Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi

Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering

AKÜ FEMÜBİD **17 (2017) 012201** (101-108) AKU J. Sci. Eng. **17 (2017) 012201** (101-108)
DOI: 10.5578/fmbd.48625

Araştırma Makalesi / Research Article

Bazı Üçlü Karıştırılmış Hidrojen Bağlı Sıvı Kristallerin Termal özelliklerine 4-oktiloksi-4'-siyanobifenil (8OCB) mezojeninin etkisi

Mustafa Okumuş[1]

[1] *Batman Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Batman.*
e-posta: mustafa.okumus@batman.edu.tr

Geliş Tarihi: 10.06.2016 ; Kabul Tarihi: 24.01.2017

Özet

4-Hekzilbenzoik asit (6BA), 4- (oktiloksi) benzoik asit (8OBA) ve 4- (desiloksi) benzoik asit (10OBA)'ten 1:1:1 ağırlık oranında üretilen üçlü karışımların termal ve sıvı kristalik davranışlarına sıvı kristal 4-oktiloksi-4'-siyanobifenil (8OCB) etkisi, diferansiyel tarama kalorimetresi (DSC) ile ve tespit edilen mezofazlar polarize ışık mikroskobu (PLM) ile araştırıldı. DSC deneylerinde ölçülen faz geçiş sıcaklıkları PLM gözlemleri ile uyumludur. Deneysel sonuçlar yeni kompleks karışımların da saf sıvı kristal özelliklerini sergilediğini göstermektedir. Hazırlanan tüm homolog kompleks karışımların morfolojik yapılarının smektogenik ve nematik mezofaz olduğu bulunmuştur. 8OCB eklenmesi ile üretilen yeni kompleks karışımın nematik aralığı, hem saf 8OCB'nin hem de 6BA/8OBA/10OBA karışımının nematik alanlarından daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, kompleks karışımda 8OCB'nin ağırlık oranı artışıyla nematik-izotropik geçiş sıcaklığının azaldığı görüldü. Üstelik, ısıtma oranı arttıkça kompleks karışımın faz geçiş sıcaklık ve entalpi değişim değerleri artmıştır, ve hesaplanan aktivasyon enerjisi yeni kompleks karışımların iyi bir nematik termal stabiliteye sahip olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler
Hidrojen Bağlı Sıvı Kristaller; Termal Özellikler; Mikroyapı.

Effect of 4-octyloxy-4’-cyanobiphenyl Mesogen on Thermal Properties of Some Ternary Mixed Hydrogen-bonded Liquid Crystals

Abstract

The effect of liquid crystal 4-octyloxy-4’-cyanobiphenyl (8OCB) on thermal and liquid crystalline behaviours of ternary mixtures produced at weight ratio of 1:1:1 from 4-hexylbenzoic acid (6BA), 4-(octyloxy)benzoic acid (8OBA) and 4-(decyloxy)benzoic acid (10OBA), were investigated by differential scanning calorimeter (DSC) and mesophases identified by polarized light microscopy (PLM). The phase transition temperatures evaluated in the DSC experiments are in line with the PLM observations. The experimental results show that the novel complex mixtures also have displayed pure liquid crystalline properties. The morphologic structures of all prepared homolog complex mixtures were found to be smectogenic and nematic mesophase. The nematic range of the novel complex mixture produced by adding 8OCB was found to be bigger than the nematic ranges of both the pure 8OCB and the 6BA/8OBA/10OBA mixture. Also, it was seen that the nematic-isotropic transition temperature decreased with increasing the weight ratio of 8OCB in the complex mixture. Furthermore, the phase transition temperatures and enthalpy change values of the complex mixture increased as heating ratio increased, and the calculated activation energy showed that the novel complex mixtures had a good nematic thermal stability.

Keywords
Hydrogen-bonded Liquid Crystals; Thermal Properties; Microstructure.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

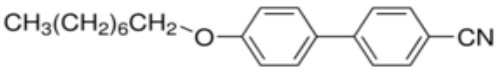
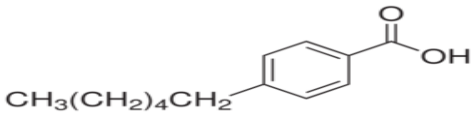
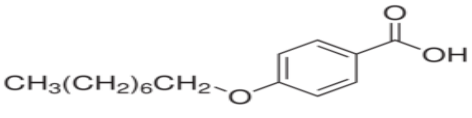
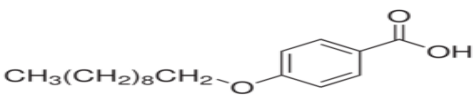
Sıvı kristal (LC) malzemeler görüntü (display) uygulamalarından, lazerler, optik fiberler, organik şarj taşıma cihazları, ilaç taşıma sistemleri, hastalıklı dokuların teşhisi ve çevresel olayların incelenmesine kadar hayatımızın her alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (Doane, 1990; De Gennes ve Prost, 1993; Yang ve Wu, 2006; Hong ve ark. 2013; Shukla ve ark. 2014). Çeşitli elektro-optik uygulamalarda kullanılan malzemeler geniş sıcaklık aralığında sıvı kristalik özellikleri

