyonik-anyonik amfifil konsantrasyon oranına sahip karışımlardaki konsantrasyon oranının bu değişimi ile liyotropik sistemin optiksel yoğunluğunu ve kırıcılık özelliklerini düzenlemek için olanak sağlamaktadır.

Çalışmanın son kısmında, çeşitli konsantrasyon oranlarında optiksel etkin malzeme olarak şarap asiti (WA) ve tartarik asit (TA) eklenmesi ile liyotropik nematik-kalamitik N_C mezofaz ve nematik-diskotik N_D mezofaz (Bölüm 4.4.), hekzagonal E mezofaz (Bölüm 4.5.) ve lamellar D mezofazların (Bölüm 4.6.) termo-morfolojik, magneto-morfolojik, optiksel kırıcılık özellikleri, öz elektriksel iletkenlik ve *mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş bölgelerinin özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Tez çalışmasının bu kısmı her bir incelenecek bölüm için alt başlıklar şeklinde özetlenerek anlatılmıştır:

Çalışmanın Bölüm 4.4. kısmında N_C mezofazına sahip iki bileşenli TDTMABr+H₂O liyotropik sistemlere ve N_D mezofazına sahip üç bileşenli TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemlere WA ve TA kiral katkıların eklenmesi ile elde edilen üçlü ve

dörtlü liyotropik sistemler incelenmiştir. Söz konusu bu liyotropik sistemlere kiral katkıların eklenmesi ile termo-morfolojik, magneto-morfolojik, optiksel kırıcılık ve *nematik mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş bölgelerin özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- %1.00 konsantrasyon oranında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemin N_C mezofazında kiral yapı elde edilmesine karşın, %2.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında TA eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemlerin N_C mezofazında bu yapı elde edilememiştir. Bu yapılar kiral özelliğe sahip (Ch_C mezofaz) spagetti tür tekstür ile karakterize edilir. Literatürde optiksel etkin malzemenin gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.01 ÷ %1.00) Ch_C mezofaz gözlenmektedir (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). Bizim çalışmamızda ise TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sistemde sadece %1.00 konsantrasyon oranında Ch_C mezofaz elde edilmiştir. Bu durum tartarik asitin misellerdeki molekül fraksiyonunun çok küçük ($\kappa \ll 1$) olduğu ile ilişkilendirilebilir (Radley ve Saupe, 2006). Öyle ki tartarik asitin çoğunun sulu fazda molekül olarak kalması (misel faza katılamaması), kiral yapının oluşmasını sağlayan etkin dönme gücünün (HTP) çok küçük olmasına ve kolesterik mezofazın oluşmamasına neden olmaktadır. Ayrıca bilindiği üzere Radley ve Saupe (2006) yapmış olduğu çalışmanın sonucunda TA'in kiral yapıyı belirleyen helisel dönme gücünün en düşük olduğu ve sadece 3 farklı konsantrasyon oranında kolesterik mezofaza faz geçişin olduğu gözlemlenmiştir (Radley ve Saupe, 2006). Dolayısı ile bizim çalışmalarımızda TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde sadece %1.00 konsantrasyon oranında Ch_C mezofaz elde edilmesi bu durum ile açıklanabilmektedir.
- %1.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde Ch_C mezofaz elde edilmiştir. Bu yapılar, %1.00 konsantrasyon oranında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile elde edilen TDTMABr+H₂O+TA liyotropik sisteminde gözlendiği gibi optiksel etkin özellikli spagetti tür

tekstürle karakterize edilir. Literatürde optiksel etkin malzemenin gayet düşük konsantrasyon oranlarında (%0.01 ÷ %1.00) Ch_C mezofazı gözlenirken, bizim çalışmamızda (TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde) bu oranın yetersiz kaldığı görülmektedir (Sonin, 1987; Bartusch vd., 1992; Dörfler ve Swaboda, 1998; Dörfler ve Göpfert, 1999; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler ve Göpfert, 2001; Hiltorp, 2001). Sonin (1987), Bartusch (1992), Dörfler ve Swaboda, (1998), Dörfler ve Göpfert (1999), Dörfler ve Göpfert (2000), Dörfler ve Göpfert, (2001) ve Hiltorp (2001) yapmış oldukları çalışmalarda alkil zinciri kısa olan amfifil malzemeler kullanmışlardır. Kaydedelim ki, bizim çalışmamızda uzun (C₁₄H₂₉) alkil zincirli TDTMABr amfifil malzeme temelinde olan liyotropik sistemde kiral yapı ve liyotropik kolesterik mezofaz ilk kez bulunmuştur. Böylece, elde ettiğimiz sonuçlar, uzun alkil zincirli amfifil malzemelerin de kiral yapının ve kolesterik mezofazların oluşturma bilmesi, söz konusu malzemelerin teknik ve teknolojide uygulanması için uygun olduğunu göstermektedir.

- TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde WA konsantrasyonunun artması ile adım uzunluğu azalmaktadır ve bu nedenle Ch_C mezofazında elde edilen kiral yapının optiksel etkinliği artmaktadır. Bununla birlikte WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak HTP değerleri, kiral yapının adım uzunluğunun konsantrasyona bağlı eğrisinde olduğu gibi azalan bir davranış sergilemiştir. HTP değerlerindeki bu farklılıklar, kiral yapıyı oluşturan misellerin uzunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000).
- TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sisteminde 5 farklı konsantrasyon oranında (%1.00 ÷ %5.00) Ch_C mezofazın elde edilmesi, WA' nın misellerdeki molekül fraksiyonunun, TA' e kıyasla daha büyük olduğunu $\kappa_{WA} > \kappa_{TA}$ ve böylece helisel dönme gücünün daha büyük olduğunu $HTP_{WA} > HTP_{TA}$ göstermektedir.
- TDTMABr+H₂O liyotropik sistemine TA ve WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile elde edilen Ch_C mezofazında spagetti çizgilerin arasındaki mesafenin sabit olduğu ve bu çizgilerin arasındaki bölgelerin planar yönelime sahip olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, planar yönelimin varolması, yani

çubuksu misellerin yön vektörünün uygulanan manyetik alana dik olarak yönelmesi, söz konusu liyotropik sistemin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğunu göstermektedir.

- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde N_D mezofazında TA ve WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile kiral yapıya sahip tekstürler elde edilememiştir. TDTMABr+H₂O+DeOH ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde N_D mezofazına özgü schlieren tekstürler sergilemektedir.
- %0.30 ÷ %1.00 konsantrasyon oranında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde N_D mezofazına özgü schlieren tekstürleri gözlenirken, %2.00 ÷ %5.00 konsantrasyon oranlarında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde N_D mezofazına özgü olmayan sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlara sahip tekstür dönüşümleri gözlenmiştir.
- TDTMABr+H₂O liyotropik sistemin N_C mezofazında ve TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemin N_D mezofazında sıcaklığın artması ile kırılma indisinin $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton lineer olarak azaldığı görülmektedir. Bu davranış, N_C mezofazına optiksel etkin malzeme TA ve WA eklenmesi ile elde edilen TDTMABr+H₂O+TA ve TDTMABr+H₂O+WA liyotropik sistemlerde ve N_D mezofazında optiksel etkin malzeme TA ve WA eklenmesi ile elde edilen TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerde de gözlenmektedir. Ayrıca bu liyotropik sistemlerde TA ve WA konsantrasyonunun artması ile kırılma indisi değerlerinin arttığı görülmektedir. N_C ve N_D mezofazlarının her ikisi için de bu kırılma indisindeki değişimde WA katkısının ilavesi, TA katkısından çok daha etkin olduğu belirlenmiştir. Böylece TA ve WA katkısı ile oluşan bu etki, liyotropik sıvı kristal sistemin optiksel kırıcılık özelliklerini ve $\delta\langle n \rangle$ değerlerini kontrol etmeyi mümkün hale getirmektedir.

