

**LAURİK , PALMİTİK ve STEARİK ASİDİN 2-BUTANOL' de GÖRÜNÜR  
MOLAR HACİM ve VİSKOZİTELERİNİN İNCELENMESİ**

131729

Gökçen AKGÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
KİMYA ANABİLİM DALI**

2001

**Y.Ö. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

LAURİK , PALMITİK ve STEARİK ASİDİN 2-BUTANOL' de GÖRÜNÜR  
MOLAR HACİM ve VİSKOZİTELERİNİN İNCELENMESİ

Gökçen AKGÜL

131729

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KİMYA ANABİLİM DALI

Bu tez ...../...../2001 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından (.....) not takdir edilerek oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

131729

Prof. Dr. Erol Ayrancı (Danışman).....

Prof. Dr. Tefik Bardakçı.....

Prof. Dr. Suphi Kormalı.....

## ÖZET

### LAURİK , PALMİTİK ve STEARİK ASİDİN 2-BUTANOL' de GÖRÜNÜR MOLAR HACİM ve VİSKOZİTELERİNİN İNCELENMESİ

GÖKÇEN AKGÜL

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Erol Ayrancı

Mayıs 2001, 52 sayfa

Laurik, palmitik ve stearik asidin 2-butanol içerisinde 20, 30, 40 ve 60°C' de görünür molar hacimleri ( $\Phi_v$ ) ve viskoziteleri belirlenmiştir. Piknometre kullanılarak ölçülen yoğunluklardan görünür molar hacimler, Canon-Fenske tipi viskometreler kullanılarak ölçülen sıvı akış sürelerinden de viskoziteler tayin edilmiştir.

Sonsuz seyreltideki görünür molar hacimler ( $\Phi_v^0$ ),  $\Phi_v$  değerlerinin konsantrasyona karşı grafiklerinin sıfır konsantrasyona ekstrapolasyonu ile elde edilmiştir. Hem  $\Phi_v^0$  hem de viskozite değerlerinin sıcaklık ve yağ asidindeki karbon zinciri uzunluğuna göre değişimleri, çözünen-çözgen etkileşimleri açısından değerlendirilmiştir. Ayrıca viskozitenin sıcaklıkla değişimi Arrhenius tipi bir eşitliğe göre incelenerek viskoz akış için aktivasyon enerjileri saptanmaya çalışılmıştır.

Viskozitelerin ve görünür molar hacimlerin sıcaklık ve derişim ile olan ilişkileri grafikler ve tablolar halinde verilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yağ asidi, laurik asit, palmitik asit, stearik asit, viskozite, görünür molar hacim.

JÜRİ: Prof. Dr. Erol Ayrancı (Danışman)

Prof. Dr. Tefik Bardakçı

Prof. Dr. Suphi Kormalı

## ABSTRACT

### INVESTIGATION OF APPARENT MOLAR VOLUMES and VISCOSITIES OF LAURIC, PALMITIC and STEARIC ACIDS in 2-BUTANOL

GÖKÇEN AKGÜL

Master of Science Thesis, Department of Chemistry

Adviser: Prof. Dr. Erol Ayrancı

May 2001, 52 pages

Apparent molar volumes ( $\Phi_v$ ) and viscosities of lauric, palmitic and stearic acids at 20, 30, 40 and 60 °C in 2-butanol have been determined. Apparent molar volumes of fatty acid solutions were obtained from the densities measured using picnometers and viscosities of the same solutions were obtained from the measured flow times of solutions using Cannon Fenske type viscometers.

The apparent molar volumes at infinite dilution ( $\Phi_v^0$ ) were determined by extrapolation of graph of  $\Phi_v$  versus concentration to zero concentration. The variation of both  $\Phi_v^0$  and viscosity values with temperature and with chain length of fatty acid was interpreted in terms of solute-solvent interactions. Furthermore, the variation of viscosities of solutions with temperature was treated according to an Arrhenius type of equation and activation energies for viscous flow of solutions were tried to be determined. The result of viscosities and apparent molar volumes as a function of temperature and concentration are given in graphical and tabular forms.

**Key words:** Fatty acids, lauric acid, palmitic acid, stearic acid, viscosity, apparent molar volume.

**COMMITTEE:** Prof. Dr. Erol Ayrancı (Adviser)  
Prof. Dr. Tevfik Bardakçı  
Prof. Dr. Suphi Kormalı



## ÖNSÖZ

Elektrolit ve elektrolit olmayan moleküllerin çözen ile etkileşimlerinin anlaşılması önemlidir. Görünür molar hacim ve viskozite gibi özellikler moleküllerin çözelti davranışlarının anlaşılmasında kullanılırlar. Yağ asitlerinin vücuttaki fonksiyonlarının incelenmesinde, su ile etkileşimlerinin bilinmesi gereklidir. Yağ asidinin sudaki çözünürlüğü zincirdeki karbon sayısı artışıyla azalmaktadır. Yağ asitleri hidrofob özellik taşımalarına rağmen, diğer çözenler içindeki davranışları, yağ asitlerinin su ile etkileşimleri hakkında bilgiler edinilmesine yardımcı olabilir.

Laurik, palmitik ve stearik asidin 2-butanol ile etkileşimlerinin açıklanmasına yönelik temel bir araştırma niteliğindeki bu çalışma sırasında bana yardımcı olan danışman hocam Prof. Dr. Erol Ayrancı'ya, bölümümüzün öğretim üyelerine, araştırma görevlisi arkadaşlarıma, Kimya Bölümü çalışanlarına, çalışmaya kısmi destek sağlayan Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonu' na ve beni her zaman destekleyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Gökçen AKGÜL

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yağ Asitleri.....	1
1.2. Yağ Asitlerinin Sınıflandırılması.....	2
1.2.1. Doymuş yağ asitleri.....	2
1.2.2. Doymamış yağ asitleri.....	5
1.3. Karboksilik Asitlerin Fiziksel Özellikleri.....	7
1.4. Çözünen-Çözgen Etkileşimlerinin Çalışılması.....	8
1.4.1. Termodinamik özelliklerin ölçümüne dayanan metodlar.....	9
1.4.2. Transport özelliklerin ölçümüne dayanan metodlar.....	12
1.4.3. Spektroskopik metodlar.....	14
1.5. Çalışmanın Amacı.....	13
2. MATERYAL ve METOD.....	15
2.1. Materyal.....	15
2.2. Metod.....	15
2.2.1. Yoğunluk ölçümü.....	15
2.2.2. Viskozite ölçümü.....	16
3. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	18
3.1. Genel.....	18
3.2. Verilerin Değerlendirilmesi.....	18
3.2.1. Görünür molar hacim.....	18
3.2.1.1. LA, PA ve SA çözeltilerinin görünür molar hacimleri.....	19
3.2.2. Viskozite.....	31
3.2.2.1. LA, PA ve SA çözeltilerinin viskoziteleri.....	32

4.SONUÇ.....	37
5.KAYNAKLAR.....	38
6. EKLER.....	40
Ek-1.a. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	40
Ek-1.b. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	40
Ek-1.c. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	41
Ek-1.d. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	41
Ek-2.a. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	42
Ek-2.b. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	42
Ek-2.c. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	43
Ek-2.d. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	43
Ek-3.a. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	44
Ek-3.b. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	44
Ek-3.c. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	45
Ek-3.d. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri.....	45
Ek-4.a. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri.....	46
Ek-4.b. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri.....	46

Ek-4.c. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri.....	47
Ek-4.d. LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri.....	47
Ek-5.a. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri.....	48
Ek-5.b. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri.....	48
Ek-5.c. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri.....	49
Ek-5.d. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri.....	49
Ek-6.a. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri.....	50
Ek-6.b. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri.....	50
Ek-6.c. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri.....	51
Ek-6.d. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri.....	51
Ek-7. 2-butanolün yoğunlukları.....	52

**ÖZGEÇMİŞ**

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler:

- $\eta$  : Mutlak viskozite  
 $\Phi_x$  : Görünür molar özellik  
 $X$  : Çözelti özelliği  
 $\bar{X}_1^0$  : Saf çözünenin molar özelliği  
 $V$  : Çözelti hacmi  
 $\bar{V}_2$  : Çözünenin kısmi molar hacmi  
 $\bar{V}_1^0$  : Saf çözünenin molar hacmi  
 $d_0$  : Saf çözünenin yoğunluğu  
 $d$  : Çözelti yoğunluğu  
 $M_2$  : Çözünenin moleküler ağırlığı  
 $m$  : Molalite  
 $c$  : Konsantrasyon  
 $n_1$  : Çözgenin molü  
 $n_2$  : Çözünenin molü  
 $\beta$  : Spesifik sıkıştırılabilirlik  
 $\alpha$  : Spesifik genleşebilirlik  
 $P$  : Basınç  
 $\Phi_v$  : Görünür molar hacim  
 $\Phi_v^0$  : Sonsuz seyreltideki görünür molar hacim  
 $\Phi_E$  : Görünür molar genleşebilirlik  
 $\Phi_E^0$  : Sonsuz seyreltideki görünür molar genleşebilirlik  
 $t$  : Akış zamanı  
 $L$  : Kapileri uzunluğu  
 $\pi$  : Pi sayısı  
 $r$  : Kapileri yarıçapı  
 $F$  : Faraday sabiti  
 $\Delta G$  : Serbest enerji değişimi  
 $\Delta G^0$  : Dengedeki sistemin serbest enerji değişimi

- $\Delta H$  : Entalpi değişimi  
 $\Delta S$  : Entropi değişimi  
 $\epsilon$  : Hücre potansiyeli  
R : Gaz sabiti  
K : Denge sabiti  
K : Viskometre sabiti  
T : Sıcaklık  
 $\nu$  : Kinematik viskozite  
w : Çözelti ile dolu piknometre ağırlığı  
w<sub>0</sub> : Boş piknometrenin ağırlığı  
b<sub>v</sub> : Deneysel eğim  
E : Viskoz akış için aktivasyon enerjisi  
A : n eksponansiyel faktör  
M : Molar derişim

#### Kısaltmalar:

- LA : Laurik asit  
PA : Palmitik asit  
SA : Stearik asit  
UV : Ultraviyole spektroskopisi  
NMR : Nükleer manyetik rezonans spektroskopisi  
ASTM: American society for testing and materials

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Trigliserit oluşumu reaksiyonu.....	1
Şekil 1.2. Yağ asidi genel formülü.....	2
Şekil 1.3. İzovalerik asit.....	5
Şekil 1.4. Risinoleik asit.....	6
Şekil 1.5. Taririk asit.....	6
Şekil 1.6. Sterkulik asit.....	6
Şekil 1.7. Vernolik asit.....	6
Şekil 1.8. Lisanik asit.....	7
Şekil 1.9. Kaulmogrik asit.....	7
Şekil 1.10. Furanoid yağ asidi.....	7
Şekil 2.1. Viskometre (viskozimetre).....	16
Şekil 3.1.a. LA için 20 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	19
Şekil 3.1.b. LA için 30 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	20
Şekil 3.1.c. LA için 40 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	20
Şekil 3.1.d. LA için 60 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	21
Şekil 3.2.a. PA için 20 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	21
Şekil 3.2.b. PA için 30 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	22
Şekil 3.2.c. PA için 40 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	22
Şekil 3.2.d. PA için 60 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	23
Şekil 3.3.a. SA için 20 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	23

Şekil 3.3.b. SA için 30 °C' de görünür molar hacim – konsantrasyon grafiği.....	24
Şekil 3.3.c. SA için 40 °C' de görünür molar hacim - konsantrasyon grafiği.....	24
Şekil 3.3.d. SA için 60 °C' de görünür molar hacim – konsantrasyon grafiği.....	25
Şekil 3.4. LA için $\Phi_V^0$ 'ın sıcaklıkla değişim grafiği.....	26
Şekil 3.5. PA için $\Phi_V^0$ 'ın sıcaklıkla değişim grafiği.....	26
Şekil 3.6. SA için $\Phi_V^0$ 'ın sıcaklıkla değişim grafiği.....	27
Şekil 3.7. $\Phi_E^0$ 'ın karbon sayısı ile değişimi.....	28
Şekil 3.8. $\Phi_V^0$ 'ın 20 °C' de karbon sayısı ile değişimi.....	29
Şekil 3.9. $\Phi_V^0$ 'ın 30 °C' de karbon sayısı ile değişimi.....	29
Şekil 3.10. $\Phi_V^0$ 'ın 40 °C' de karbon sayısı ile değişimi.....	30
Şekil 3.11. $\Phi_V^0$ 'ın 60 °C' de karbon sayısı ile değişimi.....	30
Şekil 3.12. LA çözeltileri için tüm sıcaklıklardaki viskozite – konsantrasyon grafiği.....	32
Şekil 3.13. PA çözeltileri için tüm sıcaklıklardaki viskozite – konsantrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.14. SA çözeltileri için tüm sıcaklıklardaki viskozite – konsantrasyon grafiği.....	33
Şekil 3.15. 0,35 M LA çözeltisi için $\ln \eta - 1/T$ grafiği.....	35
Şekil 3.16. 0,35 M çözelti derişimi ve 60 °C için viskozite değerlerinin yağ asidi zincirindeki karbon sayısı ile değişimi.....	36

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Doymuş yağ asitleri.....	3
Çizelge 1.2. LA, PA ve SA' nın fiziksel özellikleri.....	8
Çizelge 3.1. LA, PA ve SA' nın 2-butanoldeki $\Phi_v^0$ ve $b_v$ değerleri.....	25
Çizelge 3.2. LA, PA ve SA çözeltilerinin viskoz akış aktivasyon enerjileri.....	35



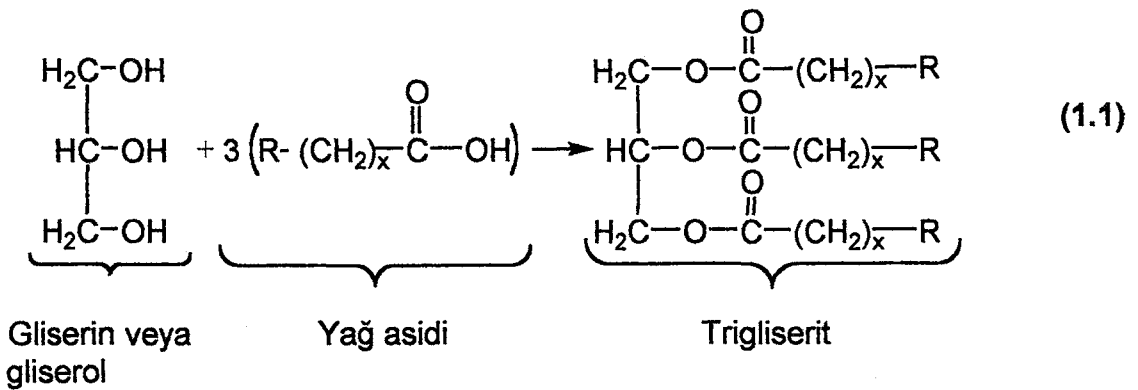
## 1.GİRİŞ

Valeri vd (1997) bildirdiğine göre; Antoniassi vd, Kim vd, yenilebilir yağların deasidifikasyonunun, buhar rafinasyonu, kostik rafinasyonu, veya sıvı-sıvı ekstraksiyonu ile yapılabileceğini bildirmişlerdir. Rafinasyon prosesinin daha iyi anlaşılabilmesi için ısı ve kütle transfer mekanizması analiz edilmelidir. Trigliseritlerin viskozitelerinin bilinmesi bu bakımdan önemlidir. Yağ asitlerinin ve karışımlarının viskoziteleri, yağ ve yağ asidi endüstrisinde önde gelen proses ve kalite kontrol özelliklerindedir. Örneğin yağ asitlerinin ayırımında Shadiakhy, destilasyon kolonlarının etkisinin tahmininde viskozitenin esas parametre olduğunu belirtmiştir. Viskozite verileri ısı transfer ekipmanlarının, borularda iletimin, kolonların, deodorizörlerin, sıvı ekstraktörlerin ve yağ endüstrisindeki diğer ünitelerin tasarımında önemlidir.