göstermelidir. Bu yüzden bir sıvı kristalik malzemede geniş nematik alan gözlenmesi onu diğerlerine üstün kılar. Sıvı kristallerin nematik alan gibi mezomorfik özellikleri onların moleküler yapılarındaki değişikliklerden oldukça fazla etkilenirler. Moleküler yapılarında değişiklik yapılarak yeni tür sıvı kristaller sentezlenebilir. Ayrıca, farklı sıvı kristallerin molekülleri arasında hidrojen bağları oluşturularak da sıvı kristalik özellikler sergileyen kompleks bileşikler oluşturulabilinir (Katranchev ve ark. 2005; Sreehari ve ark. 2014). Önceki çalışmalar (Fujimura ve ark. 2014; Cvetinov ve ark. 2013; Salud ve ark. 2013) saf bileşikleri karıştırma ile yeni mezofaz oluşumunu göstermiştir. Karışımdaki saf bileşiklerden hiçbiri, biri veya hepsi sıvı kristal mezojen olabilir (Ahmed, 2016).

Son zamanlarda, hidrojen bağlarının önemli rol oynadığı sıvı kristal özellik gösteren moleküler düzen üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Vijayakumar ve ark. 2009; Vijayakumar ve Madhu Mohan, 2011; Pogali Sathya Prabu ve ark. 2011; Sangameswari ve ark. 2015). Hidrojen bağları kullanılarak kendiliğinden kurulan ve sıvı kristal özellik sergileyen supramoleküler yapı sistemleri oluşturulmuştur. Hidrojen bağı yüksek stabilite ve yönlenebilme özelliğinden dolayı sıvı kristal özellik gösteren moleküler yapı düzenlemede büyük öneme sahiptir. Bundan dolayı hidrojen bağı çeşitli mezojenik ve mezojenik olmayan bileşikler kullanılarak zengin faz polimorfizmi sergileyen karışımlar veya kompleksler oluşturmaya imkân sağlar. Dimer molekülleri içinde hidrojen bağları ile oluşturulan sıvı kristal materyallerin tipik gösterimi 4,n-alkilbenzoik asit (nBA), 4,n-alkiloksibenzoik asit (nOBA) ve p-(n-alkiloksi)-p'-siyanobifenil (nOCB) şeklindedir. Burada n sabiti sıvı kristalin alkil veya alkiloksi zincirindeki karbon sayısıdır. Son zamanlarda bu saf sıvı kristal homolog seriler üzerine birçok çalışma olmasına rağmen bu iki farklı grubun karışımları üzerine yeterli miktarda çalışma bulunmamaktadır. Önceki çalışmalarımızda, çeşitli tip sıvı kristallerle oluşturulan hidrojen bağlı sıvı kristal karışımları oluşturma ve karakterize etmede başarılı deneyimler kazanılmıştır (Okumuş, 2015; Okumuş, 2016; Okumuş ve Özgan, 2014). Bu yeni çalışmada, önceki çalışmada (Okumuş ve Özgan, 2014) karakterizasyonunu yaptığımız hidrojen bağlı sıvı kristal karışımına farklı bir gruptan olan 4-octyloxy-4'-cyanobiphenyl (8OCB) sıvı kristali farklı oranlarda karıştırılarak oluşturulan yeni bir oluşumun termal ve optiksel karakterizasyonu yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada kullanılan saf sıvı kristaller 4-hekzilbenzoik asit (6BA), 4- (oktiloksi) benzoik asit (8OBA), 4- (desiloksi) benzoik asit (10OBA) ve 4-oktiloksi-4'-siyanobifenil (8OCB) % 99 saflıkla Almanya, Sigma Aldrich firmasından satın alındı. Satın alınan saf sıvı kristallerin moleküler yapıları Şekil 1'de verilmiştir.

LC	Kimyasal yapı	Lineer Formül
8OCB		$CH_3(CH_2)_7OC_6H_4C_6H_4CN$
6BA		$CH_3(CH_2)_5C_6H_4CO_2H$
8OBA		$CH_3(CH_2)_7OC_6H_4CO_2H$
10OBA		$CH_3(CH_2)_9OC_6H_4CO_2H$

Şekil 1. Saf sıvı kristallerin kimyasal yapıları ve lineer formülleri.