- TDTMABr+H₂O liyotropik sisteminde KSK yöntemi kullanılarak ısıtma ile gözlenen düz N_C mezofazı-izotropik sıvı faz geçişin 1. tür faz geçişi $\Delta T_{NI} = T^{**}_{NI} - T^*_{NI}$ olduğu belirlenmiştir.
- TDTMABr+H₂O liyotropik sistemine WA kiral katkının eklenmesi ile Ch_C mezofazı-izotropik sıvı faz geçişin yüksek sıcaklıklara doğru kaydığı görülmektedir. Bu durum WA konsantrasyonundaki artışla oluşan misel dönüşümüne karşılık gelmektedir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde düz olan N_D mezofazı-izotropik sıvı faz geçişin heterofaz alanın $\Delta T_{NI} = T^{**}_{NI} - T^*_{NI}$ genişliği, ters olan izotropik sıvı- N_D mezofazı faz geçişin heterofaz alanın $\Delta T_{IN} = T^{**}_{IN} - T^*_{IN}$ genişliğinden daha küçük olduğu gözlenmiştir. Bu durum, söz konusu faz geçişinde termik histerezisin var olduğunu ve söz konusu faz geçişin 1. tür faz geçiş olduğunu göstermektedir.

Bölüm 4.5.'de hegzagonal E mezofazına sahip üçlü TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemlere TA ve WA kiral katkıların eklenmesi ile termo-morfolojik, magneto-morfolojik, öz elektriksel iletkenlik, optiksel kırıcılık ve E mezofaz-izotropik sıvı faz geçiş bölgelerin özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Nesrullajev ve Altınay, 2020). Çalışmada elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- %0.10 ÷ %10.00 oranlarında TA optiksel etkin malzemenin eklenmesi ile oluşan TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemlerde hegzagonal E mezofazın morfolojik, magneto-morfolojik ve yapısal özellikleri değişmemektedir.
- %0.10 ÷ %4.50 ve %7.75 ÷ %10.00 oranlarında WA katkısı ile elde edilen TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerde hegzagonal E mezofazında kiral yapı elde edilememiştir.
- %4.75 ÷ %7.50 oranlarında WA katkısı ile elde edilen TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerde hegzagonal E mezofazında kiral yapı elde edilmiştir. Bu yapılar optiksel etkin özellikli spagetti tür tekstürle karakterize edilir. Bu çalışmada önemli husus E mezofazında kiral yapıya sahip Ch_E mezofazın bulunmasıdır. Öyle ki hegzagonal E mezofazında kiral yapının elde edilmesi, yapı birimleri sanki

sonsuz uzunluğa sahip çubuksu misellerin oluşturduğu liyotropik sıvı kristaller için çok önemli uygulama alanları sunmaktadır.

- Sanki sonsuz uzunluğa sahip çubuksu misellerin hegzagonal bir kafes oluşturduğu hegzagonal E mezofazında kiral yapının (Ch_E mezofazı) adım uzunluğu, sonlu uzunluğa sahip Ch_C mezofazın adım uzunluğundan daha büyüktür (Sonin, 1987; Dörfler ve Göpfert, 2000; Dörfler vd., 2001; Dörfler, 2002; Neto ve Salinas, 2005). TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde WA konsantrasyonunun artması ile adım uzunluğu azalmaktadır ve bu nedenle Ch_E mezofazında elde edilen kiral yapının optiksel etkinliği artmaktadır. Bununla birlikte WA konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak HTP değerleri, kiral yapının adım uzunluğunun konsantrasyona bağlı eğrisinde olduğu gibi azalan bir davranış sergilemiştir. HTP değerlerindeki bu farklılıklar, kiral yapıyı oluşturan misellerin uzunluğunun farklı olmasından kaynaklanmaktadır (Dörfler ve Göpfert, 2000). Ayrıca TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemde elde edilen Ch_E mezofazda spagetti çizgilerin arasındaki mesafenin sabit olduğu ve bu çizgilerin arasındaki bölgelerin planar yönelime sahip olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla, planar yönelimin varolması, yani çubuksu misellerin yön vektörünün uygulanan manyetik alana dik olarak yönelmesi, söz konusu liyotropik sistemin negatif diyamanyetik anizotropiye sahip olduğunu göstermektedir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemin hegzagonal E mezofazında sıcaklığın artması ile kırılma indisinin $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton lineer olarak azaldığı davranış, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde de gözlenmektedir. Bu liyotropik sistemlerde TA ve WA konsantrasyonunun artması ile kırılma indisi değerleri artmaktadır. Ayrıca bu kırılma indisindeki değişimde WA katkısının ilavesinin, TA katkısından çok daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde sıcaklığın artması ile öz elektriksel iletkenlik değerleri artmaktadır. Bu durum, WA ve TA kiral katkısının eklenmesi ile yük mobilitesinin artması ile ilişkilidir.

- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde TA ve WA katkısının ilavesi öz elektriksel iletkenlik değerlerinin artmasına neden olmaktadır. TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde öz elektriksel iletkenlik değeri $\sigma \sim 1.0 \text{ mS cm}^{-1}$ iken, TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde bu değer $\sigma \sim 0.6 \text{ mS cm}^{-1}$ 'dir. Çeşitli liyotropik sistemlerde farklı mezofazlar için öz elektriksel iletkenlik değerlerinin yüksek olduğu bilinmektedir (Nesrulljev, 1991; Nesrullajev ve Kazancı, 1998; Garbovskiy vd., 2007; Matveeva vd., 2012; Kuzmin ve Yurtov, 2015). Bu durumda TDTMABr+H₂O+DeOH+WA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sistemlerde gözlenen E mezofazın sanki-yalıtkan özelliklere sahip olduğunu söylemek mümkündür. Bu da belirgin uygulama alanlarında söz konusu sistemleri avantajlı malzemeler yapmaktadır.
- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde düz olan *E mezofazı-izotropik sıvı* faz geçişi ve ters olan *izotropik sıvı-E mezofazı* faz geçişlerinde heterofaz alanın genişliği $\Delta T = T^{**} - T^*$ gayet geniştir ve $T^{**} > T^*$ ve $\Delta T = T^{**} - T^* \neq 0$ durumu sağlanmaktadır.
- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemine WA kiral katkının eklenmesi (W_{E6}-W_{E10} örneklerin) ile *Ch_E mezofazı-izotropik sıvı* faz geçişin yüksek sıcaklıklara doğru kaydığı görülmektedir. Bu durum WA konsantrasyonundaki artışla çubuksu misellerin biçimlerin ve boyutlarının değişmesinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmanın Bölüm 4.6. kısmında ise lamellar D mezofazına sahip üçlü TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sistemlere TA ve WA kiral katkıların eklenmesi ile termo-morfolojik, magneto-morfolojik, optiksel kırıcılık ve *D mezofaz-izotropik sıvı* faz geçiş bölgelerin özellikleri üzerine etkisi araştırılmıştır (Altınay ve Nesrullajev, 2020). Çalışmada elde edilen sonuçlar kısaca özetlenmektedir;

- TDTMABr+H₂O+DeOH liyotropik sisteminde lamellar D mezofazında TA ve WA optiksel etkin malzemenin eklenmesi kiral yapıya sahip tekstürleri elde etmede etkin olmamıştır. Bunun yanı sıra, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemi dış manyetik alandan etkilenmemiştir.