Ayrıca yağ asitlerinin vücuttaki fonksiyonlarının incelenmesinde özellikle su ile etkileşimlerinin bilinmesi büyük önem taşır. Ancak hidrofobik karakterlerinden dolayı bu asitlerin suda çözünürlükleri, yağ asidi zincirindeki karbon sayısı arttıkça sınırlanır. Bunun yanısıra başka çözümler içindeki davranışlarının incelenmesi de su ile etkileşimlerinin anlaşılmasına yardımcı olabilir.

### 1.1. Yağ Asitleri

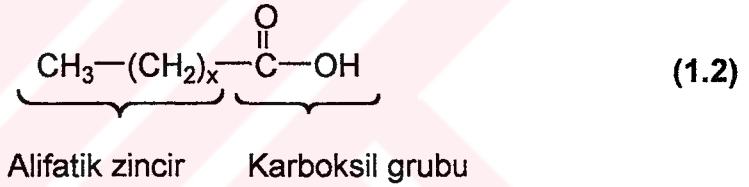
Yağlar yapılarında yağın saflığına göre değişmek üzere % 95.0-99.5 oranında trigliserit ihtiva ederler. Trigliseritler, yağ asitlerinin gliserol ile oluşturduğu ester formunda bileşiklerdir.



Trigliseritlerin genel olarak her yüz gramının 95 gramını yağ asitleri teşkil eder. Diğer %5' lik kısım gliserolden oluşmaktadır. Yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin hemen hemen tamamını yağ asitlerinin yağdaki oranı ve çeşitleri etkilemektedir.

Yağ asitlerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklar yağların elde edildiği bitki veya hayvanın fizyolojik ihtiyaçlarının sonucunda ortaya çıkmaktadır. Yağlardaki hakim yağ asitleri çift karbon atom sayılı ve bir karboksil grubu içeren yağ asitleridir. Bu yağ asitleri genelde doymuş veya doymamış alifatik yapıdaki düz bir zincire sahip karboksilik asitlerdir. Bu bileşiklere yağ asidi adı verilmesinin sebebi yağların yapısında çok yaygın bulunmalarındandır.

Bir yağ asidinin genel formülü ;



şeklinde yazılır.

## 1.2. Yağ Asitlerinin Sınıflandırılması

Katı ve sıvı yağlarda bulunan yağ asitleri doymuş ve doymamış olarak iki gruba ayrılır.

### 1.2.1. Doymuş yağ asitleri

Karbon karbon bağları tek bir kovalent bağdan oluşan yağ asitleri doymuş yağ asitleri olarak isimlendirilir. Bunlar karboksil grubundan başka fonksiyonel grup içermediğinden yağ asitleri içerisinde kimyasal olarak en az reaktif olanlarıdır. Oda sıcaklığında oksidasyona dirençlidirler, sıcaklık arttıkça oksidasyona karşı kararlılıkları azalır. Karbon atomu sayısı 10'dan küçük doymuş yağ asitleri oda sıcaklığında sıvı halde, diğerleri katı haldedirler.

Doymuş yağ asitlerinin erime noktası zincir uzunluğu arttıkça artar. Dekanoik asit ve daha büyük zincir uzunluğuna sahip yağ asitleri normal oda sıcaklığında katı halde bulunurlar. Bu asitlerden formik asit çok nadir olarak esterleşmiş formda yüksek molekülü yağ asitleri ile birlikte bulunur. C-4 den C-12 ye kadar olan asitler genellikle süt yağlarında, C-10, C-12 asitleri bazı tohum yağlarında önemli miktarda bulunur. Miristik asit çoğu hayvansal yağların minör bileşeni olduğu halde bazı tohum yağlarında bol miktarda bulunur. Palmitik asit en yaygın doymuş yağ asidi olup birçok bitkisel ve hayvansal katı-sıvı yağlarda bulunur. Stearik asit de nispeten yaygındır ve özellikle kompleks lipitlerde bazen palmitik asitten daha bol bulunabilmektedir.

C-4'den C-20'ye kadar doymuş yağ asitleri olmasına karşın bunlar arasında palmitik asit (C-16) ve stearik asit (C-18) en yaygın bulunanlardır.

Doymuş yağ asitlerinin çözünürlüğü çözgenin hidrofobik karakteri ve sıcaklıkla doğru orantılı olarak artar. Yağ asitlerinin zincir uzunluğu arttıkça çözünme için çözgenin hidrofobik karakterinin yüksek olması gerekir.

Çizelge 1.1' de bazı doymuş yağ asitleriyle ilgili genel bilgiler verilmektedir. Bu tezde çalışılan üç yağ asidinin (laurik, palmitik ve stearik asit) özellikleri ve diğer doymuş yağ asitleri arasındaki yeri bu çizelgeden görülebilir.

**Çizelge 1.1. Doymuş Yağ Asitleri**

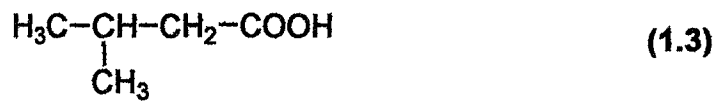
Sistemik isim	Özel isim	C atomu sayısı	Erime noktası °C	Doğal kaynakları
Etanoik asit	Asetik asit	2	18	Rosaceae tohum yağında
Propanoik asit	Propiyonik asit	3	-22	-
Bütanoik asit	Bütirik asit	4	-8	Tereyağında
Pentanoik asit	Valerik asit	5	-34,5	-

Çizelge 1.1.'in devamı

<b>Sistemantik isim</b>	<b>Özel isim</b>	<b>C atomu sayısı</b>	<b>Erime noktası °C</b>	<b>Doğal kaynakları</b>
Hekzanoik asit	Kaproik asit	6	-3,4	Tereyağında
Heptanoik asit	Enantik asit	7	-10,5	-
Oktanoik asit	Kaprilik asit	8	16,3	Tereyağında,hindistancevizi yağında
Nonanoik asit	Pelargonik asit	9	12,5	-
Dekanoik asit	Kaprik asit	10	31,6	Hindistan cevizi yağında, hurma yağında ve süt yağında
Undekanoik asit	Undesilik asit	11	29,3	-
Dodekanoik asit	Laurik asit	12	44,2	Tereyağında,hindistan cevizi yağında,lauraceae ve palmye ağacı tohumlarında
Tridekanoik asit	Tridesilik asit	13	41,5	-
Tetradekanoik asit	Miristik asit	14	53,9	Bir çok hayvansal ve bitkisel yağlarda,süt yağında ve hurma yağında
Pentadekanoik asit	Pentadesilik asit	15	52,3	-
Hekzadekanoik asit	Palmitik asit	16	63,1	Bir çok katı ve sıvı yağlarda, hurma yağında
Heptadekanoik asit	Margarik asit	17	61,3	Hayvansal yağlarda
Oktadekanoik asit	Stearik asit	18	69,6	Özellikle hayvansal katı yağlarda
Nonadekanoik asit	Nonadesilik asit	19	68,6	-

Çizelge 1.1.' in devamı				
Sistemik isim	Özel isim	C atomu sayısı	Erime noktası °C	Doğal kaynakları
Eicosanoik asit	Araşidik asit	20	75,3	Yerfıstığı yağında
Dokosanoik asit	Behenik asit	22	80	Yerfıstığı yağında
Tetrakosanoik asit	Lignoserik asit	24	84,2	Balmumu, yerfıstığı yağında, kolza tohumu yağında
Hekzakosanoik asit	Serotik asit	26	87,7	Balmumu, iz miktarda sebze yağlarında

Doymuş yağ asitleri yukarıda anlatılanlardaki gibi düz zincire sahip olabileceği gibi dallanmış zincire de sahip olabilirler. Örneğin bazı deniz hayvanlarından elde edilen yağlarda, özellikle yunus balığından elde edilen yağda bir bileşen olarak bulunan ve tek sayıda karbon atomu içeren izovalerik asit dallanmış ve doymuş bir yağ asididir.

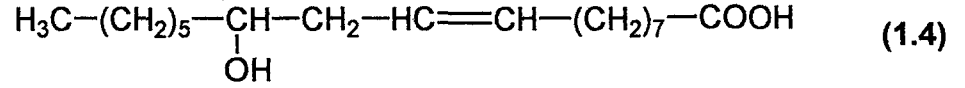


### 1.2.2. Doymamış yağ asitleri

Karbon zinciri üzerinde çeşitli konumlarda karbon atomları arasında bir veya daha fazla çift bağ veya üçlü bağ içeren yağ asitleri doymamış yağ asitleri olarak isimlendirilir. Yapılarında bir çoklu bağ içeren yağ asitleri, mono doymamış yağ asitleri, birden fazla çoklu bağ içeren yağ asitleri ise poli doymamış yağ asitleri olarak bilinir. Yapılarındaki çoklu bağlar nedeni ile,

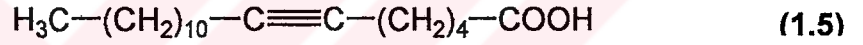
doymamış yağ asitleri doymuş yağ asitlerinden kimyasal olarak daha reaktiftir. Bu reaktivite yağ asidi zincirindeki çoklu bağ sayısı ile artmaktadır.

Doymamış yağ asitleri bir veya iki hidroksi grubu da içerebilirler. Örneğin farmakolojik öneme sahip bir yağ asidi olan risinoleik asit,



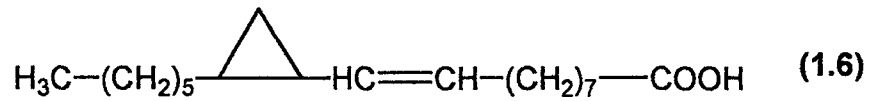
hint yağında bulunur ve bir hidroksi asittir.

Üçlü bağ içeren doymamış yağ asitlerine de asetilenik yağ asitleri denir. Örneğin taririk asit;



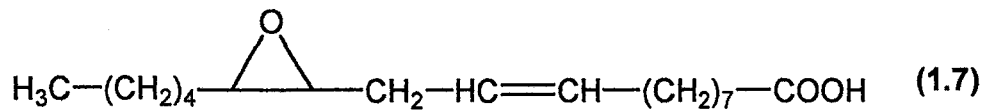
bir asetilenik yağ asididir.

Bir başka grup doymamış yağ asidi de siklopropanoid yağ asididir. Pamuk yağında çok az miktarda bulunan sterkulik asit bir siklopropanoid yağ asididir.

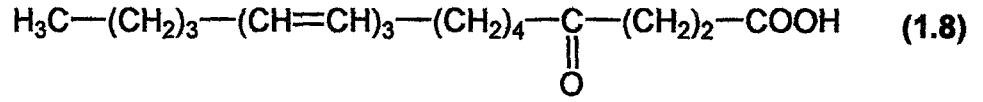


Siklopropenoid yağ asitleri de vardır.

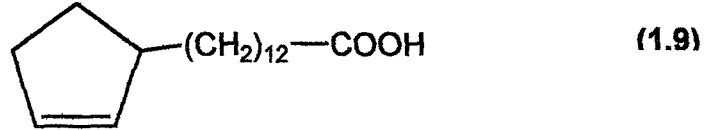
Epoksi yağ asitleri, örneğin vernolik asit;



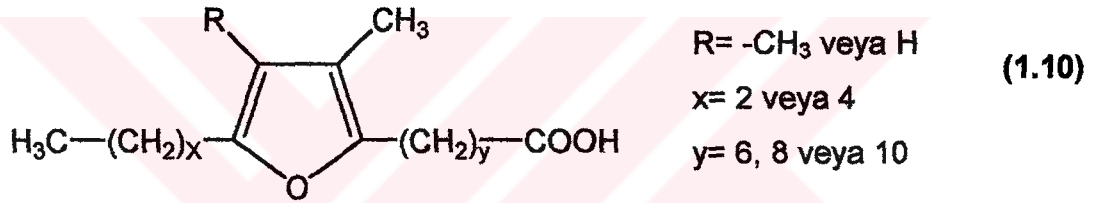
keto yağ asitleri, örneğin lisanik asit;



siklopentenoid yağ asitleri, örneğin doğal olarak oluşan ve bazı cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılan kaulmogrik asit;



ve genel yapısı aşağıdaki gibi olan furanoid yağ asitleri;



diğer doymamış yağ asidi gruplarıdır (Nas vd 1998, Heiman vd 1982).

### 1.3. Karboksilik Asitlerin Fiziksel Özellikleri

Karboksilik asitlerin erime noktaları, kaynama noktaları, yoğunlukları ve kırılma indisleri; moleküler ağırlığı, yapının doymamışlık derecesi veya yapıda bulunan diğer fonksiyonel gruplara bağlı olarak geniş ölçüde değişir. Bu çalışmada incelenen yağ asitlerinin bazı fiziksel özellikleri Çizelge 1.2' de verilmiştir. Diğer bir çok yağ asidinin benzeri fiziksel özellikleri literatürden bulunabilir (Kirk vd 1991).

**Çizelge 1.2. LA, PA ve SA' nın fiziksel özellikleri**

Yağ asidi	Mol ağırlığı g.mol <sup>-1</sup>	Erime Noktası/°C	Kaynama Noktası/°C	Yoğunluk g.cm <sup>-3</sup>	Kırılma indisi/70°C'de
Laurik	200,32	44,2	298,9	0,883	1,4230
Palmitik	256,43	63,1	351,5	0,8534 <sup>60</sup>	1,4309
Stearik	284,48	69,6	376,1	0,847 <sup>70</sup>	1,4337

Yağ asitleri karışımının viskozitesinin ortalama zincir uzunluğu n'ye bağlılığı Fernandez-Martin vd (1952) tarafından çalışılmış ve aşağıdaki bağıntılar bulunmuştur.

$$\log \eta = -0,602802 + 0,134844 n - 0,00259(n)^2 \quad (70^\circ\text{C'de}) \quad (1)$$

$$\log \eta = -0,510490 + 0,101571 n - 0,001628(n)^2 \quad (90^\circ\text{C'de}) \quad (2)$$

burada  $\eta$ , cP biriminde viskoziteyi, n de zincirdeki ortalama karbon sayısını göstermektedir.

Saf yağ asitlerinin, ikili karışımlarının ve trigliseridlerinin erime sıcaklıklarında ve değişik sıcaklıklarda viskoziteleri birçok çalışmayla belirlenmiş (Valeri vd 1997, Liew vd 1991), homolog serilerde metilen grubu sayısı artışıyla viskozite arasındaki ilişki anlaşılmasına çalışılmıştır.