Deneysel çalışmalarda kullanılacak karışım numuneleri saf sıvı kristallerin istenilen oranında tartıldı ve Tablo 1'de görüldüğü gibi S1, S2, S3 ve S4 olarak adlandırıldı.

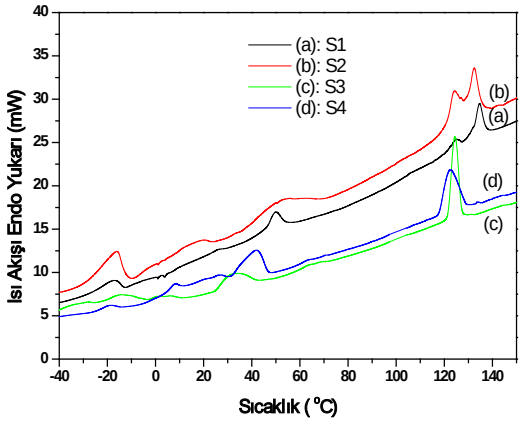
Tablo 1. Hazırlanan sıvı kristal karışım numuneleri.

No	Karışım numunesi	Karıştırma oranı	Sembol
1	6BA/8OBA/10OBA/8OCB	1:1:1:0.3	S1
2	6BA/8OBA/10OBA/8OCB	1:1:1:0.8	S2
3	6BA/8OBA/10OBA/8OCB	1:1:1:2.5	S3
4	6BA/8OBA/10OBA/8OCB	1:1:1:3.5	S4

Tartılan numuneler ısıtma tablası üzerinde kristal fazdan tamamen sıvı faz oluşuncaya kadar ısıtıldı. Isıtılma esnasında her faz dönüşümünden önce ve sonra 20 dakika mekaniksel yöntemlerle karıştırıldı. Numune tamamen homojen yapıya geçtikten sonra oda sıcaklığında soğutulmaya bırakıldı. Moleküler yönlenmenin düzgün ve homojen yapıda olması için ısıtma ve soğutma işlemi iki kez yapıldı. Numuneleri oksidasyondan mümkün olduğunca korumak için, numuneleri kapalı tüp içine yerleştirme gibi önlemler alındı. Üretilen karışım numuneleri bir alüminyum pan içerisinde DSC içine yerleştirilerek DSC deneyleri gerçekleştirildi. Faz geçişleri sırasında numunelerin morfolojik tekstürlerini polarize ışık mikroskobu ile gözlemek için sandviç şekilli sıvı kristal hücreler oluşturuldu. Üretilen karışım numuneleri sıvı kristal hücre içerisine, numune sıvı halde iken yüzey gerilim kuvvetleri etkisiyle yerleştirildi. Numunenin sıvı kristal hücre dışına çıkmaması için hücre kenarları ısıya dayanıklı bir yapıştırıcı ile kapatıldı. Böylelikle oluşturulan sıvı kristal hücre ısıtma tablalı polarize ışık mikroskobu ile incelendi. Karışım numunelerin morfolojik tekstürleri bir CCD kamera ile kayıt yapıldı. Isıtma ve soğutma sırasında her fazın fotoğrafları çekilerek morfolojik analizler yapıldı.

3. Bulgular ve Tartışma

Üretilen sıvı kristal karışım numuneleri DSC ile -40 °C'den 150 °C'ye 20 °C/dak ısıtma oranında ısıtıldı ve elde edilen DSC eğrileri Şekil 2'de verildi.

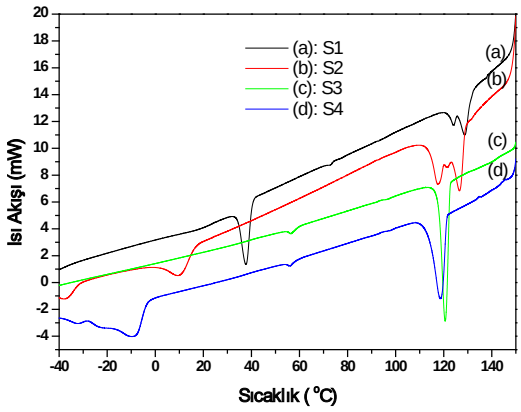


Şekil 2. Sıvı kristal karışım numunelerinin DSC ile sürekli ısıtma sırasında gözlenen grafikleri.