- TDTMABr+H₂O+DeOH ve TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde lamellar D mezofazı sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlu tekstürler sergilemektedir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde lamellar D mezofazında sanki-izotropik arka fon üzerinde "yağlı şerit" oluşumlarla birlikte olağandışı küresel mikrodamlacık (microdroplet) oluşumlar gözlenmektedir. Çalışmamızda bulduğumuz ve gözlediğimiz bu mikrodamlacık oluşumlarına sahip tekstürlerle ilgili bilgiler liyotropik sıvı kristalik sistemlerde bilimsel literatürde yer almamıştır (Altınay ve Nesrullajev, 2020). Dolayısı ile yapmış olduğumuz çalışmada TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde mikrodamlacık oluşumları geniş teknik uygulamalar için yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Bununla birlikte mikrodamlacık oluşumları izogir ve izokromatlara sahip konoskopik bir görüntü sergilemektedir. Bu oluşumların optiksel haritalamasına bakıldığında optiksel olarak negatif işaretli olduğu belirlenmiştir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH, TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerinde kırılma indisi, sıcaklığın artması ile $n(T) = a - b \cdot T$ şeklinde monoton lineer olarak azalmaktadır. Ayrıca TDTMABr+H₂O+DeOH+TA ve TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sistemlerinde TA ve WA konsantrasyonunun artması ile kırılma indisi değerleri artmaktadır. Özellikle bu kırılma indisindeki değişimde WA katkısının ilavesinin, TA katkısından çok daha etkin olduğu belirlenmiştir.
- TDTMABr+H₂O+DeOH+TA liyotropik sisteminde düz olan *D mezofazı-izotropik sıvı* faz geçişi ve ters olan *izotropik sıvı-D mezofazı* faz geçişlerinde heterofaz alanın genişliği keskin değildir ($\Delta T = T^{**} - T^*$) ve $T^{**} > T^*$ şartını sağlamaktadır. TDTMABr+H₂O+DeOH+WA liyotropik sisteminde ise düz olan *D mezofazı-izotropik sıvı* faz geçişi ve ters olan *izotropik sıvı-D mezofazı* faz geçişlerinde heterofaz alanın genişliği gayet geniştir ($\Delta T = T^{**} - T^*$) ve $T^{**} \gg T^*$ şartı sağlanmaktadır. Bu sonuç, WA katkısının TA katkısından farklı olarak, TDTMABr+H₂O+DeOH+kiral katkı sisteminde düz *D mezofazı-I* ve ters *I-D mezofazı* termotropik faz geçişlerin heterofaz

alanının genişlenmesine nasıl etki ettiğini göstermektedir. Dolayısı ile $T_{D1}-T_{D7}$ ve $W_{D1}-W_{D7}$ örneklerin heterofaz alanlarının sıcaklık genişlikleri için $\Delta T(W_{D1}-W_{D7}) > \Delta T(T_{D1}-T_{D7})$ şeklinde bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür.

Bu tez çalışması Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından 17/132 numaralı proje ile desteklenmiştir. Tez çalışmasında elde edilen yeni bilimsel sonuçlar ve bulgular aşağıda belirtilen SCI indisi dergilerde yayınlanmış, çeşitli ulusal ve uluslararası bildirilerde sunulmuştur:

SCI veya SCI Expanded, SSCI, AHCI tarafından taranan dergilerde yayımlanan tam makale:

1. Altınay Y. ve Nesrullajev, A., Phase Boundaries, Optical Refraction and Specific Electrical Conductivity Properties in Lyotropic Micellar L_1 Phase: Bicomponent Amphiphilic (DDTMABr+HDTMABr)+Water System, Tenside Surfactants Detergents, 55: 1, 17-23 (2018). DOI: 10.3139/113.110533.
2. Nesrullajev A. ve Altınay Y., Morphologic Properties, Texture Transformations and Optical Refracting Properties: Aqueous Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, Tenside Surfactants Detergents, 55: 3, 176-186 (2018). DOI: 10.3139/113.110556.
3. Altınay Y. ve Nesrullajev, A., Shape of Micelles and Temperature and Concentration Behavior of Optical Refractive Properties: Single Amphiphilic and Mixed Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, Iranian Journal of Science and Technology, Transactioncs A: Science 43: 671-680 (2019). DOI: 10.1007/s40995-018-0557-1.
4. Nesrullajev A. ve Altınay Y., Lyotropic liquid crystalline hexagonal mesophase. Thermo-morphologic and magneto-morphologic transformations, electrical conductivity and optical refractive properties: Effect of optically active compounds, Journal of Molecular Liquids, 300: 112175 (1-11) (2020). DOI: 10.1016/j.molliq.2019.112175.
5. Altınay Y. ve Nesrullajev, A., Lyotropic Lamellar Mesophase. Magneto-Morphologic Transformations and Optical Refracting Properties: Effect of

Optically Active Dopants, Tenside Surfactants Detergents, 57: 1, 22-32 (2020). DOI: 10.3139/113.110662.

Uluslararası kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda özet metin olarak yayımlanan bildiri:

1. Altınay Yasemin, Nesrullazade Arif (2017). Phase State and Electrical Conductivity of Isotropic Micellar Phase L_1 in Ternary Lyotropic System Based on HDTMABr+DDTMABr. Abstracts of the 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences, May 3-7, Budapest, Hungary (Özet Bildiri/Poster Sunum) (ISBN: 978-605-83575-4-9, No:701).
2. Altınay Yasemin ve Nesrullazade Arif (2017). Comparative investigations of temperature and concentration behavior of optical refractive properties in lyotropic systems. Abstracts of the 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences, May 3-7, Budapest, Hungary (Özet Bildiri/Poster Sunum) (ISBN: 978-605-83575-4-9, No:605).
3. Nesrullazade Arif, Altınay Yasemin (2017). Concentration and temperature-concentration behavior of the optical refractive properties: L_1 phase in (amphiphile1+amphiphile2)/water lyotropic system. Abstracts of the 3rd International Conference on Engineering and Natural Sciences, May 3-7, Budapest, Hungary (Özet Bildiri/Poster Sunum) (ISBN: 978-605-83575-4-9, No:609).
4. Altınay Yasemin, Nesrullajev Arif (2018). Textures and Optical Refraction in Complex Amphiphilic Lyotropic Liquid Crystalline Systems. Abstracts of the 7rd International Conference on Advanced Technologies, April 28 - May 1, Antalya, Turkey (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (ISBN: 978-605-68537-0-8, No: 108).
5. Altınay Yasemin, Nesrullazade Arif (2018). Textures phase states and electroconductivity in bicomponent amphiphilic DDTMABr+HDTMABr+water lyotropic system. Abstracts of the 7rd International Conference on Advanced Technologies, April 28 - May 1, Antalya, Turkey (Özet Bildiri/Poster Sunum) (ISBN: 978-605-68537-0-8, No: 109).

6. Altınay Yasemin, Nesrullajev Arif (2018). Morphologic and Optical Refracting Properties: Aqueous Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems. Abstracts of the TFD 34rd International Physics Congress (TFD34), September 5-9, Mugla, Turkey (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (ISBN: 978-605-83516-4-6, Sayfa No:484).
7. Altınay Yasemin, Nesrullajev Arif (2018). Morphologic, Mesomorphic and Optical Refracting Properties in Lyotropic Systems Based on Mixtures of Alkyltrimethyl Ammonium Bromide. Abstracts of the TFD 34rd International Physics Congress, September 5-9, Mugla, Turkey (Özet Bildiri/Poster Sunum) (ISBN: 978-605-83516-4-6, Sayfa No:289).

Ulusal kongre, sempozyum, panel, çalıştay gibi bilimsel, sanatsal toplantılarda özet metin olarak yayımlanan bildiri:

1. Altınay Yasemin, Nesrullazade Arif (2017). Thermo-optical properties of the L₁ phase in binary lyotropic systems. MSKÜ IV. Fen Bilimleri Araştırma Sempozyumu, 21 Aralık, Muğla (Özet Bildiri/Poster Sunum).