#### **1.4. Çözünen-Çözgen Etkileşimlerinin Çalışılması**

Çözünen-çözgen etkileşimlerinin çalışılmasında kullanılan metodlar çözümlerin değişik özelliklerinin ölçümüne dayanır. Metodlar bu ölçümlere göre gruplar halinde incelenebilir.

### 1.4.1. Termodinamik özelliklerin ölçümüne dayanan metodlar

Termodinamik özellikler arasında serbest enerji, iletkenlik, solvasyon ve solusyon ısıları, solvasyon entropisi, görünür molar hacim, görünür molar genişleme, görünür molar sıkıştırılabilirlik, ısı kapasiteleri ve yüzey gerilimi sayılabilir (Conway 1981).

Serbest enerji ölçümleri solvasyon karakterizasyonunda önemli bir özelliktir. Solvasyon prosesinde entalpi ve entropi ile birlikte sürücü kuvveti belirler. Elektrolitik veya elektrolitik olmayan sistemlerin serbest enerjileri denge durumunda ölçülür. Elektrokimyasal sistem için serbest enerji;

$$\Delta G = - nF\varepsilon \quad (3)$$

eşitliğiyle verilir. Burada  $\Delta G$  sistemin serbest enerjisindeki değişim (j), n hücre reaksiyonu için elektrotlar arasında aktarılan elektronların mol sayısı, F Faraday sabiti (1 mol elektronun toplam yükü,  $9,6485 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$ ),  $\varepsilon$  volt biriminde hücre potansiyelidir.

Çözünürlük prosesi için çözünen türlerin konsantrasyonu ölçülebilir ve çözünürlük veya denge sabiti hesaplanabilir. Dengedeki bir sistem için serbest enerji değişimi

$$\Delta G^0 = - RT \ln K \quad (4)$$

eşitliğiyle verilir. Burada R gaz sabiti ( $\text{j} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ), T sıcaklık (K), K denge sabitidir.

Bir proses için entalpi değişimi ( $\Delta H$ ), kalorimetrik olarak belirlenebilir. Entropi değişimi ( $\Delta S$ ) ise

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (5)$$

eşitliği kullanılarak, ölçüm yoluyla bulunan  $\Delta G$  ve  $\Delta H$  değerlerinden hesaplanır. Burada  $T$  sıcaklıktır. Entropinin deneysel olarak doğrudan ölçümü yapılamamaktadır.

Termal ölçümler ısı kapasitesi ölçümlerini de içerir. Sabit basınçtaki ısı kapasitesi verileri çözünen-çözgen etkileşimleri hakkında önemli bilgiler verir.

Görünür molar özellikler çözünen-çözgen etkileşiminin incelenmesinde önemli yer tutar. Biyokimyasal açıdan önemli olan amino asitlerin (Kumar 1999) ve adeninin (Pandey vd 1999) su ile etkileşimlerinin anlaşılmasında görünür molar özellikler kullanılmıştır. Genel olarak görünür molar özellik  $\Phi_x$  olarak gösterilir ve ikili bir sistem için (1: çözgen, 2: çözünen)

$$\Phi_x = \frac{X - n_1 \bar{X}_1^0}{n_2} \quad (6)$$

eşitliğiyle ilk olarak Marignac (1871) tarafından tanımlanmıştır. Burada  $X$  çözeltinin özelliği,  $\bar{X}_1^0$  saf çözgenin molar özelliği,  $n_1$  çözgenin molü,  $n_2$  çözünenin molüdür. Kısmi molar özellik ve görünür molar özellik arasındaki bağıntı, sabit sıcaklık ( $T$ ), basınç ( $P$ ) ve çözgen molünde

$$\bar{X} = \Phi_x + n_2 \left( \frac{\partial \Phi_x}{\partial n_2} \right)_{T,P,n_1} \quad (7)$$

eşitliğiyle verilir. Burada  $\bar{X}$ , kısmi molar özelliktir. Diğer terimler yukarıda ifade edildiği gibidir. Bu genel tanımlar hacim için uygulanırsa, görünür molar hacim,

$$\Phi_v = \frac{V - n_1 \bar{V}_1^0}{n_2} \quad (8)$$

şeklinde, çözünenin kısmi molar hacmi ise

$$\bar{V}_2 = \Phi_v + n_2 \left( \frac{\partial \Phi_v}{\partial n_2} \right)_{T,P,n_1} \quad (9)$$

şeklinde ifade edilir. Bu eşitliklerde  $V$ , çözeltilinin hacmi ( $\text{cm}^3$ ),  $\bar{V}_1^0$  saf çözünenin molar hacmi ( $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ),  $n_1$  ve  $n_2$  sırasıyla çözünenin ve çözünenin mol sayıları,  $\bar{V}_2$ , çözünenin kısmi molar hacmidir ( $\text{cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$ ). Diğer terimler yukarıda açıklandığı gibidir. Pratikte  $\Phi_v$  verileri çözeltili ve saf çözünenin yoğunluk ölçümlerinden elde edilir. Görünür molal hacim ve yoğunluk arasındaki bağıntı

$$\Phi_v = \frac{1000 \cdot (d_0 - d)}{m \cdot d \cdot d_0} + \frac{M_2}{d} \quad (10)$$

şeklinde türetilebilir. Burada  $d_0$  ve  $d$  sırasıyla saf çözünen ve çözeltilinin yoğunluğu ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ),  $M_2$  çözünenin moleküler ağırlığı ( $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ ),  $m$  çözeltilinin molalitesidir. Çözelti konsantrasyonu molarite ( $c$ ) cinsinden ifade edildiğinde eşitlik 10;

$$\Phi_v = \frac{1000 \cdot (d_0 - d)}{c \cdot d_0} + \frac{M_2}{d_0} \quad (11)$$

şeklini alır.

Görünür molar hacim ölçümlerine dayalı çözünen-çözgen etkileşimlerini anlamaya yönelik olarak bir çok çalışmayı literatürde bulmak mümkündür. Bunlar arasında Millero' nun (1971) derlemesi eski çalışmaların özetlenmesi ve toparlanması açısından önemli bir yer tutar.

Sıkıştırılabilirlik, hacmin sabit sıcaklıkta basınçla değişiminin bir göstergesidir. Spesifik sıkıştırılabilirlik,

$$\beta = -\frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial P} \right)_T \quad (12)$$

şeklinde formüle edilir. Sabit sıcaklıkta hacimde, basınçla meydana gelen değişimin kesri olarak ifade edilebilir. Burada  $\beta$  spesifik sıkıştırılabilirlik,  $V$  hacim,  $P$  basınç ve  $T$  sıcaklıktır. Görünür molar sıkıştırılabilirlik, ses hızı ölçüleriyle belirlenir. Kısmi molar sıkıştırılabilirlik ise görünür molar sıkıştırılabilirlikten bulunabilir.

Çözeltinin genişleme özellikleri, hacmin sabit basınçta sıcaklıkla değişiminin ifadesidir. Spesifik genişleme  $\alpha$ ,

$$\alpha = \frac{1}{V} \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \quad (13)$$

eşitliğiyle verilir. Burada  $V$  hacim,  $T$  sıcaklık ve  $P$  basınçtır. Görünür molar genişleme  $\Phi_E$ , görünür molar hacmin sabit basınçta sıcaklıkla değişimidir.

$$\Phi_E = \left( \frac{\partial \Phi_v}{\partial T} \right)_P \quad (14)$$

Görünür molar genişleme, görünür molar hacmin değişik sıcaklıklarda saptanmasıyla belirlenebilir.

#### 1.4.2. Transport özelliklerin ölçümüne dayanan metodlar

Mobilite, difüzyon ve viskozite en önemli transport özelliklerdir.

Çözeltilerin viskozite davranışları incelenerek çözünen–çözgen etkileşimleri hakkında bilgiler edinilebilir. Bir kapilerden çözeltinin akış zamanı ölçülerek viskozite belirlenir. Sıvının bir kapilerden akış zamanı kapileri yarıçapına,

kapileri uzunluğuna, kapilerinin iki ucu arasındaki basınç farkına ve sıvının viskozitesine bağlıdır (Matthews 1985). Matematiksel olarak

$$\eta = \pi.r^4.\Delta P.t / 8.L.V \quad (15)$$

eşitliği bu parametreler arasındaki bağintıyı verir. Bu eşitlik Hagen – Poiseuille eşitliği olarak bilinir. Burada  $V$ , uzunluğu  $L$ , yarıçapı  $r$  olan kapilerden  $t$  zamanda akan sıvının hacmidir.  $\Delta P$ , kapilerinin her iki ucu arasındaki basınç farkıdır.

Pratikte  $\Delta P$ ,  $L$ ,  $V$  ve  $r$  sabit tutularak viskozitenin sadece akış zamanıyla orantılı olması sağlanır:

$$\eta \propto t \quad (16)$$

Akış zamanının, bu sabitleri de içine alan viskometre sabitiyle ( $K$ ) çarpılmasıyla kinematik viskozite  $\nu$ , elde edilir:

$$\nu = K.t \quad (17)$$

Mutlak viskozite  $\eta$ , ise kinematik viskozitenin yoğunlukla çarpılmasıyla bulunur:

$$\eta = \nu.d \quad (18)$$

Spesifik viskozite, bağıl viskozite, doğal viskozite... gibi daha bir çok viskozite terimleri tanımlanabilir. Viskozitenin konsantrasyonla değişimi incelenerek çözünen–çözgen etkileşimleri hakkında yorumlar yapılabilir (İbemesi vd 1991, Ayrancı vd 1990).

### 1.4.3. Spektroskopik metodlar

İnfrared spektroskopisi özellikle çözünen ile çözgen arasında olabilecek hidrojen bağı etkileşimlerinin belirlenmesinde çok yararlıdır. Raman spektroskopisi, UV spektroskopisi, NMR, X-ışını ve kütle spektrometresiyle çözünen-çözgen etkileşimleri incelenebilmektedir.

### 1.5. Çalışmanın Amacı

Temel araştırma niteliğinde olan bu çalışmanın amacı, biyokimyasal ve endüstriyel öneme sahip laurik, palmitik ve stearik asidin çözelti davranışları hakkında bilgiler edinmektir. Sudaki çözünürlükleri çok düşük olan bu asitlerin 2-butanol içinde viskozite ve görünür molar hacimlerinin konsantrasyonla değişimi saptanarak yağ asidi-çözgen etkileşimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sıcaklık ve yağ asidinin zincir uzunluğu gibi faktörlerin bu etkileşime etkilerini araştırmak da çalışmanın amaçları arasındadır.

## 2. MATERYAL ve METOD

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan yağ asitleri; laurik asit (LA) (Sigma Grade; 99-100% [143-07-7]), palmitik asit (PA) (Sigma Grade; Approx. 99% [57-10-3]) Sigma'dan, stearik asit (SA) (Merck, 845K10781771, Art.671) Merck'den temin edilmiştir. Çözgen olarak kullanılan 2-butanol (J.T.Baker, Cas.no:78-92-2) ise J.T.Baker'dan temin edilmiştir. Bu kimyasallar daha fazla saflaştırılmadan oldukları gibi kullanılmışlardır.

### 2.2. Metod

#### 2.2.1. Yoğunluk ölçümü

Yoğunluklar, yaklaşık 10 ml' lik piknometreler kullanılarak ölçülmüştür. Daraları hassas tartımla ( $\pm 0,1$  mg) belirlenen piknometreler önce deiyonize su ile doldurularak termostatlı su banyosunda 20, 30, 40 ve 60 °C' de termal dengeye getirilmiş ve daha sonra piknometrenin dış kısmı iyice kurularak tartımları alınmıştır. Bu tartım ve önceden belirlenen dara arasındaki fark alınarak bulunan net ağırlığın Kell (1967) tarafından rapor edilen suyun denge sıcaklığına karşı gelen yoğunluğuna bölünmesiyle her bir piknometrenin gerçek hacmi belirlenmiştir. Daha sonra daraları ve hacimleri bilinen piknometreler 2-butanol içinde farklı konsantrasyonlarda hazırlanmış yağ asidi çözeltileriyle doldurularak yine 20, 30, 40 ve 60 °C' de termal dengeye getirilmiş, daha sonra da tartımları alınmıştır.

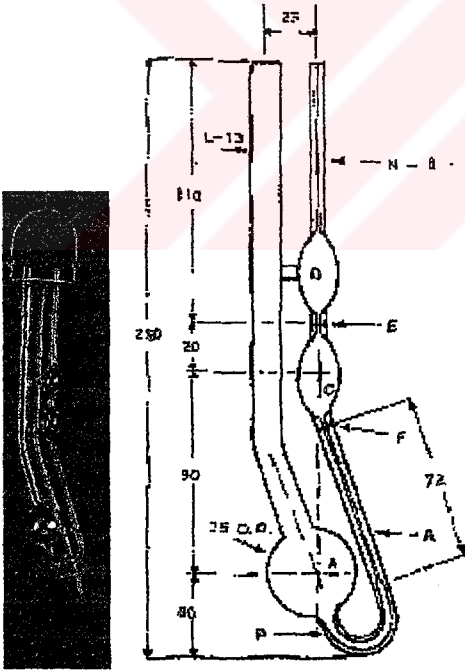
Bu tartımlar ve kalibrasyondan elde edilen hacimler kullanılarak aşağıdaki eşitliğe göre yoğunluklar hesaplanmıştır.

$$d = \frac{w - w_0}{V} \quad (19)$$

Burada  $w_0$  ve  $w$  sırasıyla boş piknometrenin ve içindeki çözelti ile 20, 30, 40 ve 60°C' de termal dengeye ulaşmış piknometrenin ağırlıkları ve  $V$  de kullanılan piknometrenin kalibre edilmiş hacmidir. Ağırlıklar gram ve hacim  $cm^3$  biriminde alınarak çözelti yoğunluğu  $d$ ,  $g.cm^{-3}$  biriminde bulunmuştur. Her bir sıcaklıkta bir deneme de saf 2-butanol ile yapılarak çözgen yoğunlukları bulunmuştur. Bulunan bu yoğunluklar daha sonra bulgular bölümünde bahsedileceği gibi hacim ve mutlak viskozite hesaplarında kullanılmıştır.

### 2.2.2. Viskozite ölçümü

Viskozite ölçümleri borosilikat camdan (DURAN, SCHOTT GLASS) yapılmış, Cannon Fenske Routine viskometrelerle gerçekleştirilmiştir. Kullanılan viskometrelerin bir şeması Şekil 2.1' de verilmiştir.



Şekil 2.1. Viskometre (viskozimetre)

Bu viskometreler ASTM D 2515/D 446, ISO/DIS 3105 ve BS 188 sertifikalı olup transparant sıvılar içindir. Kullanılan iki viskometrenin sabitleri üretici firma

tarafından 0,01477 ve 0,01515 mm<sup>2</sup>.s<sup>-2</sup> olarak bildirilmiş ve 100 °C' ye kadar bu sabitleri korudukları belirtilmiştir. Bildirilen bu sabitlerin doğrulukları viskozitesi bilinen bir veya iki sıvı ile yapılan ölçümlerle gerçekleştirilmiştir.