Numuneler, tamamen izotropik faza geçmek için 150 °C'de 2 dakika bekletildikten sonra tekrar -40 °C'ye 20 °C/dak soğutma oranında soğutuldu ve elde edilen DSC eğrileri Şekil 3'te verildi. Şekil 2'de görüldüğü gibi DSC ile sürekli ısıtma esnasında faz geçişlerini işaret eden dört tane endotermik pik gözlenmiştir. Sürekli ısıtma sırasında gözlenen faz sırası Kristal (Cr) – smektik A (SmA) – smektik C (SmC) – nematik (N) – izotropik (I) şeklinde olmuştur. Bu faz geçişleri PLM ile de gözlendi ve DSC ile elde edilen faz geçiş sıcaklık değerlerinin PLM ile elde edilen faz geçiş sıcaklık değerleri ile yaklaşık aynı olduğu gözlendi. DSC ile gözlenen faz geçişleri, PLM gözlemleri ve Gray ve Goodby (1984) tarafından yapılan çalışmalar ile karşılaştırma yapılarak adlandırılmıştır. 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışımında 8OCB'nin ağırlıkça karışım oranı arttıkça nematik-izotropik faz geçiş sıcaklığı düşmekte ve nematik alan artmaktadır. Şekil 2'de görüldüğü gibi 8OCB'nin düşük karışım oranlarında üretilen karışımların nematik alanı küçük iken 8OCB'nin karışım oranı yüksek olduğunda nematik alan aniden artmaktadır. Önceki çalışmalarımızda (Okumuş, 2016; Okumuş ve Özgan, 2014) 8OCB'nin nematik alan değerini 13.28 °C ve 1:1:1 oranında üretilen 6BA/8OBA/10OBA karışımın DSC ile 20 °C/dak ısıtma oranında sürekli ısıtma esnasında nematik alan değerinin 62.6 °C sıcaklık aralığında olduğu bulunmuştu. 8OCB'nin karışım oranının yüksek olduğu karışımlarda gözlenen nematik alan değeri, S3 karışımı için 90.96 °C, saf 8OCB'nin ve

6BA/8OBA/10OBA karışımının nematik alan değerlerinden daha yüksektir. Bu durumda 1:1:1 oranında üretilen 6BA/8OBA/10OBA karışımına daha yüksek oranda 8OCB sıvı kristali eklenmesiyle oluşan yeni oluşumun nematik termal kararlılığı daha yüksektir denir. Bu çalışmada 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışımlarında maksimum nematik alan değeri araştırılmamıştır. Ayrıca üretilen 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışımı oda sıcaklığında medikal bir krem gibidir. Bundan dolayı bu tür karışımlar tıp uygulamalarında da kullanılabilir. Başka bir araştırmacı bu karışımlarda maksimum nematik alan genişliğini ve çalışmanın tıp uygulamalarında kullanılabilirliğini araştırabilir.

Şekil 3'te görüldüğü gibi 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışımları DSC ile sürekli soğutma esnasında da faz geçişlerini işaret eden ekzotermik pikler gözlenmiştir. Soğutma sırasında gözlenen faz geçiş pik sıcaklık değerleri ısıtma sırasında gözlenen faz geçiş pik sıcaklık değerlerinden daha düşüktür. Buna rağmen soğutma sırasında gözlenen faz geçiş entalpi ve pik yükseklikleri, ısıtma sırasında elde edilen faz geçiş entalpi ve pik yüksekliklerinden daha yüksektir. DSC ile sürekli ısıtma ve soğutma sırasında elde edilen faz geçiş sıcaklık ve entalpi değerleri Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 3. Sıvı kristal karışım numunelerinin DSC ile sürekli ısoğutma sırasında gözlenen grafikleri.

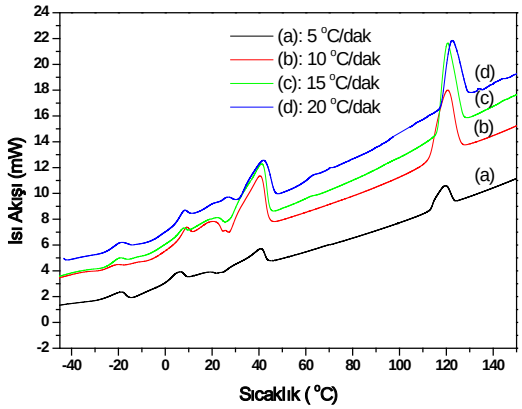
Tablo 2. Sıvı kristal karışımı 8OCB/6BA/8OBA/10OBA'nın faz geçiş pik sıcaklıkları (T) ve entalpi değişimleri (ΔH).