KAYNAKLAR

- Abe, S. ve Takahashi, H. (2007) A comparative study of the effects of dimethylsulfoxide and glycerol on the bicontinuous cubic structure of hydrated monoolein and its phase behavior, *Chemistry and Physics of Lipids* 147: 59-68.
- Alfutimie, A., Curtis, R. ve Tiddy, G.J.D. (2014) In: Goodby J, Collings PJ, Kato T, Tschierske C, Gleeson H, Raynes P (eds), *Handbook of liquid crystals*, Wiley, London, 1–44.
- Altınay, Y. ve Nesrullajev, A. (2018) Phase Boundaries, Optical Refraction and Specific Electrical Conductivity Properties in Lyotropic Micellar L₁ Phase: Bicomponent Amphiphilic (DDTMABr+HDTMABr)+Water System, *Tenside Surfactants Detergents*, 55: 1, 17-23.
- Altınay, Y. ve Nesrullajev, A. (2019) Shape of Micelles and Temperature and Concentration Behavior of Optical Refractive Properties: Single Amphiphilic and Mixed Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science* 43: 671-680.
- Altınay, Y. ve Nesrullajev, A. (2020) Lyotropic Lamellar Mesophase. Magneto-Morphologic Transformations and Optical Refracting Properties: Effect of Optically Active Dopants, *Tenside Surfactants Detergents*, 57: 1, 22-32.
- Amaral, L.Q. (2002) Changes in Aggregate Form, Size and Flexibility Along Phase Sequences in Lyotropic Liquid Crystals, *Brazilian Journal of Physics*, 32: 540.
- Amaral, L.Q., Santos, O.R., Braga, W.S., Kimura, N.M. ve Palangana, A.J. (2015) Biaxial phase and coexistence of the two uniaxial nematic phases in the system sodium dodecyl sulphate–decanol–D₂O, *Liq Cryst*, 42:240–247.
- Anisimov, M.A. (1988) Critical phenomena in liquid crystals, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* A 162: 1–96.

- Anisimov, M.A. (1991) *Critical Phenomena in Liquids and Liquid Crystals*, Gordon and Breach Publ., Amsterdam, 431.
- Bartolino, R., Chiaranza, T.M. ve Meuti, R. (1982) Compagnoni, *Physical Review A*, 26: 1116.
- Bartolino, R., Meuti, M., Chidichimo, G. ve Ranieri, G. A. (1985) Micelles, Visicles and Microemulsions, *Physics of Amphiphiles*, Degiorgio, in: V., Corti M. (Eds.), North-Holland Publ., Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo 524–546.
- Bartusch, G., Dörfler, H.D. and Hoffmann, H. (1992) Behavior and properties of lyotropic-nematic and lyotropic-cholesteric phases, *Progr. Colloid Polym. Sci.* 89: 307–314.
- Blinov, L. (2010) *Structure and Properties of Liquid Crystals*, Springer, Berlin, 978-90-481-8828-4.
- Blinov, L. M. (2011) *Structure and Properties of Liquid Crystals*, Springer, 494.
- Blumstein, A. (1978) *Liquid Crystalline Order in Polymers*, Academic Press, New York–San Francisco–London, 327.
- Boltenhagen, P., Lavrentovich, O. ve Kleman, M. (1991) Oily streaks and focal conic domains in La lyotropic liquid crystals, *J. de Phys. II* 1:1233 – 1252.
- Borne, J., Nylander, T. ve Khan, A. (2000) Microscopy SAXD, and NMR studies of phase behavior of the monoolein-diolein-water system, *Langmuir* 16:10044–10054.
- Braga, W.S., Santos, O.R., Luders, D.D., Simpaio, A.R., Kimura, N.M. ve Palangana, A.J. (2013) Conoscopic image of a biaxial negative nematic phase in a potassium laurate – decanol – D₂O mixture, *J. Mol. Liq.* 187:20–23.
- Brown, G.H. (1975) *Advances in Liquid Crystals* (volume 1), Academic Pres, New York.
- Brown, G.H. ve Wolken, J.J. (1979) *Liquid Crystals and Biological Structures*, Academic Press, New York – San Francisco – London.

- Burducea, G. (2004) Lyotropic liquid crystals I. specific structures, *Rom. Rep. Phys.*, 56: 66–86.
- Burducea, G. (2004) Lyotropic liquid crystals II. structural polymorphism, *Rom.Repts.Phys.*, 56: 86-103.
- Cammenga, H.K., Gehrich, K. ve Sarge, S.M. (2006) 4,4'-Azoxyanisole for temperature calibration of differential scanning calorimeters in the cooling mode – Yes or no? *Thermochim. Acta* 446: 36–40.
- Candau, F., Ballet, F., Debauvais, F. ve Wittmann, J. C (1982) Structural properties and topological defects of swollen polymeric mesophase: Low angle X-ray diffraction and optical microscopic studies, *J. Colloid Interface Sci.*, 87: 356–374.
- Chandrasekhar, S. (1992) *Liquid Crystals*, Cambridge University Press.
- Charvolin, J., Levelut, A.M. ve Samulski, E.T. (1979) Lyotropic nematics : molecular aggregation and susceptibilities, *J. Physique Lett.*, 40: 587.
- Charvolin, J. (1984) Aggregates of amphiphilic molecules in lyotropic liquid crystals, *Il Nuovo Cimento D*, 3: 3-15.
- Charvolin, J. (1989) Lyotropic liquid crystals, structures and phase transitions, *NATO ASI Ser. B* 211: 95–111.
- Co-crystals successfully turn liquids into solids (2014) Source Newsroom, *American Institute of Physics*, Article, ID: 621465.
- Collings, P.J. (1990) Nature's delicate state of matter, *Liquid crystals*, Princeton University Press, NJ, 248.
- Collings P.J. ve Hird, M. (2001) *Chemistry and Physics*, Introduction to Liquid Crystals, Taylor & Francis Ltd, 314.
- Crawford, G. (2005) *Flexible Flat Panel Displays*, Wiley, New York.

- de Boer, W. (2005) *Active Matrix Liquid Crystal Displays: Fundamentals and Applications*, Elsevier, Burlington, 256.
- de Gennes, P.G. (1974) *Phase Transitions in Liquid Crystals*, Clarendon Press, Oxford – London.
- de Gennes, P.G. (1976) *The Physics of Liquid Crystals*, Clarendon Press, Oxford – London.
- de Gennes, P.G. ve Prost, J. (2003) *The Physics of Liquid Crystals*, Oxford University Press, Oxford – London.
- Demus, D. ve Richter, L. (1978) *Textures of Liquid Crystals*, Verlag Chemie, Weinheim, New York 228.
- Demus, D. ve Richter, L. (1980) *Textures of Liquid Crystals*, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig, 314s.
- Dierking, I. (2003) *Textures of Liquid Crystals*, Wiley – VCH, Weinheim 218.
- Dörfler, H.D. ve Swaboda, C. (1998) Helixformation in matrices of lyotropic-nematik disc phases induced by addition of corticoides, androgenes, estrogenes and cardenolides, *Tenside surfactant detergents*, 35:18–23.
- Dörfler H.D. ve Göpfert A. (1999) Lyotropic liquid crystals in binary systems *N*-alkyl glycosides/water, *J Dispersion Sci Technol.* 20:35–58.
- Dörfler, H.D. ve Göpfert, A. (2000) Comparison of structures and properties of lyotropic cholesteric phases induced by center and axial chiral compounds, *Coll. Polym. Sci.* 278:1085–1096.
- Dörfler, H.D. (2002) Chirality, Twist and Structures of Micellar Lyotropic Cholesteric Liquid Crystals in Comparison to the Properties of Chiralic Thermotropic Phases, *Adv. Colloid Interface Sci.* 98: 285-340.
- Dörfler, H.D., Göpfert, A. ve Görgens, C. (2001) Structures and properties of induced lyotropic cholesteric phases, *Mol. Crystals and Liquid Crys.* 367.