Çözeltiler için uygun viskometre, E ve F boğumları arasından (Şekil 2.1) akış süresi 200 saniyeden çok olacak şekilde seçilmiştir. Bu süreyi R kapiler çapı belirlemektedir. Bazı çözeltiler için sıcaklık arttıkça akış zamanının 200 saniyenin altına düştüğü olmuştur. Bu durumda kinetik düzeltmeler yapılmıştır.

Viskometreler ilk kullanımdan önce %15 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve %15 HCl ile temizlenmiş, her kullanımdan sonra da iyice temizlenip kurutulmuştur. Çözeltiler daima kuru ve temiz viskometrelere alınmıştır.

Çözeltilerin viskometrelere alınması ASTM sertifikalarında belirtildiği gibi yapılmıştır. Buna göre viskometre ters çevrilmiş ve viskometrenin N tarafı (şekil 2.1) çözelti içerisine daldırılarak dışarıda kalan L tarafından emme (suction) uygulanmıştır. Çözelti F çizgisine kadar çıkınca emme durdurulmuş ve viskometre tekrar düz çevrilerek dikey durumda termostatlı su banyosuna yerleştirilmiştir. (ASTM D 2515-74)

Viskometre ve içindeki çözeltinin termostat sıcaklığında termal dengeye gelmesine izin verilmiştir. Daha sonra bu defa N tarafından emme uygulanarak çözelti E çizgisinin 5 mm yukarısına kadar çekilmiştir. Çözeltinin gravite ile akmasına izin verilmiş, çözelti E çizgisine ulaştığında kronometre çalıştırılmış, F çizgisine geldiğinde durdurularak akış zamanı ölçülmüştür. Bir çözelti için akış zamanı ölçümü birkaç kez tekrarlanarak ortalama bir akma zamanı belirlenmiştir. Bu akış zamanları bölüm 3.2.2' de açıklanacağı gibi viskozite hesaplarında kullanılmıştır.

Viskometre ve içindeki çözeltinin termal dengeye gelip gelmediği kısa aralıklarla yapılan akış zamanı ölçümlerinin tutarlılığı ile kontrol edilmiştir. Genel olarak yaklaşık 30 dakikanın termal denge için yeterli olduğu saptanmıştır.

### 3. BULGULAR ve TARTIŞMA

#### 3.1. Genel

Bu bölümde, çalışılan yağ asidi çözeltileri için elde edilen görünür molar hacim ve viskozite sonuçları, tablo ve grafikler halinde verilmiştir. Deneysel verilerin tam tabloları eklerde bulunabilir.

#### 3.2. Verilerin Değerlendirilmesi

##### 3.2.1. Görünür molar hacim

Birkaç madde karıştırıldığı zaman karışımın toplam hacmi genellikle her bir bileşenin hacimleri toplamından farklıdır. Hacimdeki bu fark moleküller arası etkileşimin derecesine göre değişir (Matthews 1985).

Çözeltilerin hacimsel özellikleri genellikle görünür ve kısmi molar hacim terimleriyle ifade edilir.

Çalışılan yağ asitlerinin çözeltilerin görünür molar hacimleri eşitlik 11 kullanılarak ölçülen yoğunluklardan hesaplanmıştır. Elektrolitik olmayan çözeltiler için görünür molar hacmin konsantrasyona (c) bağıllığı,

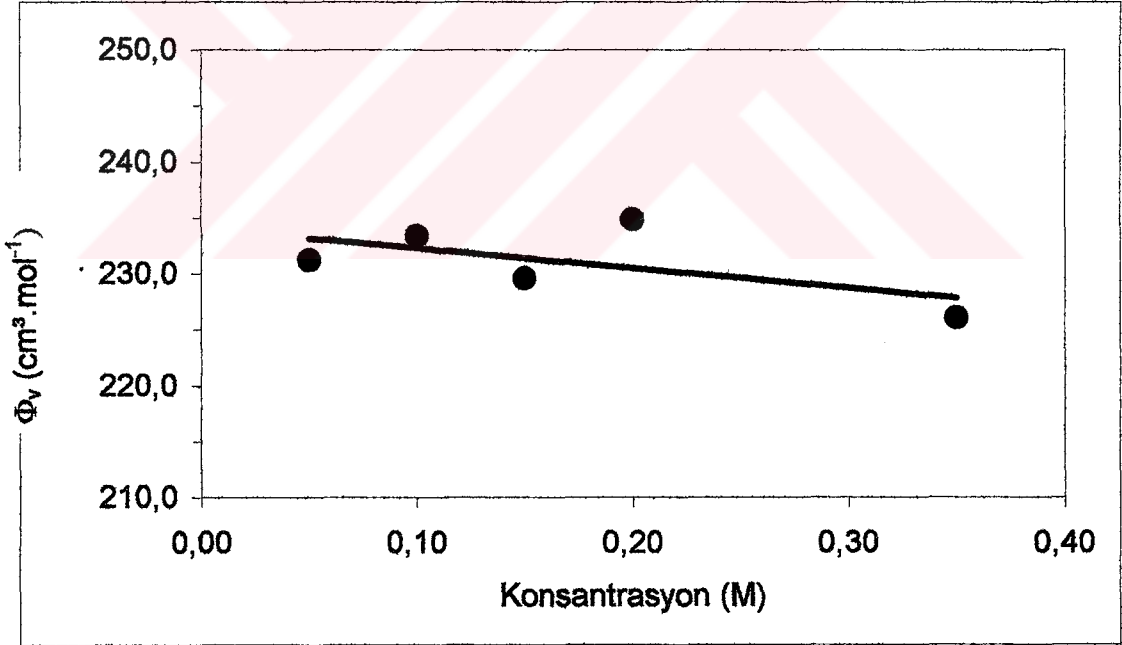
$$\Phi_v = \Phi_v^0 + b_v \cdot c \quad (20)$$

eşitliğiyle verilir (Millero, 1971). Burada  $\Phi_v^0$  sonsuz seyreltideki görünür molar hacim,  $b_v$  ise deneysel olarak görülen eğimdir.

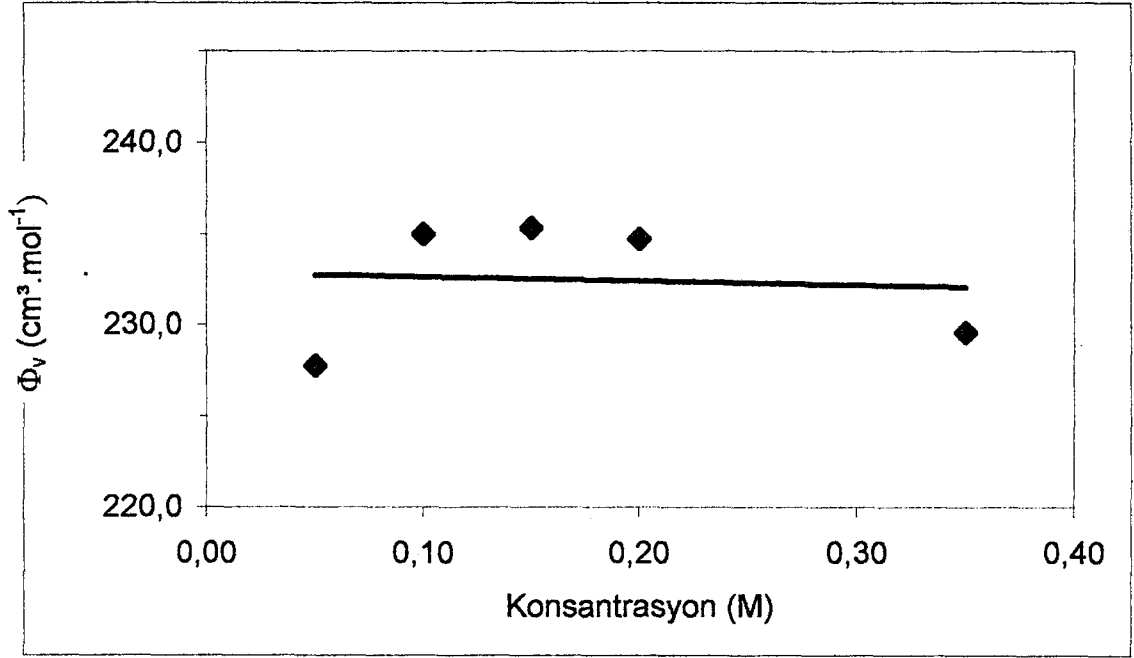
Elde edilen görünür molar hacimler konsantrasyona karşı çalışılan her bir yağ asidi ve her bir sıcaklık için eşitlik 20' ye göre grafiklendirilmiştir. Daha sonra en küçük kareler metodu uygulanarak noktalardan geçen en iyi doğrunun denklemi bulunarak  $\Phi_v^0$  ve  $b_v$  değerleri saptanmıştır.

### 3.2.1.1. LA, PA ve SA çözeltilerinin görünür molar hacimleri

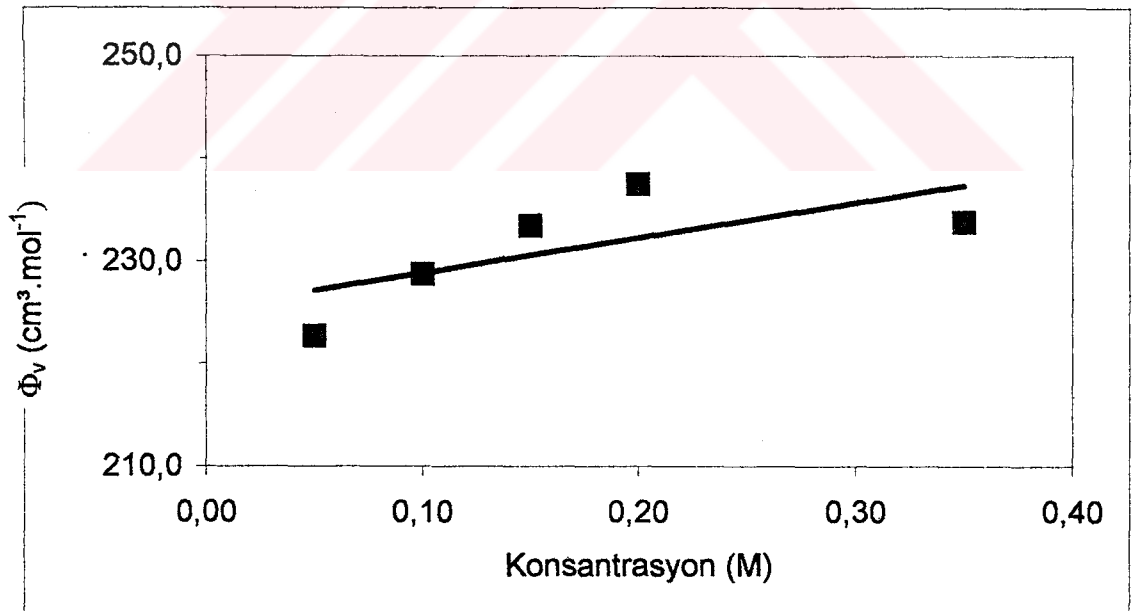
Yağ asitlerinin 2-butanol içindeki 0,01, 0,05, 0,10, 0,15, 0,20, ve 0,35 M çözeltilerinin ve çözgenin 20, 30, 40 ve 60 °C'de ölçülen yoğunlukları eşitlik 11 kullanılarak çözeltilerin çalışılan bu sıcaklıklardaki görünür molar hacimleri hesaplanmıştır. Çalışılan dört sıcaklıktaki görünür molar hacimlerin konsantrasyona karşı grafikleri LA, PA ve SA çözeltileri için sırasıyla Şekil 3.1.a-b-c-d, 3.2.a-b-c-d ve 3.3.a-b-c-d' de verilmiştir. Grafiklere ait bütün sayısal veriler Ek 1.a-b-c-d, 2.a-b-c-d ve 3.a-b-c-d' de bulunabilir. Grafiklerde özellikle düşük konsantrasyonlardaki bazı veriler büyük hatalı olması dolayısıyla atılmıştır. Görünür molar hacimdeki hatalar düşük konsantrasyonlarda nispeten büyük olmakta ancak konsantrasyon arttıkça azalmaktadır (Ayrancı 1997)



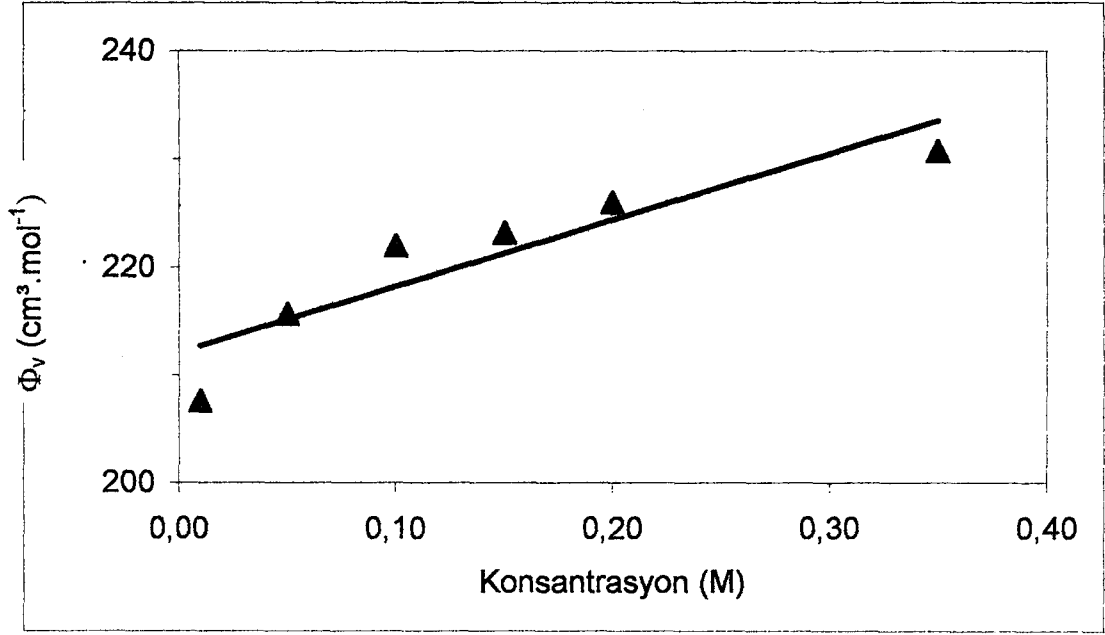
Şekil 3.1.a. LA için 20 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