LC Karışım	Döngü	T_{CrA} (°C)	ΔH_{CrA} (J/g)	T_{AC} (°C)	ΔH_{AC} (J/g)	T_{CN} (°C)	ΔH_{CN} (J/g)	T_{NI} (°C)	ΔH_{NI} (J/g)
S1	Isıtma	-17.40	41.18	49.85	79.38	125.32	37.29	134.63	85.90
S2	Isıtma	-15.98	126.77	54.59	23.75	123.99	59.93	132.46	74.55
S3	Isıtma	-13.97	33.46	5.88	12.23	33.46	52.64	124.42	192.62
S4	Isıtma	-18.04	32.17	8.70	45.18	41.88	146.08	122.29	190.85
S1	Soğutma	-	-	37.91	-99.37	124.20	-45.54	128.65	-89.86
S2	Soğutma	-37	-128.5	10	-24.57	118	-65.17	126.89	-83.53
S3	Soğutma	-	-	-	-	57.8	-56.23	120.68	-194.7
S4	Soğutma	-31	-41.19	-8.55	-48.25	58.28	-148.5	118.46	-193.4

DSC ile gözlenen faz geçişleri PLM ile de gözlenmiştir. Şekil 3 ve Tablo 2'de görüldüğü gibi ısıtma sırasında gözlenen faz geçişlerinden bazıları soğutma sırasında gözlenmemiştir. Bunun sebebi, karışımların izotropik fazından kristal fazına doğru soğutma sırasında dimer moleküller arası hidrojen bağlarının ısıtma sırasında kırılmasından dolayı moleküllerin yeniden yönlenebilmesinin zor olmasıdır. Bundan dolayı gözlenmeyen faz geçişleri ya daha alt sıcaklıklarda gerçekleşmekte ya da hiç gerçekleşmemektedir. Bunu anlamak için de daha hassas ve daha düşük sıcaklıklara duyarlı DSC ile ölçümler yapılmalıdır. Bu çalışmada elde edilen DSC sonuçları, benzer sıvı kristaller ve karışımları üzerine literatürde bulunan DSC sonuçları ile uyum içindedir (Okumuş ve ark. 2014; Vijayakumar ve Madhu Mohan, 2012; Vijayakumar ve Madhu Mohan, 2011).

Kinetik analiz için S4 karışımı DSC ile farklı ısıtma oranlarında incelendi ve DSC grafikleri Şekil 4'de verildi. DSC sonuçlarına göre S4 karışımı sürekli ısıtma esnasında Cr-SmA-SmC-N-I faz

geçişlerini göstermiştir. Şekil 4'de görüldüğü gibi ısıtma oranı 5 °C/min den 20 °C/min ye arttıkça faz geçiş pik sıcaklıkları, geçiş entalpileri ve pik yükseklikleri artmaktadır. Buna rağmen faz geçiş pik sayısı değişmemektedir. Bu da tüm ısıtma hızlarında aynı reaksiyonların farklı sıcaklıklarda oluştuğunu gösterir. Bu sonuç da; bu karışımın,



Şekil 4. S4 karışımı için sürekli ısıtma esnasında gözlenen DSC grafikleri.

farklı ısıtma oranlarında ısıtılmasıyla ortaya çıkan ani sıcaklık değişimlerinden etkilenmediğini göstermektedir (Okumuş, 2015). Şekil 4'den elde edilen faz geçiş sıcaklık ve entalpi değişim değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Bu değerler kullanılarak S4 karışımının her faz geçişi için faz geçiş aktivasyon enerjisi hesaplandı. Faz geçiş aktivasyon enerjisini hesaplamak için Kissenger (Kissenger, 1957), Ozawa (Ozawa, 1970) ve Takhor (Takhor, 1971) metotları kullanıldı. Bu metotlara göre hesaplanan aktivasyon enerjisi değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Tablo 4'de görüldüğü gibi üç farklı metotla hesaplanan aktivasyon enerjileri yaklaşık aynıdır. Bu, S4 karışımının sürekli ısıtma sırasında ortaya çıkan faz dönüşüm reaksiyonlarının düzenli olduğunu gösterir. Cr-SmA faz geçiş aktivasyon enerjisi değerleri diğer tüm faz geçişlerin aktivasyon enerji değerlerinden daha yüksektir. Yüksek aktivasyon enerjisi faz dönüşümü için gerekli enerji bariyerinin yüksek olduğunu ifade eder. Bundan dolayı S4 karışımı Cr-SmA faz geçiş sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda kararlıdır. 8OCB/6BA/8OBA/10OBA karışımında sıvı kristal özellik gösteren mezofazların karalılık durumu ise Tablo 4'de görüldüğü gibi nematik-izotropik faz geçiş aktivasyon enerjisi daha yüksek olduğundan nematik faz smektik A ve smektik C fazlarından daha kararlıdır.