- Drzaic, P. S. (1995) *Liquid Crystal Dispersions*, World Scientific, Singapore.
- Ekwall, P. (1975) Composition, Properties and Structures of Liquid Crystalline Phases in Systems of Amphiphilic Compounds. In: Brown, G. H. (Ed) *Advances in Liquid Crystals*, Academic Press, New York/San Francisco/London 1: 1–145.
- Figueiredo Neto, A.M. ve Valente Lopes, M.C. (1988) *Phys. Rev. A* 38: 1101.
- Figueiredo Neto, A.M. ve Salinas, S.R.A. (2005) Phase Transitions and Structural Properties, *The Physics of Lyotropic Liquid Crystals*, Oxford University Press, Oxford 320.
- Figueiredo Neto, A.M. (2014) Micellar cholesteric lyotropic liquid crystals. *Liq Cryst Res*, 2:47–59.
- Forrest, B.J. ve Reeves, L.W. (1981) New lyotropic liquid crystals composed of finite nonspherical micelles, *Chem. Rev.*, 81: 1.
- Fujii, S. ve Yamamoto, Y. (2015) Dynamic Orientation Transition of the Lyotropic Lamellar Phase at High Shear Rates, *Soft Matter* 11 (48) 9330-9341.
- Fujiwara, F.Y. ve Reeves, L.W. (1978) Liquid crystal/glass interface effects on the orientation of lyotropic liquid crystals in magnetic fields, *Can. J. Chem.* 56: 2178–2183.
- Francois, J. ve Scoulios, A. (1967) Propriétés électriques des gels aqueux d'amphiphile. I. Technique expérimentale et résultats préliminaires de mesure de conductivité, *Kolloid-Zeitschrift und Zeitschrift für Polymere*, 219: 144–149.
- Francois, J. ve Scoulios, A. (1969) Effect of the texture of the mesomorphic gels of soap-water systems on their electrical conductivity, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 269: 61–64.
- Friberg, S. (1992) Surfactants in Science and Technology, *Organized Solutions*, CRC Press, New York 410.
- Friedel, G. (1922) *Ann. Phys.*, 18: 273.

- Garbovskiy, Y., Koval'chuk, A., Grydyakina, A., Bugaychuk, S., Mirnaya, T. ve Klimusheva, G. (2007) Electrical conductivity of lyotropic and thermotropic ionic liquid crystals consisting of metal alkanoates, *Liquid Crystals*, 34: 599–603.
- Ghosh, S.K. (2007) *Influence of strongly bound counterions on the phase behavior of ionic amphiphiles*, PhD Thesis, Raman Research Institute, Bangalor.
- Gilchrist, C.A., Roders, J., Steel, G., Vaal, E. G. ve Winsor, P. A. (1967) The constitution aqueous liquid crystalline solutions of amphiphiles, *Journal of Colloid and Interface Science*, 25: 409–420.
- Goodby, J.W. (1998) Liquid crystals and life, *Journal Liquid Crystals*, 24: 25-38.
- Gordon, R. (2017) *The Physics of Lyotropic Liquid Crystals Phase Transitions and Structural Properties*, Createspace Independent Publishing Platform, 310.
- Govindaiah, T. N. (2016) Optical density and ultrasonic measurements of lyotropic chromonic phase of liquid crystalline materials, *Mol Cryst Liq Cryst*, 637:92–98.
- Govindaiah, T. N. (2016) Optical studies and order parameter of lyotropic chromonic liquid crystalline phase, *Chem. Phys. An Intern. J*, 1: 1–5.
- Götz, K.G. ve Heckmann, K. (1958) The shape of soap micelles and other polyions as obtained from anisotropy of electrical conductivity, *J Colloid Sci*, 13:266–272.
- Gray, G. W., (1962) *Molecular Structure and the Properties of Liquid Crystals*, Academic, London, 314.
- Gray, G.W., Harrison, K., Nash, A. (1973) New family of nematic liquid crystals for displays, *Electron. Lett.*, 9: 130-131.
- Guo, C., Wang, J., Cao, F., Lee, R.J. ve Zhai, G. (2010) Lyotropic liquid crystal systems in drug delivery, *Drug Discov Today*, 15:1032–1040.

Heckmann, K. ve Götz, K.G. (1958) Die Bestimmung der Form gelöster Polyionen aus dem Leitfähigkeitsanisotropie-Effekt, *Z. für Elektrochem.*, 62: 281-288.

Hendriks, Y. and Charvolin, J. (1981) Structural relations between lyotropic phases in the vicinity of the nematic phases, *J. Phys.*, 42: 1427–1440.

Hertel, G. ve Hoffmann, H. (1988) Lyotropic nematic phases of double chain surfactants, *Progr. Colloid Polym. Sci.*, 76: 123-131.

Hiltrop, K. (1994) Lyotropic liquid crystals. *In: Liquid Crystals*, H. Stegemeyer, H. Behret (eds), Springer 3: 143–171.

Hoffmann, H., Oetter, G. ve Schwandner, B. (1987) The aggregation behavior of tetradecyldimethylaminoxide, *Progr Coll Polym Sci*, 73:95–106.

Hoffmann, H., Hofmann, S. ve Illner J.C. (1994) Phase behaviour and properties of micellar solutions of mixed zwitterionic and ionic surfactants, *Progr Colloid Polym Sci*, 97:103–109.

Holmberg, K. (2001) *Handbook on Applied Surface and Colloid Chemistry*, John Wiley & Sons Ltd., New York.

Hosaka, S., Tozaki, K., Hayashi, H. and Inaba, H. (2003) Effect of magnetic field on the phase transitions of EBBA by means of a high-resolution and super-sensitive DSC, *Physics B*. 337:138–146.

<https://www.dataphysics-instruments.com/knowledge/understanding-interfaces/surfactants-cmc/>.

<https://www.livescience.com/37247-dna.html>.

https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_rotation.

Huang, C., Zhang, Q.M. ve Jakli A. (2003) Nematic anisotropic liquid crystal gels – self-assembled nanocomposites with high electromechanical response, *Advanced Functional Materials* 7: 525-529.

- Humar, M. (2016) Liquid-crystal-droplet optical microcavities, *Liq. Cryst.*, 43:1937–1950.
- Hyde, S.T. (2001) Identification of lyotropic liquid crystalline mesophase. In: Holmberg K (ed) *Handbook of applied surface and colloid chemistry*. Wiley, London, 299–332.
- Ito, T.H., Salles, A.G., Priebe J.P., Miranda, C.M.L., Morgon, N.H., Danino, D., Mancini, G., Sabadini, E. (2016) Generation of a Chiral Giant Micelle, *Langmuir* 32 (33) :8461-8466.
- Kazakov, N.V. ve Sonin, A.S. (1991) *News Acad. Sci. of the USSR. Physics Ser.*, 55: 1725.
- Kazancı, N., Nesrullajev, A. ve Yıldız, T. (2000) Peculiarities of confocal, polygonal and fan-like textures in smectic and cholesteric liquid crystals, *Balkan Phys. Lett.* 8: 135-146.
- Kazancı, N. ve Nesrullajev, A. (2003) Refracting and birefringent properties of lyotropic nematic mesophases. *Mater Res Bull*, 38:1003–1012.
- Kim, Y.K., Senyuk, B., Shin, S.T., Kohlmeier, A., Mehl, G.H., Lavrentovich, O.D. (2014) Surface alignment, anchoring transitions, optical properties, and topological defects in the thermotropic nematic phase of organo-siloxane tetrapodes, *Soft Matter* 10: 500–509.
- Krishnaswamy, R., Ghosh, S.K., Lakshmanan, S., Raghunathan, V.A. and Sood, A. K. (2005) Phase behavior of concentrated aqueous solutions of cetyltrimethylammonium bromide (CTAB) and sodium hydroxy naphthoate (SHN), *Langmuir* 21: 10439–10443.
- Kumar, A. (2013) Determination of orientational order and effective geometry parameter from refractive indices of some nematics, *Liq Cryst*, 40:503–510.
- Kurik, V.M. ve Lavrentovich, O.D. (1988) Review of topical problems: Defects in liquid crystals: homotopy theory and experimental studies, *Sov. Phys. Usp.*, 31: 196–224.
- Kurik, V.M. and Lavrentovich, O.D. (1989) Defects in liquid crystals: Homeotropic theory and experimental investigations, *Usp. Fiz. Nauk (Sov.)*, 154: 381–431.