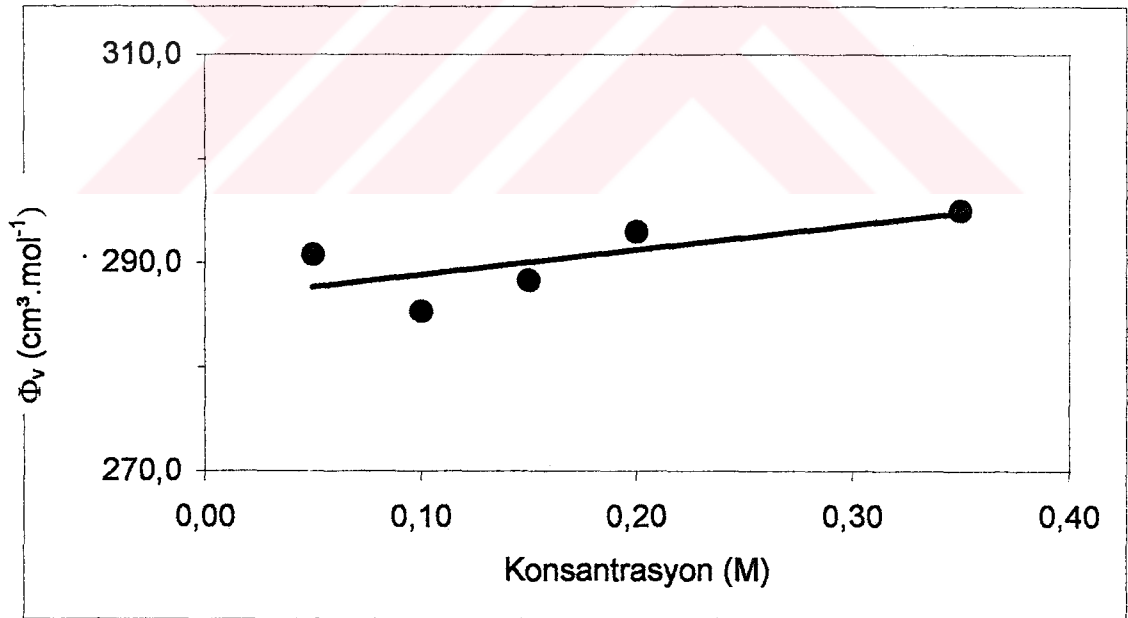
Şekil 3.1.b. LA için 30 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği,



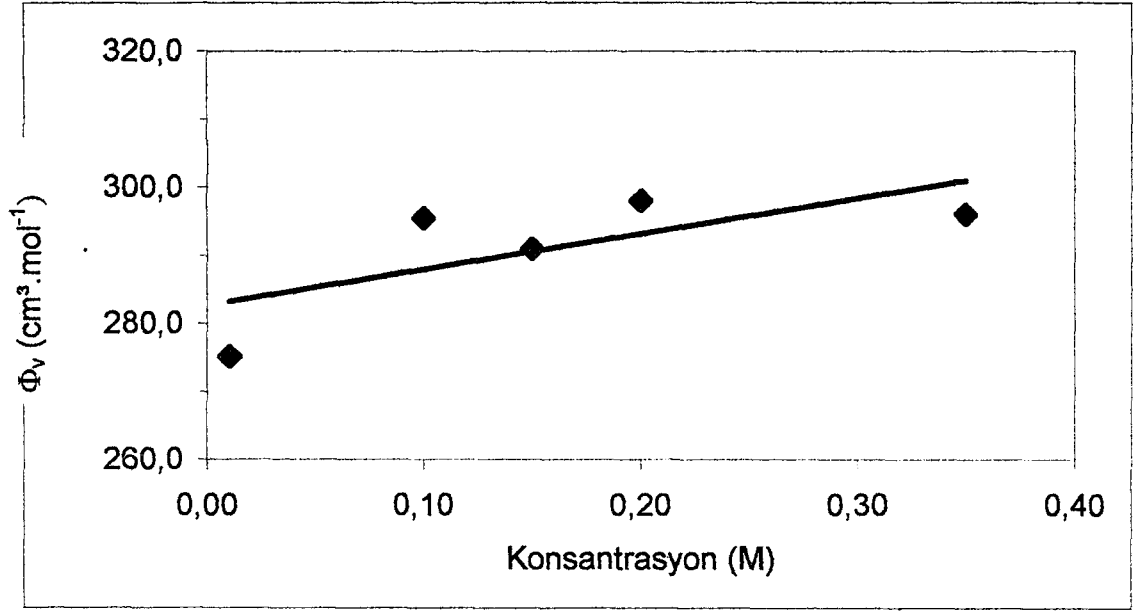
Şekil 3.1.c. LA için 40 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



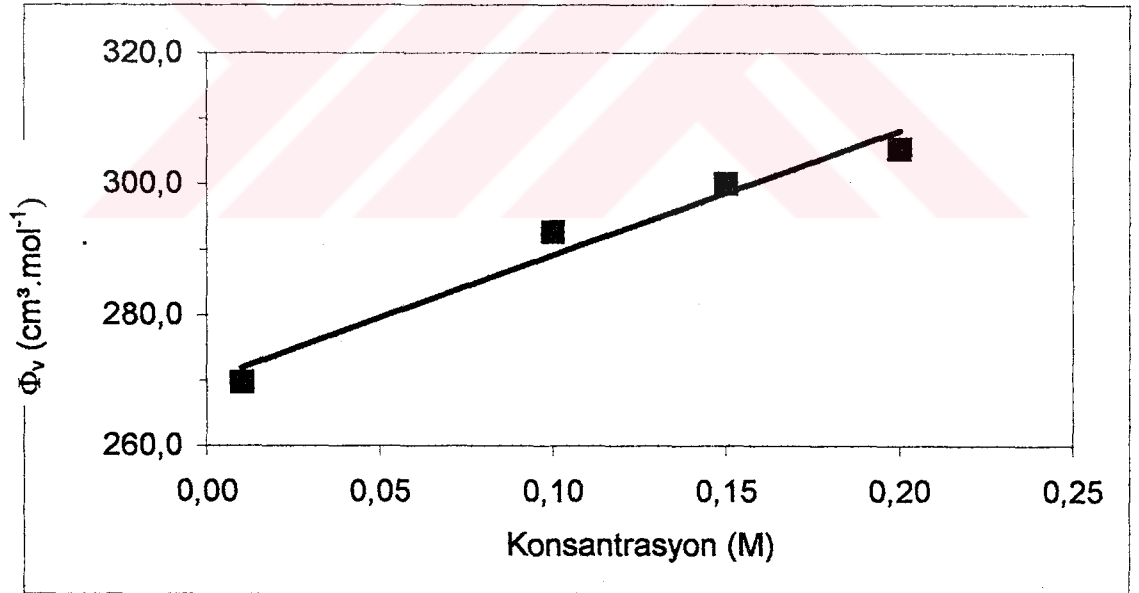
Şekil 3.1.d. LA için 60 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



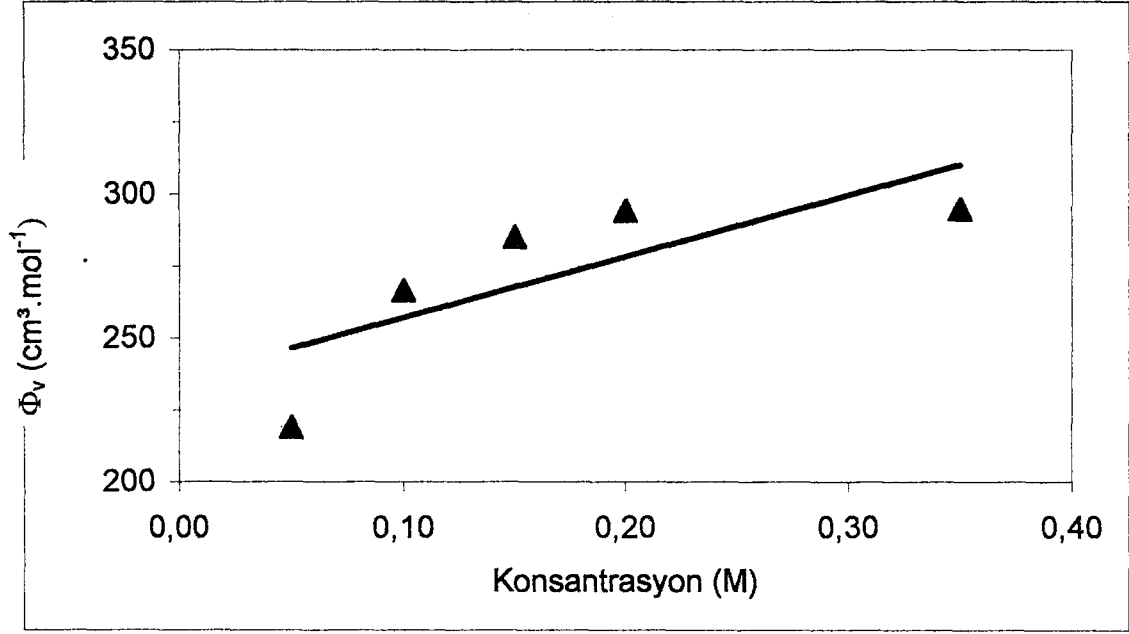
Şekil 3.2.a. PA için 20 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



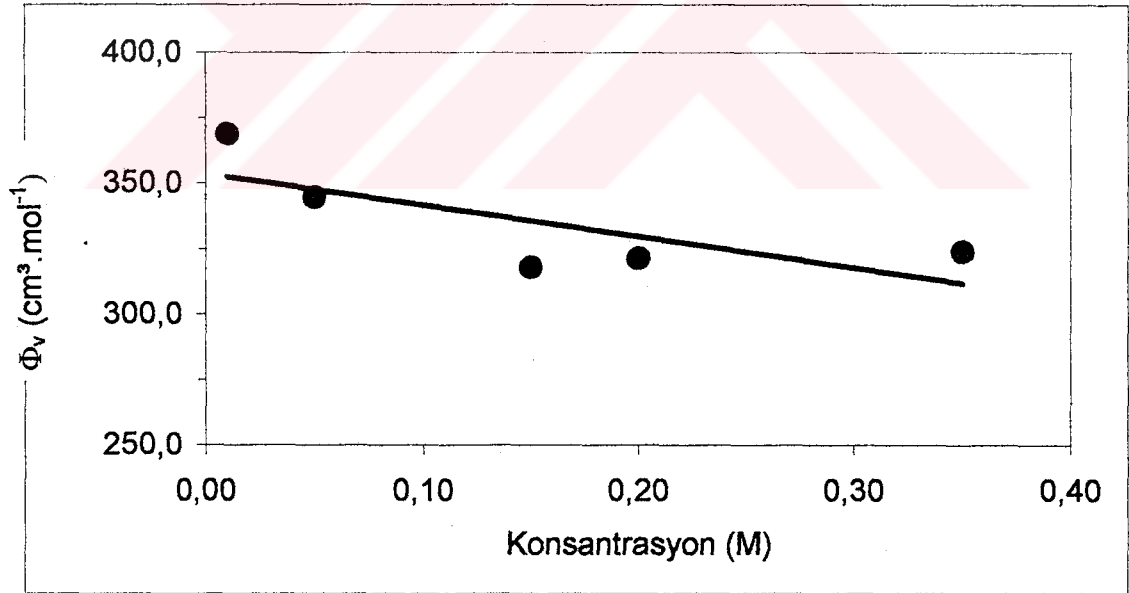
Şekil 3.2.b. PA için 30 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



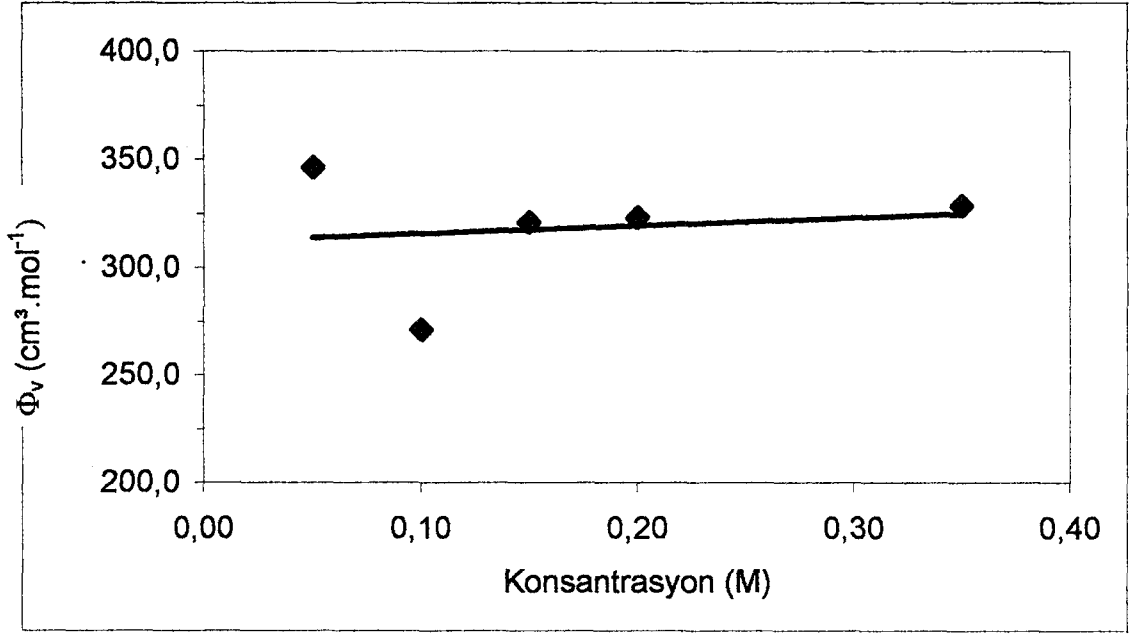
Şekil 3.2.c. PA için 40 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



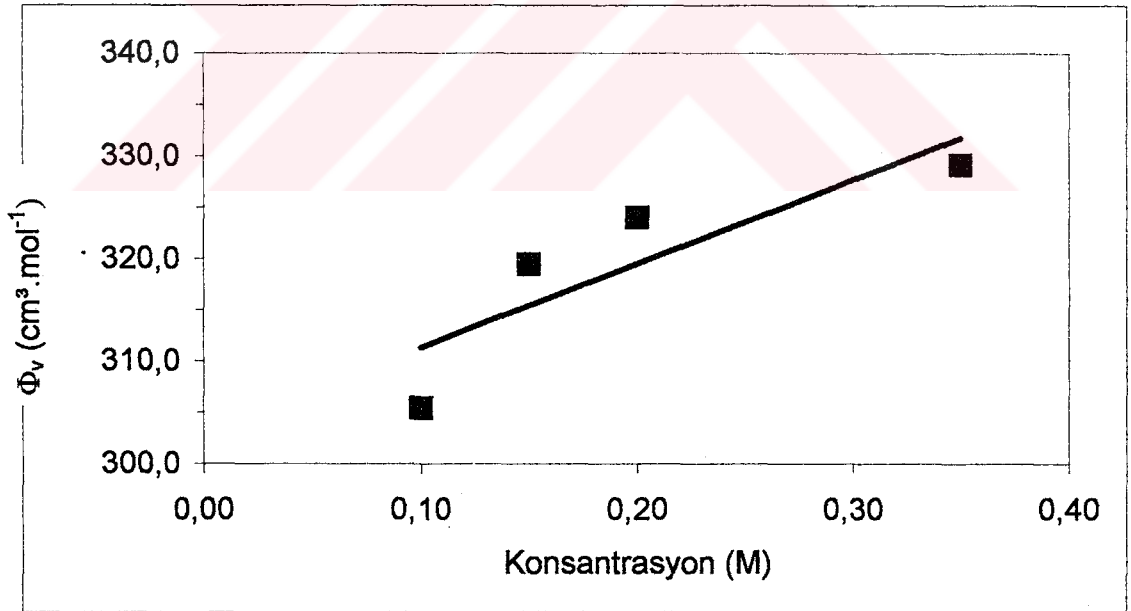
Şekil 3.2.d. PA için 60 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