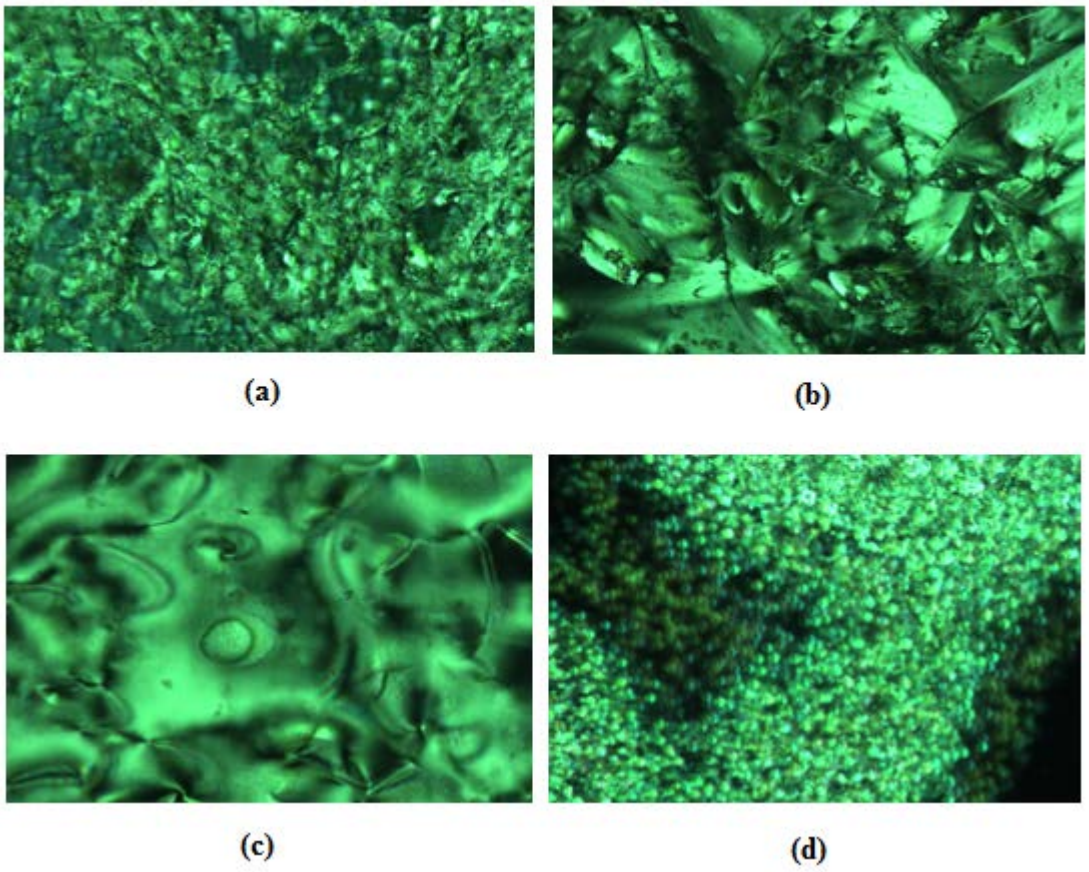
Tablo 3. Farklı ısıtma oranlarında S4 karışımının faz geçiş pik sıcaklıkları (T) ve entalpileri (ΔH).

Isıtma Oranı (°C/dak)	T_{CrA} (°C)	ΔH_{CrA} (J/g)	T_{AC} (°C)	ΔH_{AC} (J/g)	T_{CN} (°C)	ΔH_{CN} (J/g)	T_{NI} (°C)	ΔH_{NI} (J/g)
5	-18.79	30.65	6.04	33.59	40.85	60.76	119.22	119.54
10	-18.74	5.16	9.02	38.07	40.38	143.36	120.43	152.39
15	-18.51	18.43	8.27	34.26	41.07	114.15	120.50	126.82
20	-18.04	32.17	8.70	45.18	41.88	146.08	122.29	190.85

Table 4. S4 karışımının faz geçişlerinin aktivasyon enerjileri E_A (±10 kJ/mol).

Aktivasyon Enerjisi (kJ/mol)	Kristal- Smektik A	Smektik A-Smektik C	Smektik C-Nematik	Nematik-İzotropik
Ozawa	763.96	223.09	479.48	532.95
Kissenger	799.15	229.94	498.99	553.90
Takhor	803.38	234.60	504.21	560.45

Ağırlıkça farklı oranlarda üretilen 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışım numunelerinin morfolojik yapıları ısıtma tablalı PLM ile incelendi. Numuneler oda sıcaklığından itibaren ısıtılmaya başlandı ve tamamen izotropik faz gözlendikten sonra tekrar oda sıcaklığına kadar soğutuldu. PLM ile ısıtma ve soğutma sırasında elde edilen görüntülerle literatür (Gray ve Goodby, 1984) karşılaştırması yapılarak numunelerin faz yapıları adlandırıldı ve ayrıca faz geçiş sıcaklıkları tespit edildi. PLM ile elde edilen sonuçların DSC sonuçları ile uyum içinde olduğu görüldü. Şekil 5'de 1:1:1:0.8 ağırlıkça karışım oranında üretilen numunenin (S2) sürekli ısıtma esnasında kaydedilen PLM görüntüleri görülmektedir.