- Kuzma, M. R. ve Saupe, A. (1997) Structure and phase transitions of amphiphilic lyotropic liquid crystals, *In: Handbook of Liquid Crystal Research*, Collings, P. J. ve Patel, J. S. (Editörler), Oxford University Press, New York – Oxford, 237–258.
- Lagerwall, J., Scalia, G., Haluska, M., Dettlaff-Weglikowska, U., Roth, S., Giesselmann, F. (2007) Nanotube Alignment Using Lyotropic Liquid Crystals, *Agvance Materials*, 19: 359-364.
- Laughlin, R.G. (1996) The aqueous phase behaviour of surfactants, *Academic Press*, London, 558.
- Lehmann, O. (1889) Über fließende Krystalle, *Zeitschrift für Physikalische Chemie* 4: 462–72.
- Li, X.W., Zhang, J., Dong, B., Zheng, L.Q. ve Tung, C.H. (2009) Characterization of lyotropic liquid crystals formed in the mixtures of 1-alkyl-3-methylimidazolium bromide/p-xylene/water, *Coll. Surf. A* 335: 80–87.
- Li, H., Dang, L., Yang, S., Li, J. ve Wei, H. (2016) The study of phase behavior and rheological properties of lyotropic liquid crystals in the LAS/AES/H₂O system, *Coll. Surf. A* 495: 221–228.
- Libster, D., Aserin, A., Garti, N. (2011) Interactions of Biomacromolecules with Reverse Hexagonal Liquid Crystals: Drug Delivery and Crystallization Applications, *Journal of Colloid and Interface Sci.* 356(2): 375-386.
- Lingmann, B. ve Wennerström, H. (1980) Amphiphile aggregation in aqueous solutions, *in: Micelles*, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York, 1–85.
- Luders, D.D., Oliveira, D.A., Kimura, N.M., Simoes, M. and Palangana, A.J. (2015) Order parameter in the nematic – isotropic phase transition, *Journal of Molecular Liquids*, 207: 195-199.
- Lueder, E. (2001) *Liquid Crystal Displays: Addressing, Schemes and Electro-Optical Effects*, Wiley, New York.

- Lydon, J. (1998) in: *Handbook of Liquid Crystals*, edited by D. Demus, J. Goodby, G.W. Gray, H.-W. Spiess and V. Vill (Willey-VCH, Weinheim), 981.
- Malmsten, M. (2002) *Surfactants and Polymers in Drug Delivery*, Marcel Dekker Inc., New York.
- Martelucci, S. ve Chester, A.N. (1992) *Phase Transitions in Liquid Crystals* (Eds.), *Plenum Press*, New York – London 1–3.
- Marques, E., Khan, A., da Grasia Miguel, M. ve Lindman, B. (1993) Self-assembly in mixtures of a cationic and an anionic surfactant: The sodium dodecyl sulfate – didodecyldimethylammonium bromide – water system, *J. Phys. Chem*, 97: 4729–4736.
- Melankholin, N.M. (1970) *Methods of Investigations of Optical Properties of Liquid Crystals*, *Science Publ.*, Moscow (in Russian)
- Mirandi, R.M., Schulz, P.C. ve Vuano, B. (2002) Triangular phase diagram of the catanionic system dodecyltrimethylammonium bromide–disodium dodecanephosphonate–water, *Coll Surf A*, 197:167–172.
- Mitra, M., Gupta, S., Paul, R., Paul, S. (1991) Determination of orientational order parameter from optical studies for a homologous series of mesomorphic compounds, *Mol Cryst Liq Cryst*, 199:257–266.
- Mitchell, D.J., Tiddy, G.J.T., Warring, L., Bostock, T. ve McDonald, M.P. (1983) *J. Chem. Soc.*, *Faraday Trans. 1*, 79: 975.
- Mukherjee, P.K. (2002) Nematic-isotropic phase transition in lyotropic liquid crystals, *Liq Cryst*, 29:863–869.
- Mukherjee, P.K., Lagerwall, J.P.F., Giesselmann, F. (2005) Electrolyte effects on the nematic–isotropic phase transition in lyotropic liquid crystal, *Liq Cryst*, 32:1301–1306.
- Mukherjee, P.K. ve Bhattacharya, J. (2007) Phenomenological theory of the nematic to lamellar phase transition in lyotropic liquid crystals, *J Chem Phys*, 126(1–6):024901.

- Mukherjee, P.K. (2013a) Isotropic micellar to tilted lamellar phase transition in lyotropic liquid crystals, *J Mol Liq*, 187:90–93.
- Mukherjee, P.K. (2013b) Isotropic micellar to lamellar phase transition in lyotropic liquid crystals, *RSC Adv*, 3:12981–12984.
- Mukherjee, P.K., Rahman M (2013) Isotropic to biaxial nematic phase transition in an external magnetic field, *Chem Phys*, 423:178–181.
- Nesrullajev, A. (1986) The study of phase transitions in liquid crystals by capillary temperature wedge, *News Azerbaijan Academy Sci.* 41: 86–92.
- Nesrullajev, A. (1988) Anisotropy of electroconductivity and shapes of micellar aggregates: amphiphile ? water lyotropic liquid crystalline system, *Electrochemistry (Sov.)*, 24:570–572.
- Nesrullajev, A. (1992) Mesomorphism and electrophysics of lyotropic liquid crystalline systems. DSc Dissertation, Institute of Physics, *Academy of Sciences*, Baku.
- Nesrullajev, A., Yurtseven, H. ve Kazanci, N. (2000) *Liquid Crystals: Structures, Properties, Applications*, Ege University Pres, İzmir.
- Nesrullajev, A., Kazancı, N., Yıldız, T. (2003) Hexagonal lyotropic liquid crystalline mesophase: change of rod-like micelles sizes with changes in concentrations, *Mater Chem Phys*, 80:710–713.
- Nesrullajev, A., Okcan, M. ve Kazanci, N. (2003) Comparative peculiarities of nonuniform textures of lyotropic mesophases of binary and ternary systems based on n-cetyl-n,n,n-trimethyl ammonium bromide, *J. Mol. Liq.* 108:313–332.
- Nesrullajev, A. and Bilgin Eran, B. (2005) Mesomorphic, morphologic and thermotropic properties of 4-hexyl-N-(4-hexadecyloxysalicylidene) aniline, *Mater. Chem. Phys.* 93: 21–25.
- Nesrullajev, A. (2007) Amphiphilic Systems, *Lyotropic Liquid Crystalline Systems* Mugla University Press, Mugla.