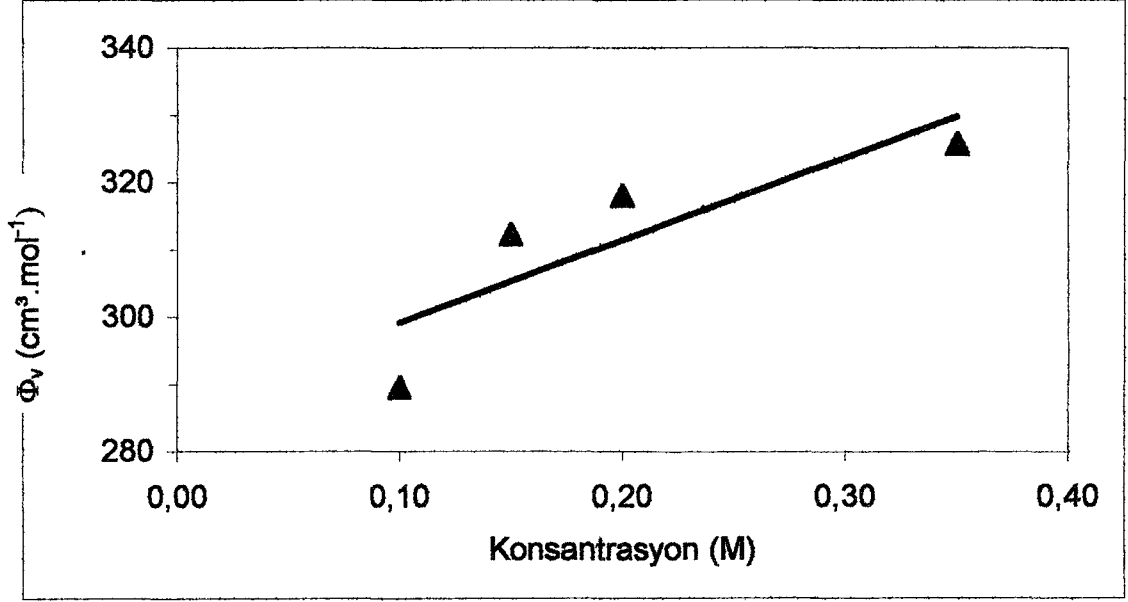
Şekil 3.3.a. SA için 20 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



Şekil 3.3.b. SA için 30 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



Şekil 3.3.c. SA için 40 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği



Şekil 3.3.d. SA için 60 °C' de görünür molar hacim-konsantrasyon grafiği

Görünür molar hacimlerin en küçük kareler metoduna göre işlenmesiyle elde edilen  $\Phi_v^0$  (cm<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>) ve  $b_v$  değerleri çizelge 3.1' de topluca verilmiştir.

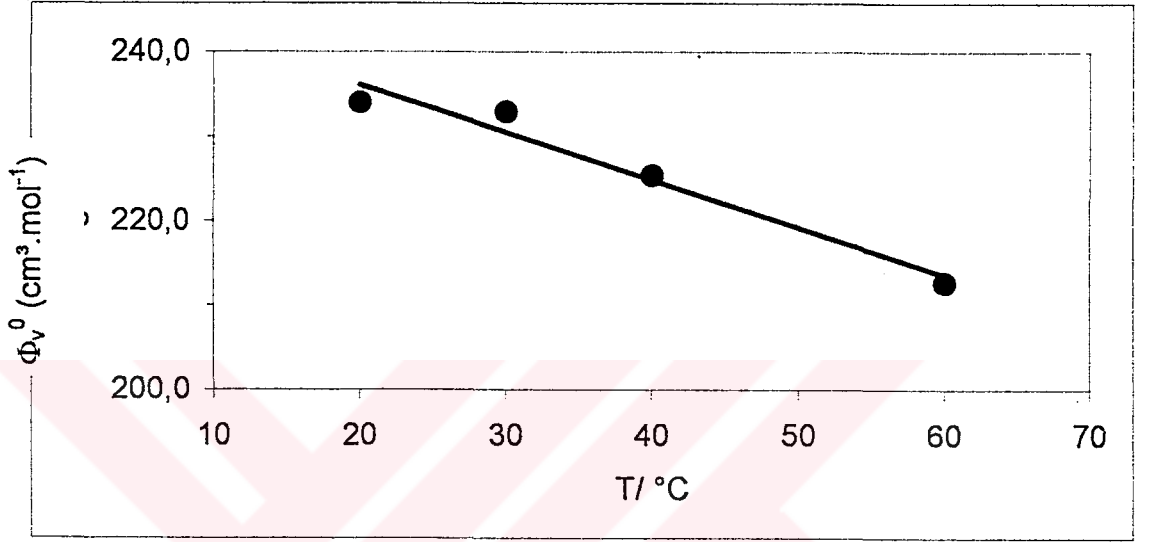
Çizelge 3.1. LA, PA ve SA' nın 2-butanoldaki  $\Phi_v^0$  ve  $b_v$  değerleri

T /°C	LA		PA		SA	
	$\Phi_v^0$	$b_v$	$\Phi_v^0$	$b_v$	$\Phi_v^0$	$b_v$
20	234,0	-17,7	286,4	23,8	353,5	-119,17
30	232,9	-2,3	282,7	52,3	312,0	36,0
40	225,4	34,1	270,0	190,3	303,2	81,7
60	213	59,0	236	212	287	122

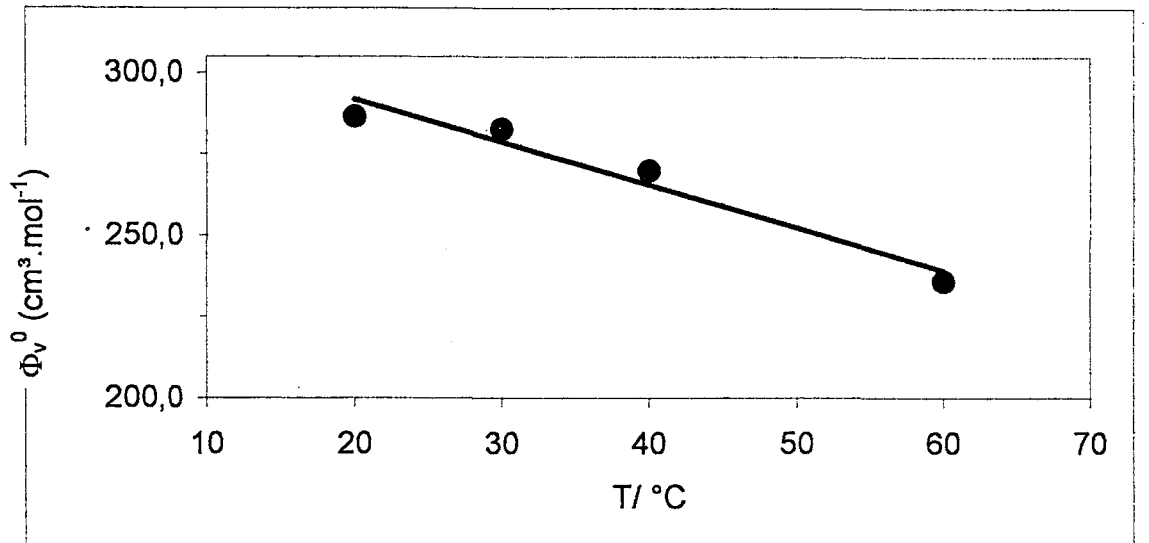
Sonsuz seyreltideki görünür molar hacim verileri, çözünen-çözünen etkileşiminden etkilenmeden sadece çözünen-çözücü etkileşimi hakkında bilgi vermesi bakımından önemlidir. Elde edilen verilerden bu sonsuz seyreltik çözelti

verilerinin hem her bir yağ asidi için sıcaklıkla değişiminin hem de her bir sıcaklıkta yağ asidi zincir uzunluğuyla değişiminin incelenebileceği açıktır.

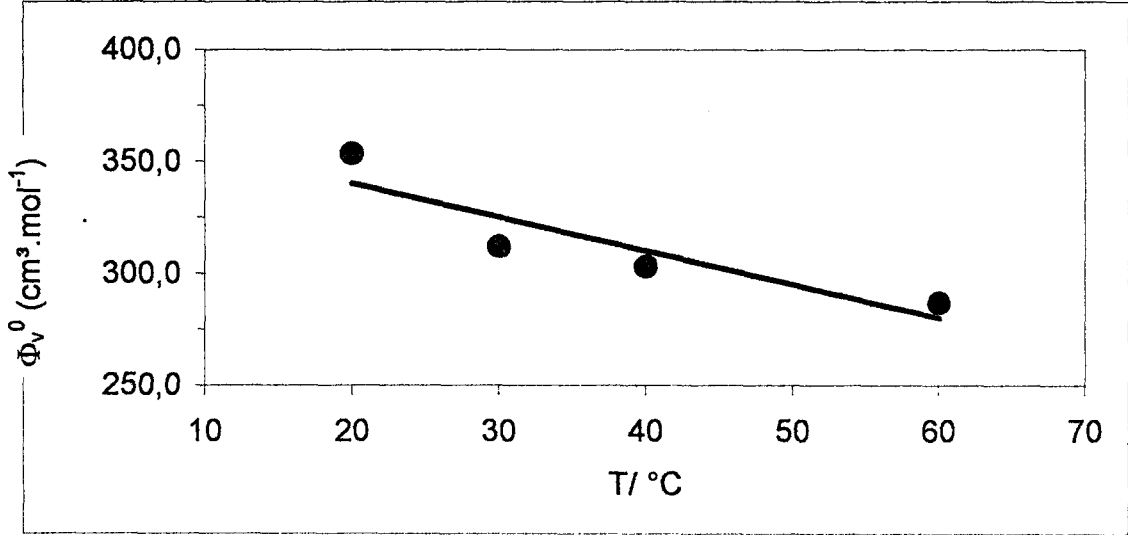
LA, PA ve SA' nın 2-butanol içindeki  $\Phi_v^0$  değerlerinin sıcaklıkla değişimi sırasıyla şekil 3.4, 3.5 ve 3.6' da verilmiştir.



Şekil 3.4. LA için  $\Phi_v^0$  in sıcaklıkla değişim grafiği



Şekil 3.5. PA için  $\Phi_v^0$  in sıcaklıkla değişim grafiği



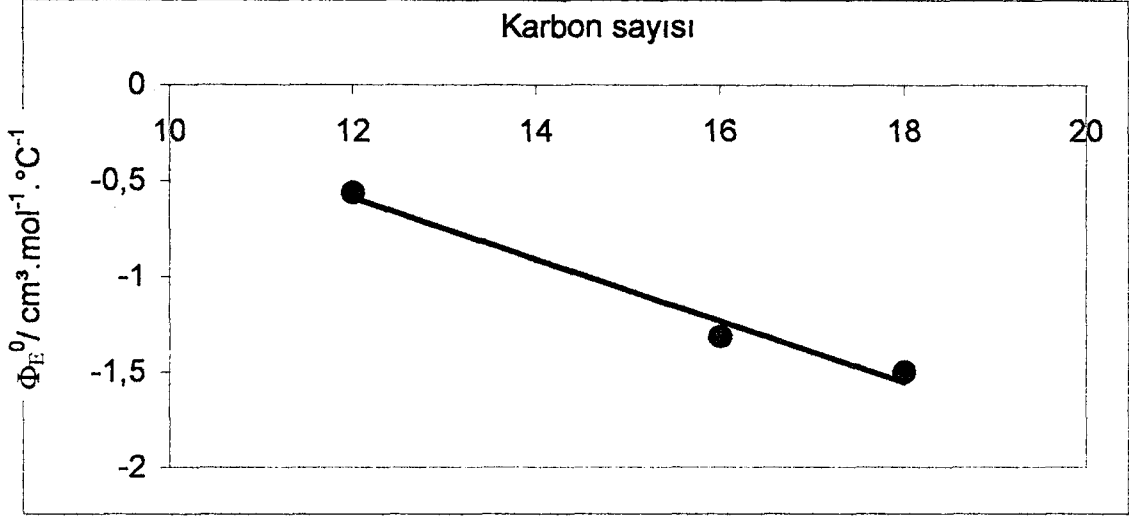
**Şekil 3.6.** SA için  $\Phi_v^0$  in sıcaklıkla değişim grafiği

Her üç yağ asidi için de  $\Phi_v^0$  değerlerinin sıcaklıkla azaldığı görülmektedir. Hacmin sıcaklıkla değişimini ölçen termodinamik parametre genleşebilirliktir. Görünür molar genleşebilirlik, görünür molar hacmin sabit basınçta sıcaklığa göre kısmi türevi olarak tanımlanır. Bu, sonsuz seyreltik çözeltiler için

$$\Phi_E^0 = \left( \frac{\partial \Phi_v^0}{\partial T} \right)_P \quad (21)$$

şeklinde formüle edilebilir. Eşitlik 21' e göre  $\Phi_v^0$  a karşı T grafiğinin eğimi, sonsuz seyreltideki görünür molar genleşebilirliği,  $\Phi_E^0$ 'ı verir. Çalışılan sıcaklık aralığında  $\Phi_E^0$ 'ın sabit olduğu varsayılırsa,  $\Phi_v^0$  a karşı T grafiğinin doğrusal olması beklenir. Bu varsayımdan hareketle şekil 3.4, 3.5 ve 3.6' daki doğruların eğimlerinden LA, PA ve SA için  $\Phi_E^0$  değerleri sırasıyla  $-0,5629$ ,  $-1,3137$ ,  $-1,5012$  cm<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>.°C<sup>-1</sup> bulunur.

Yağ asidi zincirindeki karbon sayısına göre genleşebilirlik irdelendiğinde grafik 3.7 çizilebilir. Bu grafiğin eğimi karbon atomu başına genleşebilirliği verir.