Şekil 5. S2 karışımının sürekli ısıtma esnasında çekilen PLM görüntüleri: (a) smektik A, (b) smectik C, (c) nematik, (d) nematik-izotropik geçişi.

Şekil 5'de görüldüğü gibi, S2 karışım numunesinin faz yapıları hem ısıtma sırasında hem de soğutma sırasında Smektik A, Smektik C ve nematik olduğu tespit edilmiştir. Şekil 5(a) sürekli ısıtma esnasında 30 ^{o}C sıcaklıkta gözlenen, açıkça smektik A fazını doğrulayan fokal konik fan tekstürü göstermektedir. Şekil 5(b) ısıtma sırasında 90 ^{o}C sıcaklıkta gözlenen ve smektik C fazı olarak adlandırılan kırık fan şekilli tekstürü göstermektedir. Şekil 5(c) 127 ^{o}C sıcaklıkta gözlenen nematik faz yapısını göstermektedir. Şekil 5(d) ise 133 ^{o}C sıcaklıkta gözlenen ve moleküllerin yönlenmesinin kaybolduğu açıkça görülen nematik izotropik faz dönüşüm anını göstermektedir. Tanımlanan bu faz yapıları literatürde (Okumuş, 2014; Gray ve Goodby, 1984; Okumuş ve ark. 2014; Vijayakumar ve Madhu Mohan, 2012) rapor edilenlerle uyum içindedir. Ayrıca PLM çalışmalarında elde edilen faz geçiş sıcaklık değerleri ile DSC çalışmalarında elde edilen faz geçiş sıcaklık değerlerinin yaklaşık aynı olduğu bulunmuştur.

4. Sonuç

6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışım numuneleri istenilen ağırlık oranlarında üretildi. Üretilen karışım numunelerinin termal ve morfolojik özelliklerini araştırmak için DSC ve PLM deneyleri yapıldı. Elde edilen DSC ve PLM sonuçlarına göre 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışım numuneleri sıvı kristal özellikleri gösteren smektik ve nematik faz geçişlerini göstermiştir. Numunelerin, sürekli ısıtma ve soğutma esnasındaki faz geçiş sırası Kristal ↔ Smektik A ↔ Smektik C ↔ Nematik ↔ İzotropik şeklinde olduğu görülmüştür. DSC deneylerinde elde edilen faz geçiş sıcaklık değerleri PLM deneyleri ile elde edilen faz geçiş sıcaklık değerleri ile uyum içindedir. Ağırlıkça eşit oranlarda alınarak üretilen 6BA/8OBA/10OBA karışımına 8OCB sıvı kristali eklendiğinde oluşan yeni karışımın nematik-izotropik faz geçiş sıcaklığı düşmekte, nematik alan artmakta ve aynı zamanda sıvı kristalik alan da artmaktadır. Bunlara ilaveten 6BA/8OBA/10OBA/8OCB karışım numunesi oda sıcaklığında medikal bir krem gibi görünmektedir. Belki, bu özellikten dolayı bu tür karışımlar tıp uygulamalarında da kullanılabilinir. Bu ilginç sonuçlar, üretilen bu karışımın fiziksel özelliklerinin literatürde var olan benzer karışımların fiziksel özelliklerine üstünlük sağladığını göstermektedir. Farklı ısıtma oranlarında yapılan DSC çalışmalarında ısıtma oranı arttıkça faz geçiş sıcaklık değerleri artmıştır. Ayrıca farklı ısıtma oranlarında ölçülen faz geçiş sıcaklık değerleri kullanılarak faz geçiş aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır. Kissenger, Ozawa ve Takhor metotları kullanılarak elde edilen aktivasyon enerjisi değerlerinin uyum içinde olması, sürekli ısıtma esnasında oluşan reaksiyonların ve molekül yönlenmelerinin düzenli olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, nematik-izotropik faz geçiş aktivasyon enerjisi daha yüksek olduğundan nematik faz, smektik A ve smektik C fazlarından daha kararlıdır.

Teşekkür

Polarize ışık mikroskobunu kullanmam için izin veren Yrd. Doç. Dr. Salih Dinç'e çok teşekkür ederim.

Kaynaklar

Doane, J. W., 1990. Liquid crystals—applications and uses. World Scientific: Singapore.

De Gennes, P. G. and Prost, J., 1993. The physics of liquid crystals. 2nd ed., Oxford Science Publications, Clarendom Press: Oxford.

Yang, D. K. and Wu, S. T. 2006. Fundamentals of Liquid Crystal Devices. John Wiley & Sons: New York, NY, USA.

Hong, W. K., Sohn, J. I., Cha, S., Kim, J. M., Park, J. B., Choi, S. S., Coles, H. J. and Welland, M. E., 2013. Programmable ZnO nanowire transistors using switchable polarization of ferroelectric liquid crystal. *Applied Physics Letters*, 102, 053504.