- Nesrullajev, A. ve Oktik, S. (2007) Texture transformations and orientational properties of lyotropic nematic in magnetic field, *Cryst. Res. Techn.* 42: 44–49.
- Nesrullajev, A. (2010a) Sizes and anisometricity of micelles in lyotropic liquid crystalline mesophases: sodium lauryl sulphate/water/decanol lyotropic system, *Tenside Surf Det*, 47:179–183.
- Nesrullajev, A. (2010b) Shape and sizes of micelles in nematic calamitic and nematic-discotic mesophases: sodium lauryl sulphate/water/decanol lyotropic system, *Mater Chem Phys*, 123:546–550.
- Nesrullajev, A. (2010) Changes of thermo-morphologic and thermotropic properties of liquid crystals at direct and reverse nematic mesophase isotropic liquid phase transitions: surface-induced effect, *Phase Trans.* 83: 326–337.
- Nesrullajev, A., Yörür-Göreci, C. ve Bilgin Eran, B. (2012) Thermotropic, Thermomorphologic, and thermo-optical properties of new smectogenic calamitic compounds containing imine linking groups, *Intern. J. Thermophys.* 33: 58–68.
- Nesrullajev, A. (2013) Structural peculiarities of micelles in lamellar mesophase of lyotropic liquid crystalline systems: shape, sizes and anisometricity, *J Mol Liq*, 187:337–342.
- Nesrullajev, A. (2014) Comparative I, investigations of phase states, mesomorphic and morphologic properties in hexadecyltrimethyl ammonium bromide/water and hexadecyltrimethyl ammonium bromide/water/1-decanol lyotropic liquid crystalline systems, *J Mol Liq*, 200:425–430.
- Nesrullajev, A. (2015) Orientational transitions in lyotropic nematic mesophases: Optical conoscopic studies, *J. Optoelectr. Adv. Mater.* 17: 357–361.
- Nesrullajev, A. ve Altınay, Y. (2018) Morphologic Properties, Texture Transformations and Optical Refracting Properties: Aqueous Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, *Tenside Surfactants Detergents*, 55: 3, 176–186.

- Nesrullajev, A. ve Altinay, Y. (2020) Lyotropic liquid crystalline hexagonal mesophase. Thermo-morphologic and magneto-morphologic transformations, electrical conductivity and optical refractive properties: Effect of optically active compounds, *Journal of Molecular Liquids*, 300: 112175.
- Nicoletta, F.P., Golemme, A. ve Ghidichimo, G. (1996) *Gazz. Chim. Ital.* 126: 279-284.
- Olivero, D., Evangelista, L.R. ve Barbero, G. (2002) External electric-field effect on nematic anchoring energy, *Physical Review E* 65: 31721.
- Osipov, M.A. ve Petrov, A.G. (1988) Theory of refractivity of lyotropic nematics, *Kolloid. Zh.* 50: 1130.
- Osipov, M.A. ve Kuball, H.G. (2001) Helical twisting power and circular dichroism in nematic liquid crystals doped with chiral molecules, *The European Physical Journal E* 5: 589-598.
- Ostapenko, T., Nastishin, Y. A., Collings, P. J., Sprunt, S. N., Lavrentovich, O. D. ve Gleeson, J. T. (2013) Aggregation, pretransitional behavior, and optical properties in the isotropic phase of lyotropic chromonic liquid crystals studied in high magnetic fields, *Soft Matter*, 9: 9487–9498.
- Oweimgreen, G.A. and Morsy, M.A. (1999) DSC studies on p-cyanophenyl p-(n-alkyl) benzoate liquid crystals: evidence for polymorphism and conformational change, *Thermochim. Acta* 325: 111–118.
- Oweimgreen, G.A. and Morsy, M.A. (2000) DSC studies on p-(n-alkyl)-p'-cyanobiphenyl (RCB's) and p-(n-alkoxy)-p'-cyanobiphenyl (ROCB's) liquid crystals, *Thermochim. Acta* 346: 37–47.
- Ozden, P., Nesrullajev, A. and Oktik, S. (2010) Phase states and thermomorphologic, thermotropic, and magnetomorphologic properties of lyotropic mesophase: Sodium lauryl sulphate–water–1-decanol liquid crystalline system, *Phys. Rew. E*, 82: 061701 (1–8).
- Özden, P. (2010) *Sodium Lauryl Sulphate/Su/1-Decanol Liyotropik Sıvı Kristalik Sistemin Faz Halleri, Thermo-Morfolojik, Termotropik ve Manyeto-Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi*, Yüksek lisans tezi, Muğla Üniversitesi, Muğla, 83.

- Özden, P. (2017) *Sonlu Boyutlu Miselli Liyotropik Sıvı Krsitalik Mezofazların Thermo-Morfolojik, Termotropik, Tetmo-Optiksel ve Dielektrik Özelliklerinin İncelenmesi*, Doktora tezi, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla, 128.
- Paineau, E., Krapf, M., Amara, M., v.d. (2016) A liquid-crystalline hexagonal columnar phase in highly-dilute suspensions of imogolite nanotubes, *Nat Commun* 7: 10271.
- Palangana, A.J., Simoes, M., dod Santos, O.R. ve Alves, F.S. (2003) Periodic structures in a biaxial nematic phase, *Phys. Rev. E* 67:030701(1–4).
- Pan, R.P., Tsai, T.R., Chen, C.Y., Wang, C.H. ve Pan, C.L. (2004) The refractive indices of nematic liquid crystal 40-n-pentyl-4-cyanobiphenyl in the THz frequency range, *Mol Cryst Liq Cryst*, 409:137–144.
- Pardhasaradhi, P., Prasad, P.V.D., Latha, D.M., Pisipati, V.G.K.M. and Rani, G.P. (2012) Orientational order parameter studies in two symmetric dimeric liquid crystals – an optical study, *Phase Trans.* 85: 1031–1044.
- Perez-Rodriguez, M., Prieto, G., Rega, C., Varela, L.M., Sarmiento, F. ve Mosquera, V. (1998) A comparative study of the determination of the critical micelle concentration by conductivity and dielectric constant measurements, *Langmuir*, 14:4422–4426.
- Peter, J.C. ve Michael, H. (1997) *Introduction to Liquid Crystals; Chemistry and Physics*, 314.
- Petrov, A. G. (1999) *Molecular Physics and Living Matter Physics, The Lyotropic State of Matter*, Gordon & Breach Science Publishers, London – New York 549.
- Photinos, P. S. ve Saupe, A. (1986) The electric conductivity of the lamellar smectic, the micellar nemati, and the isotropic micellar solution of ammonium perfluorononanoate in water, *The Journal of Chemical Physics*, 84: 517.
- Puvvada, S., Blakshtein, D. (1992) Thermodynamic description of micellization, phase behaviour, and phase separation of aqueous solutions of surfactant mixtures, *J Phys Chem*, 96:5567–5579.

- Raman, N.K., Anderson, M.T., Brinker, C.J. (1996) Template-Based Approaches to the Preparation of Amorphous, Nanoporous Silicas, *Chem. Mater.* 8: 1682-1701.
- Reekmans, S., Bernik, D., Gehlen, M., Stam, J.V., Auweraer, M.V.D. and Schryver, F.C.D. (1993) Change in the Micellar Aggregation Number or in the Size Distribution: A Dynamic Fluorescence Quenching Study of Aqueous Cetyltrimethylammonium Chloride, *Langmuir*, 9: 2289-2296.
- Reinitzer, F. (1888) Beiträge zur Kenntnis des Cholesterins, *Monatshefte für Chemie* 9:421-41.
- Quaddoura, M.A. ve Belfield, K.D. (2010) Probing the texture of the calamitic liquid crystalline dimer of 4-(4-pentyloxy)benzoic acid, *Materials* 3: 827-840.
- Sampaio, A.R., Kimura, N.M., Viscovini, R.C., Fernandes, P.R.G. ve Palangana, A.J. (2004) Digital image processing study of a reentrant isotropic-discotic nematic phase transition, *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 422: 57-63.
- Saupe, A. (1977) Textures, deformations, and structural order of liquid crystals, *Journ. Colloid Interface Sci.*, 58: 549.
- Seeboth, A. ve Löttsch, D. (2013) *Thermochromic and Thermotropic Materials*, CRC Press, 228.
- Sharma, M., Kaur, C., Kumar, J., Singh, K. C. and Jain, P. C. (2001) Phase transformations in some homologues of 4-n-alkyl-4'-cyanobiphenyls investigated by positron annihilation spectroscopy, *J. Phys. Condens. Matter.* 13: 7249-7258.
- Shen, D. (2000a) *Syntheses and Mesophase Characterizations of Novel Bent-Core Molecules*, PhD Thesis, Martin Luther Universität, Halle (Saale).
- Shuvalov, L.A., Urusovskaya, A.A., Jeludev, I.C., Zalesski, A.V., Semiletov, S.A., Grechushnikov, B.N., Chistyakov, I.G. and Pikin, S.A. (1981) Modern Crystallography, *Science Publ.*, Moscow 4: 68.
- Schwarz, G. (1956) Zur theorie der Leifahigkeitsanisotropie von Polyelektroliten in Lösung, *Z für Phys*, 145:563-584.