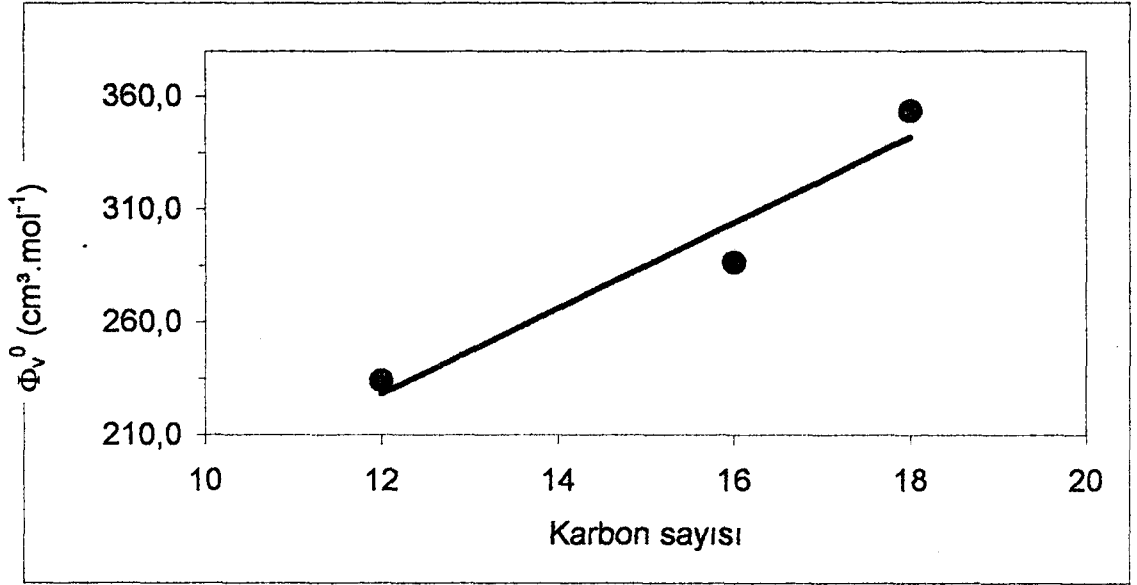


**Şekil 3.7.**  $\Phi_E^0$ 'ın karbon sayısı ile değişimi

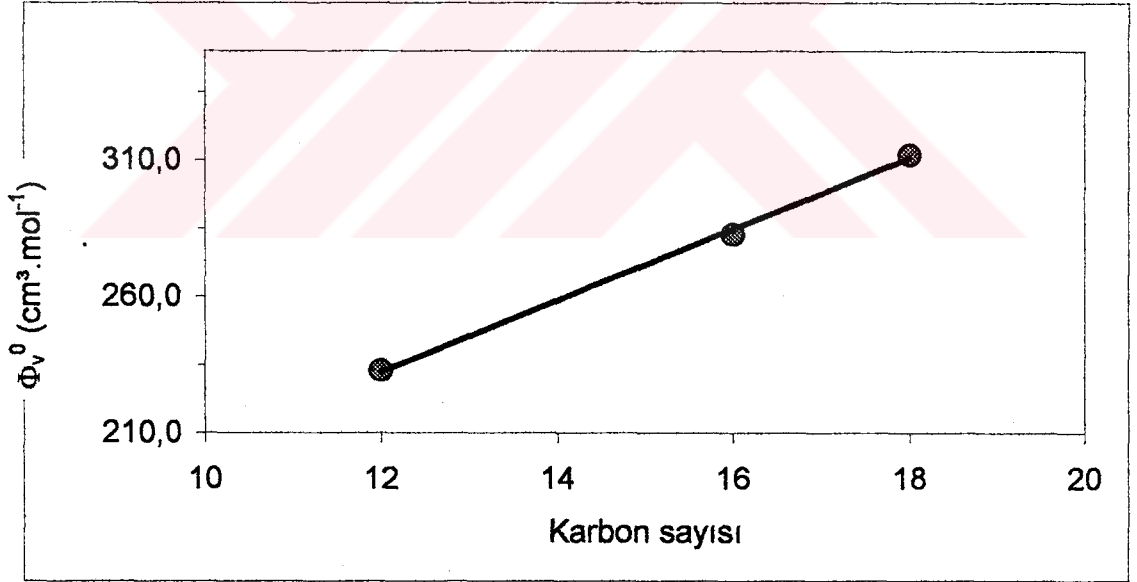
Karbon atomu başına genişlenebilirlik;  $0,1609 \text{ cm}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{°C}^{-1}$  bulunmuştur.

Sıcaklığın artmasıyla hacim azalması yani negatif genişlenebilirlik, sulu çözeltilerde hidrofobik çözünenler için karakteristik bir özelliktir. Burada her ne kadar çözünen su değilse de yağ asitlerinin hidrofobik karakterinin yüksek olduğu bilinmektedir. Bu nedenle gözlenen negatif  $\Phi_E^0$  değerlerinin de beklenmedik sonuçlar olmadığı söylenebilir.

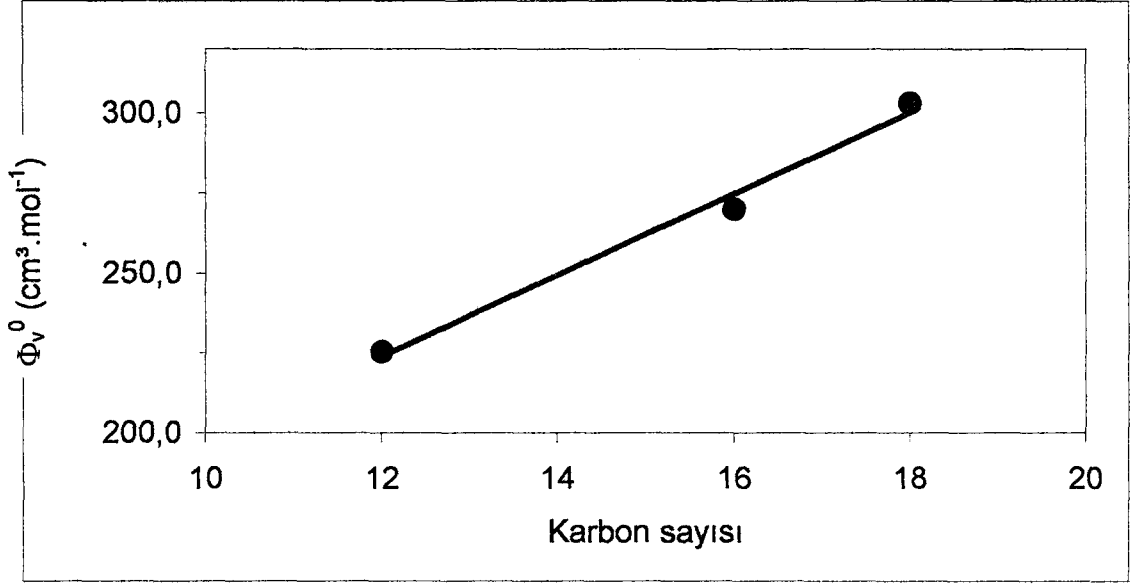
Daha önce belirttiğimiz gibi  $\Phi_v^0$  değerlerinin yağ asidi zincir uzunluğuyla değişimi de çözünen-çözgen etkileşimlerinin açıklanabilmesi açısından önemlidir. Bu değişimi görebilmek için çizelge 3.1'deki  $\Phi_v^0$  değerleri yağ asidi zincirindeki karbon sayısına göre (LA:12, PA:16, SA:18) grafiklendirilmiştir. Bu grafikler 20, 30, 40 ve 60 °C sıcaklıklar için sırasıyla şekil 3.8, 3.9, 3.10 ve 3.11' da görülebilir.



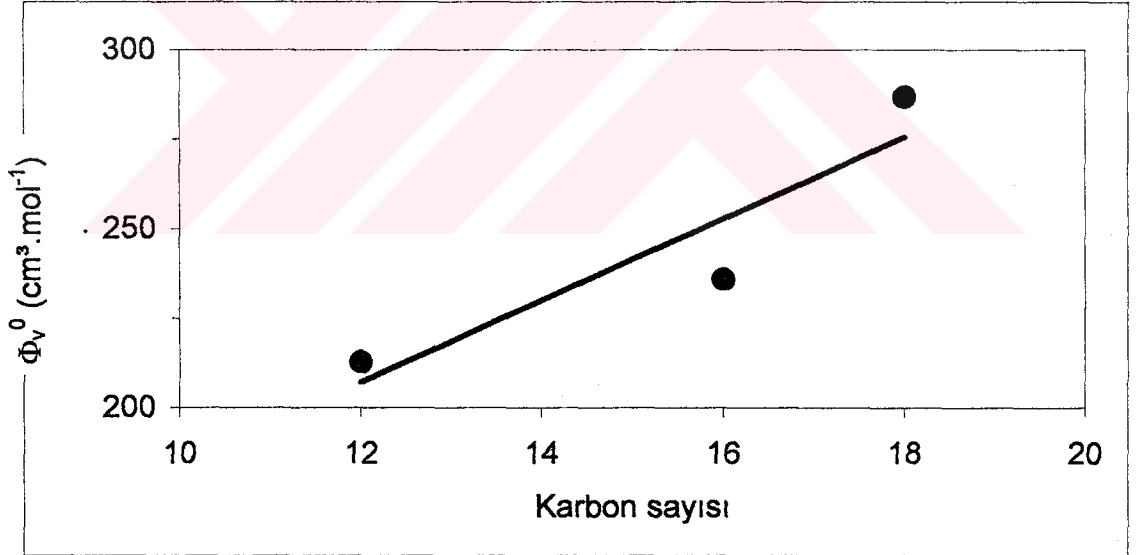
Şekil 3.8.  $\Phi_v^0$ ' in 20 °C' de karbon sayısı ile değişimi



Şekil 3.9.  $\Phi_v^0$ ' in 30 °C' de karbon sayısı ile değişimi



**Şekil 3.10.**  $\Phi_v^0$  in 40 °C' de karbon sayısı ile değişimi



**Şekil 3.11.**  $\Phi_v^0$  in 60 °C' de karbon sayısı ile değişimi

Bu grafikler doğrusal olarak analiz edildiğinde eğimleri 20, 30, 40 ve 60 °C' de sırasıyla 18,9, 13,1, 12,7 ve 11,4 cm<sup>3</sup>.mol<sup>-1</sup>.karbon sayısı<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu eğimler, yağ asidi zincirindeki bir karbon sayısı artışının sebep

olduğu hacim değişikliğini ifade etmektedir. Bu değerlerden görüldüğü gibi zincirdeki karbon sayısı başına hacim, sıcaklık arttıkça azalmaktadır. Bu da daha önce belirtilen negatif genleşebilirlik gözlemiyle bir paralellik göstermektedir.

Son olarak  $\Phi_v$  değerlerinin konsantrasyonla değişimi üzerinde kısa bir yorum yapılabilir. Konsantrasyon arttıkça çözünen-çözgen etkileşimi yanında çözünen-çözünen etkileşimi de önem kazandığından sistem karmaşıklaşmakta ve çözelti davranışının açıklanması güçleşmektedir. Çizelge 3.1' deki  $b_v$  değerleri  $\Phi_v$ ' nin konsantrasyona bağlılığının bir göstergesidir. Bu değerlerin göze çarpan en önemli özelliği her üç yağ asidi için de sıcaklıkla artmalarıdır. Buradan da yüksek sıcaklıklarda  $\Phi_v$ ' nin konsantrasyonla değişiminin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.2.2 Viskozite

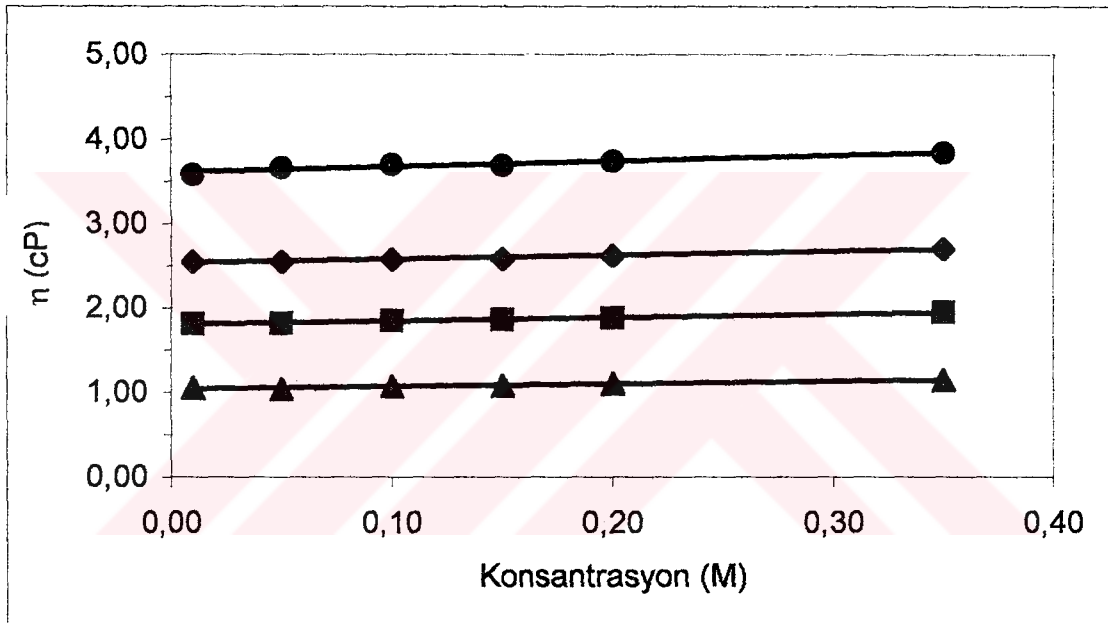
Viskometre ile bölüm 2.2.2' de anlatıldığı şekilde ölçülen akış süreleri, Eşitlik 17 ve 18' in birleştirilmesiyle elde edilen

$$\eta = K.d.t \quad (22)$$

eşitliğinde yerine konarak mutlak viskoziteler elde edilmiştir. Burada daha önce de değinildiği gibi K üretici firma tarafından verilen ve deneysel olarak doğrulanan viskometre sabitini, d çözelti yoğunluğunu ve t saniye olarak ölçülen akış süresini göstermektedir. Daha sonra bulunan bu viskozite değerleri konsantrasyona karşı grafiklendirilerek, en küçük kareler metoduna göre doğrusal olarak işlenmiştir.

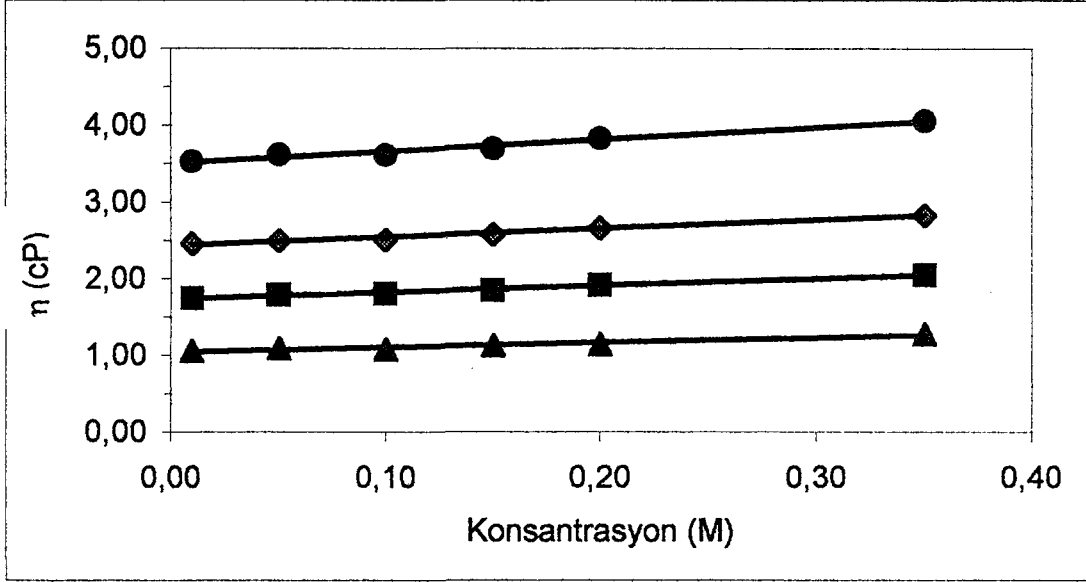
### 3.2.2.1. LA, PA ve SA çözeltilerinin viskoziteleri

LA, PA, SA' nın 2-butanol ile hazırlanan 0,01, 0,05, 0,10, 0,15, 0,20 ve 0,35 M çözeltilerinin 20, 30, 40 ve 60 °C' de viskoziteleri belirlenmiş ve viskozitelerin konsantrasyona karşı grafikleri sırasıyla şekil 3.12, 3.13 ve 3.14' de verilmiştir. Bu grafiklere ait sayısal veriler ek 4.a-b-c-d, 5.a-b-c-d ve 6.a-b-c-d' de bulunabilir.