Shukla, R. K., Raina, K. K. And Haase, W., 2014. Fast switching response and dielectric behaviour of fullerene/ferroelectric liquid crystal nanocolloids. *Liquid Crystals,* 41, 1726-1732.

Katranchev, B., Naradikian, H. and Petrov, M. J., 2005. The Role of Hydrogen Bonding for Initiation of Chirality, Dendrites and Physical Gel in Nematics With Short Range Smectic C Order. *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials,* 7, 273–276.

Sreehari, S. S., Lakshmi, S. K., Mallika, K., Nageswara, R. C., Lakhminarayana, S. and Sie, T. H., 2014. Eigen value analysis studies on hydrogen-bonded mesogens. *Liquid Crystals*, 41, 1483–1494.

Fujimura, S., Yamamura, Y., Hishida, M., Nagatomo, S. and Saito, K., 2014. Reentrant nematic phase in 4-alkyl-4'-cyanobiphenyl (nCB) binary mixtures. *Liquid Crystals*, 41, 927–932.

Cvetinov, M., Obadovic, D., Stojanovic, M, Lazar, D., Vajda, A., Eber, N., Fodor-Csorba, K. and Ristić, I., 2013. Mesophase behaviour of binary mixtures of bent-core and calamitic compounds. *Liquid Crystals*, 40, 1512-1519.

Salud, J., López, D. O., Diez-Berart, S., and de la fuente, M. R., 2013. Tests of the tricritical point in the SmA-to-N phase transition of binary mixtures of butyloxybenzylidene octylaniline and hexyloxybenzylidene octylaniline. *Liquid Crystals*, 40, 293–304.

Ahmed, H. A., 2016. Thermal behavior of binary mixtures of isomers of different molecular structures and different lateral substituent positions. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,* in press, doi:10.1007/s10973-016-5471-1

Vijayakumar, V. N., Murugadass, K., and Madhu Mohan, M. L. N., 2009. Study of intermolecular ydrogen bonding in p-n-alkoxybenzoic acids and alkyl aniline homologous series – part I. *Molecular Crystals Liquid Crystals*, 515, 39–48.

Vijayakumar, V. N. and Madhu Mohan, M. L. N., 2011. Thermal and dielectric studies in linear hydrogen bonded liquid crystal homologous Series. *Journal of Molecular Structure*, 1000, 69–76.

Pongali Sathya Prabu, N., Vijayakumar, V. N. and Madhu Mohan M. L. N., 2011. Thermal and dielectric studies of self-assembly systems formed by hydroquinone and alkyloxy benzoic acids. *Physica B: Condensed Matter*, 406, 1106–1113.

Sangameswari, G., Pongali Sathya Prabu, N. and Madhu Mohan, M. L. N., 2015. Study and characterization of the smectic X* phase in binary mixtures of thermotropic double hydrogen bonded ferroelectric liquid crystals. *Phase Transitions*, 88, 907-928.

Okumuş, M., 2015. Thermal characterisation of binary mixture of some supramolecular liquid crystals. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry,* 120, 1603-1608.

Okumuş, M., 2016. Investigation of thermo-electro-optic properties of some mixed nematic liquid crystals. *Molecular Crystals Liquid Crystals*, 625, 117-125.

Okumuş¸ M. and Özgan, S.,2014. Thermal and mesomorphic properties of ternary mixtures of some hydrogen-bonded liquid crystals. *Liquid Crystals*, 41, 1293–302.

Gray, G. W. and Goodby, J. W., 1984. Smectic liquid crystals: textures and structures. Leonard Hill, London.

Okumuş, M., Özgan, S. and Yilmaz, S., 2014. Thermal and optical properties of some hydrogen-bonded liquid crystal mixtures. *Brazilian Journal of Physics*, 44, 326-333.

Vijayakumar, V. N. and Madhu Mohan, M. L. N., 2012. Design and characterization of hydrogen bonded ferroelectric liquid crystals: A study of light modulation in nematic and smectic orderings. *International Journal for Light and Electron Optics*, 123, 1044–50.

Vijayakumar, V. N.and Madhu Mohan, M. L. N., 2011. Thermally controlled optical shutter in an inter-molecular hydrogen bonded liquid crystal *Physica B: Condensed Matter*, 406, 4139–4144.

Ozawa, T., 1970. Kinetic analysis of derivative curves in thermal analysis. *Journal of Thermal Analysis*, 2, 301–324.

Kissinger, H. E., 1957. Reaction kinetics in differential thermal analysis. *Analytical Chemistry*, 29, 1702–1706.

Takhor, R. L., 1971. Advances in nucléation and crystallization of glasses. Americal Chemical Society, Columbus (OH).