- Singh, S. (2000) Phase Transitions in Liquid Crystals, *Phys. Repts.* 324:107–269.
- Sonin, A.S. (1983) Introduction to the physics of liquid crystals, *Science Publ.* Moscow.
- Sonin, A.S. (1984) Introduction to the Physics of Liquid Crystals, *Science Publ.*, Moscow.
- Sonin, A.S. (1987) Lyotropic nematics, *Sov. Phys. Usp.* 30: 875–912.
- Thiele, T., Berret, J.-F., Müller, S. and Schmidt, C. (2001) Rheology and nuclear magnetic resonance measurements under shear of sodium didecyl sulphate/decanol/water nematics, *J. Rheol.*, 45: 29–48.
- Tkachenko, G.V. (2009) *New Developments in Liquid Crystals*, InTech, Vukovar.
- Toledano, J.P. (1987) The Landau Theory of Phase Transition, World Scientific, Singapore 444.
- Tsuji, K. (1998) Surface Activity: Principles, Phenomena, and Applications; *Academic Press.* 245.
- Tsvetkov, V.N. (1986) Hard-chain polymer molecules, *Science Publ*, Moscow.
- Vedenov, A. A. (1983) ve Levchenko, E.B. (1983) Supermolecular liquid-crystalline structures in solutions of amphiphilic molecules, *Soviet Physics Uspekhi*, 26: 747-774.
- Vedenov, A. A. (1984) Physics of Solutions, *Science Publ.*, Moscow.
- Vicari, Ed. L. (2003) *Optical Applications of Liquid Crystals*, Taylor & Francis, London.
- Vitiello, G., Mangiapia, G., Romano, E., Lavorgna, M., Guido, S., Guida, V., Paduano, L. ve D'Errico, G. (2014) Phase behavior of the ternary aqueous mixtures of two polydisperse ethoxylated nonionic surfactants, *Coll. Surf. A: Physicochem.Eng. Aspects*, 442: 16–22.

- White, J.L. ve Zimmer, J.E. (1978) Twist disclinations in the carbonaceous mesophase, *Carbon* 16: 469–475.
- Wu, J., Zhang, J., Zhao, X., Li, M. ve Dong, B. (2008) Characterization of lyotropic liquid crystalline phases formed in imidazolium based ionic liquids, *Coll. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 336: 18–22.
- Wu, J., Zhang, J., Zheng, L., Zhao, X., Li, N. ve Dong, B. (2009) Characterization of lyotropic liquid crystalline phases formed in imidazolium ionic liquids, *Coll. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 336: 18–22.
- Yokoyama, H.: (2009) Tunable whispers, *Nature Photonics*, 3:560-561.
- Yu, L.J. ve Saupe, A. (1982) Deuteron resonance of D₂O of nematic disodium cromoglycate-water system, *Mol Cryst Liq Cryst*, 80:129–134.
- Zhang, J.Z., Wang, Z., Liu, J., Chen, S., Liu, G. ve Lockwood D.J. (Series Eds.) (2002) *Self-Assembled Nanostructures*, Kluwer Academic Publishers, U.S.A.
- Zhang, T., Spitz, C., Antonietti, M. ve Faul, C.F.J. (2005) Highly photoluminescent polyoxometaloeuropate–surfactant complexes by ionic self assembly, *Chemistry*, 11: 1001–1009.
- Zhao, M., Gao, Y. ve Zheng, L. (2010) Lyotropic liquid crystalline phases formed in binary mixture of 1-tetradecyl-3-methylimidazolium chloride/ethylammonium nitrate and its application in the dispersion of multi-walled carbon nanotubes, *Coll. Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 369: 95–100.
- Zimmer, J.E. (1978) *Disclinations in lamellar liquid crystals*, PhD Dissertation, Purdue University, W. Lafayette, Indiana.
- Zimmer, J.E. and White, J.L. (1982) Disclination structures in carbonaceous mesophase, *Adv. Liq. Cryst.* 5: 159–213.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Ad Soyad : Yasemin ALTINAY
Uyruk : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi: Afşin - 19/02/1986
Medeni Hali : Evli
Telefon : 0 507 752 9404
E-posta : yaseminaltinay@eposta.edu.tr

Eğitim

Alınan Derece	Aldığı Kurum/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lise	Doğan Sitesi Lisesi	2004
Lisans	Selçuk Ünivesitesi	2008
Yüksek Lisans	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	2013

İş Tecrübesi

Yıl	Yer	Pozisyon/görev
2011-2019	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2019-	Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi	Öğretim Görevlisi

Yabancı Dil(ler)

Dil (İngilizce, vs)	Başlangıç	Orta	İleri
Yazma			X
Konuşma		X	
Anlama			X
Okuma			X

Bilimsel Projelerde Yaptığı Görevler

1. İyonik amfifillerin karmaşık çözeltilerde sıvı kristalilik mezofazları ve bu mezofazların termo-optiksel ve dielektriksel özellikleri, Yükseköğretim

Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi (Proje No: 17/132), Araştırmacı, 15/05/2017 (Devam Ediyor) (Ulusal).

2. LaMnO₃ bileşiminde La ve Mn yerine yapılan %20 Cu katkısının yapısal ve elektriksel özelliklere etkisi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi (Proje No: 13/29), Araştırmacı, 2013 (Ulusal).

Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

1. Altınay Y. ve Nesrullajev A., Phase Boundaries, Optical Refraction and Specific Electrical Conductivity Properties in Lyotropic Micellar L₁ Phase: Bicomponent Amphiphilic (DDTMABr+HDTMABr)+Water System, Tenside Surfactants Detergents, 55: 1, 17-23 (2018). DOI: 10.3139/113.110533.
2. Nesrullajev A. ve Altınay Y., Morphologic Properties, Texture Transformations and Optical Refracting Properties: Aqueous Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, Tenside Surfactants Detergents, 55: 3, 176-186 (2018). DOI: 10.3139/113.110556.
3. Altınay Y. ve Nesrullajev, A., Shape of Micelles and Temperature and Concentration Behavior of Optical Refractive Properties: Single Amphiphilic and Mixed Bicomponent Amphiphilic Lyotropic Systems, Iranian Journal of Science and Technology, Transactions A: Science 43: 671-680 (2019). DOI: 10.1007/s40995-018-0557-1.
4. Nesrullajev A. ve Altınay Y., Lyotropic liquid crystalline hexagonal mesophase. Thermo-morphologic and magneto-morphologic transformations, electrical conductivity and optical refractive properties: Effect of optically active compounds, Journal of Molecular Liquids, 300: 112175 (2020). DOI: 10.1016/j.molliq.2019.112175.
5. Altınay Y. ve Nesrullajev, A., Lyotropic Lamellar Mesophase. Magneto-Morphologic Transformations and Optical Refracting Properties: Effect of Optically Active Dopants, Tenside Surfactants Detergents, 57: 1, 22-32 (2020). DOI: 10.3139/113.110662.

Hobiler

1. Masa tenisi

2. Bisiklet

3. Doğa Gezileri

4. Yüzme