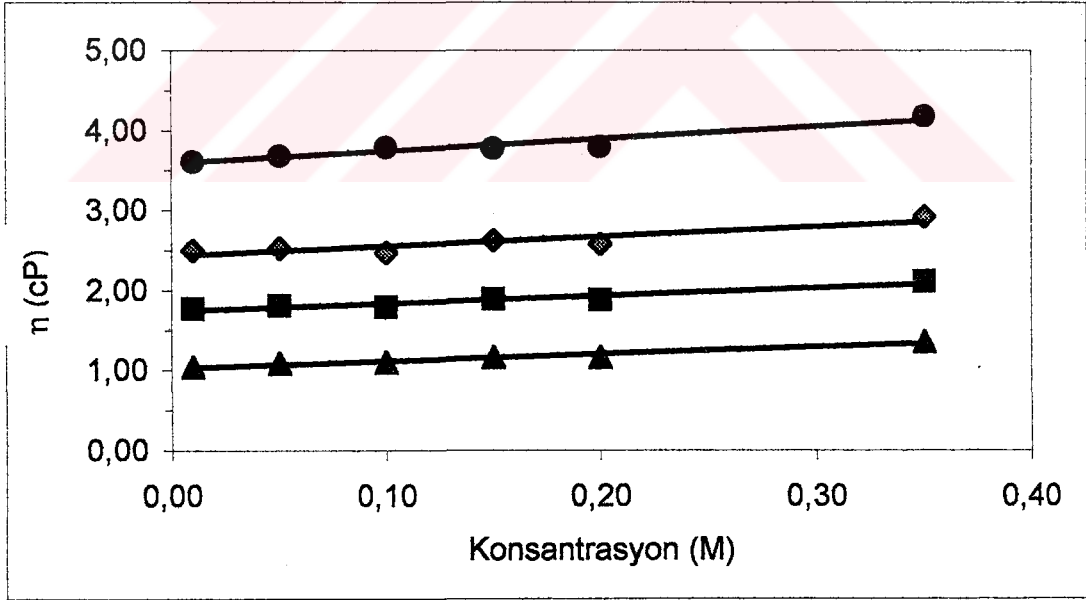
Şekil 3.12. LA çözeltileri için tüm sıcaklıklardaki viskozite-konsantrasyon grafiği

●20°C ◆30°C ■40°C ▲60°C



Şekil 3.13. PA çözeltileri için tüm sıcaklıklarda viskozite-konsantrasyon grafiği

●20°C ◆30°C ■40°C ▲60°C



Şekil 3.14. SA çözeltileri için tüm sıcaklıklarda viskozite-konsantrasyon grafiği

●20°C ◆30°C ■40°C ▲60°C

Bu grafiklerde görüldüğü gibi yağ asidi çözeltilerinin viskoziteleri konsantrasyon artışıyla çok fazla olmasa da artmaktadır. Viskozitenin konsantrasyonla az da olsa artması, çözünen-çözgen etkileşimlerinin artmasından ve aynı zamanda çözünen-çözünen etkileşiminin önem kazanmasından kaynaklanmaktadır. Sıcaklık artışıyla çözelti viskozitesi, sabit derişimde, belirgin bir şekilde azalmaktadır.

Sıvıların viskozitelerinin sıcaklığa Arrhenius tipi bir eşitlikle bağlı olduğu bilinmektedir (Laidler vd 1982).

$$\eta = A \cdot e^{E/RT} \quad (23)$$

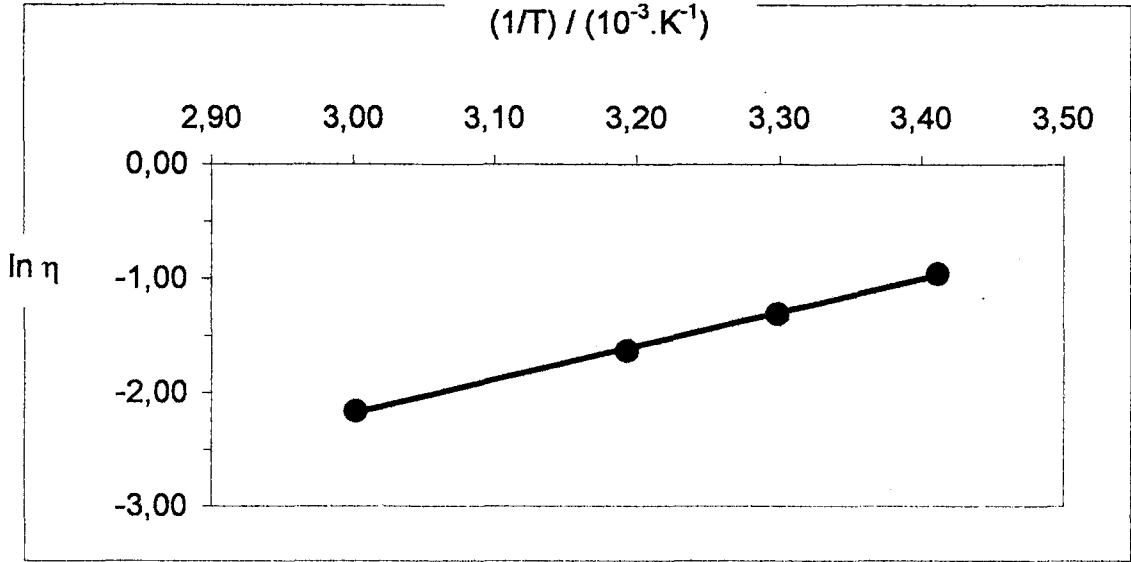
Burada  $\eta$  (Pa.s) viskozite, A ve E sırasıyla ön ekponansiyel faktör ve aktivasyon enerjisi, T sıcaklık (K) ve R gaz sabitidir ( $8,314 \text{ j.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ).

Eşitlik 23' ün her iki tarafının doğal logaritması alınacak olursa;

$$\ln \eta = \ln A + \frac{E}{RT} \quad (24)$$

bulunur.  $\ln \eta$ ' nin  $1/T$ ' ye karşı grafiğı çizilirse grafiğın eğimi  $E/R$ ' yi verir ve buradan da viskoz akış için aktivasyon enerjisi bulunabilir.

Tipik bir  $\ln \eta - 1/T$  grafiğı 0,35M' lık LA çözeltisi için şekil 3.15' de gösterilmiştir.



**Şekil 3.15.** 0,35M LA çözeltisi için  $\ln \eta$ -1/T grafiği

Bu grafiğin eğimi R sabitiyle çarpıldığında E aktivasyon enerjisi  $24400 \text{ j.mol}^{-1}$  olarak bulunur.

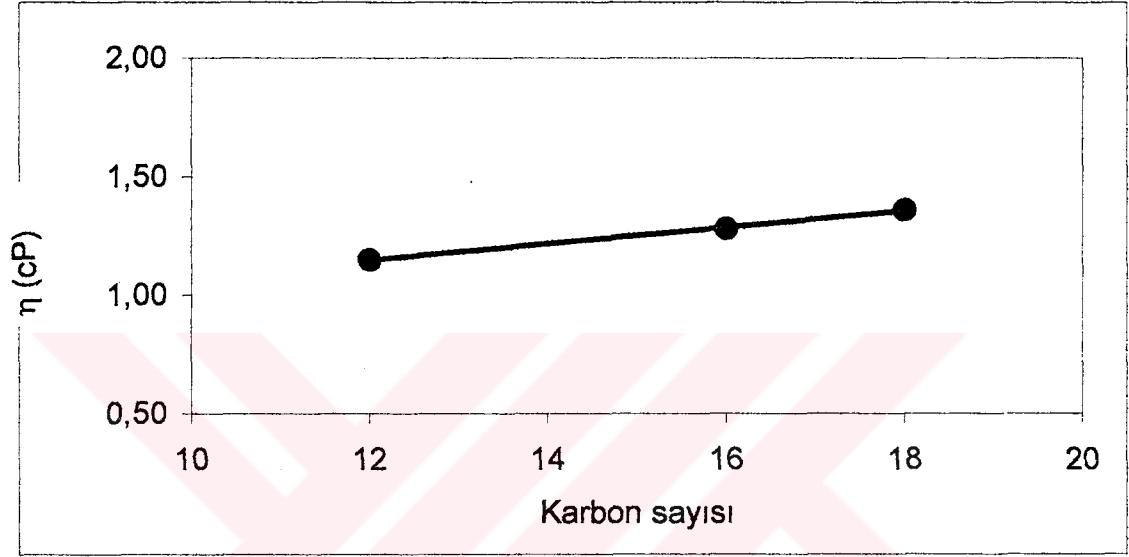
LA' nın diğer derişimleri ve diğer yağ asitlerinin tüm konsantrasyonları için benzer şekilde elde edilen viskoz akış için aktivasyon enerjileri çizelge 3.2' de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** LA, PA ve SA çözeltilerinin viskoz akış aktivasyon enerjileri

Derişim (M)	E / $\text{kJ.mol}^{-1}$		
	LA	PA	SA
0,01	25,0	24,4	25,2
0,05	25,5	24,3	24,6
0,10	25,1	24,4	24,8
0,15	24,9	24,0	23,9
0,20	24,8	24,5	23,9
0,35	24,4	23,3	22,7

Bu tabloda görüldüğü gibi viskoz akış için aktivasyon enerjileri her üç yağ asidi çözeltileri için yaklaşık değerlerdedir.

Aynı sıcaklık ve derişimde yağ asidi çözeltilerinin viskozitelerinin zincirdeki karbon sayısı ile arttığı görülmektedir. Şekil 3.16' da tipik bir mutlak viskozite-karbon sayısı grafiğı gösterilmiştir.



Şekil 3.16. 0,35M çözelti derişimi ve 60 °C için viskozite değerlerinin yağ asidi zincirindeki karbon sayısı ile değışim grafiğı

Burada 0,35 M'lık çözeltilerin 60 °C' deki viskoziteleri yağ asidi zincirindeki karbon sayısına karşı çizilmiştir. Benzeri grafikler her bir sıcaklık ve konsantrasyonlar için çizilebilir.

Yağ asidi zinciri uzadıkça moleköl ağırlığı ve çözünen-çözgen etkileşimi arttığından akışkanlıkta azalma yani viskozitede artma olmaktadır.

#### 4.SONUÇ

Konsantrasyon ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak yoğunluktaki değişim, görünür molar hacim ve viskoziteyi etkilemektedir. Görünür molar hacim ve viskozite, moleküllerin birbirleri ve çözünen ile olan etkileşimlerinin anlaşılmasında önemlidir.

1. Görünür molar hacimlerin konsantrasyonla değişim verilerinin en küçük kareler metoduna göre işlenmesiyle bulunan sonsuz seyreltik derişimdeki görünür molar hacim ( $\Phi_V^0$ ) verileri, çözünen-çözünen etkileşimlerinden etkilenmeden çözünen-çözgen etkileşimlerini incelemede önemlidir. Bu çalışmada, LA, PA ve SA' nın değişik sıcaklıklardaki  $\Phi_V^0$  değerleri bulunmuştur. Bu değerler her üç yağ asidi için de sıcaklık artışıyla azalmakta, sabit sıcaklıkta yağ asidi zincirindeki karbon sayısı artışıyla da artmaktadır.

2.  $\Phi_V^0$ 'ın sıcaklıkla değişim grafiklerinin eğimi, sonsuz seyreltik konsantrasyonlar için görünür molar genleşebilirliği ( $\Phi_E^0$ ) verir. Her bir yağ asidi için  $\Phi_E^0$  negatif değerde bulunmuştur. Bu da  $\Phi_V^0$ ' ın sıcaklık artışıyla azalmasından kaynaklanmakta olup ve beklenen bir sonuçtur.  $\Phi_E^0$ 'ın mutlak değeri yağ asidi zincirindeki karbon sayısı artışıyla artmaktadır.

3. Sabit sıcaklıkta derişim artışıyla çözelti viskozitelerinin çok fazla değişmediği ancak sabit konsantrasyonda sıcaklık artışıyla çözelti viskozitelerinin farkedilir derecede azaldığı görülmektedir.

4. Sabit sıcaklık ve derişimde viskozite yağ asidi zincirindeki karbon sayısının artışıyla artmaktadır.

5. Çözeltilerin viskoz akış için aktivasyon enerjileri yaklaşık aynı değerlerdedir.

## 5. KAYNAKLAR

- ANTONIASI, R., ESTEVES, W., MEIRELLES, A. 1995. Deacidification of corn oil with ethanol by a continuous process. *86th Am. Oil Chem. Soc. Annual meeting*, 6:489
- AYRANCI, E. 1997. Apparent molar volume and viscosity of compounds with asymmetric carbon atoms. *J. Chem. Eng. Data.* 42, 934-937.
- AYRANCI, E., KAYA, A. 1990. A study on the denaturation of bovine serum albumin by urea with methods of viscosity and apparent molal volume. *Doğa-Tr. J. of Chemistry.* 14:339-349.
- CONWAY, B.E. 1981. Ionic hydration in chemistry and biophysics. *Elsevier*, pp. 84-111
- FERNENDEZ-MARTÍN, F. and MONTES, F. 1976. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 53: 130
- IBEMESİ, J.A., IGWE, I.O. 1991. Anomalous viscosity behavior of fatty acid esters in solution. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68(3):147-152
- KELL, G.S. 1967. Precise representation of volume properties of water at one atmosphere. *J. Chem. and Eng. Data.*12(1):66-69
- KIM, S.K., KIM, C.J., CHEIGH, H.S., and YOON, S.H. 1985. Effect of caustic refining, solvent refining and steam refining on the deacidification and color of rice bran oil. *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 62:1492-1495
- KIRK, R.E., OTHMER, D.F., KROSCWITZ, J. 1991. Carboxylic acids. *Encyclopedia of chemical technology, fourth edition.* pp.149
- KUMAR, D. 1999. Apparent molar volume of some  $\omega$ -amino acids in aqueous electrolyte systems. *Can. J. Chem.* 77:1288-1294
- LIDLER, K.J., MEISER, J.H. 1982. Physical chemistry. *The Benjamin/Cummings publishing company*, pp. 809-820
- LIEW, K.Y., SENG, C.E., LAU, E.K. 1991. Viscosities of some long chain fatty acids and their relationship with chainlength. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 68(7): 488-492
- MARIGNAC, C. 1871. *Ann. Chim.* 22: 415

- MATTHEWS, G. P. 1985. Experimental physical chemistry. Oxford university press. pp.28-30, 350-356
- MILLERO, F.J. 1971. The molal volume of electrolytes. *Chemical reviews*. 71:2,147-176
- NAS, S., GÖKALP, H.Y., ÜNSAL, M. 1998. Bitkisel yağ teknolojisi. *Pamukkale üniversitesi mühendislik fakültesi ders kitapları, yayın no:005*. 1-30 ss.
- PANDEY, J.D., HAROON, S., DUBEY, K.K. 1999. Interactions of 6-aminopurine (adenine) in water and aqueous urea solution. *Can. J. Chem.* 78:1561-1569
- SHADIAKHY, A.H. 1990. Procedure for optimum design for fatty acid fractionation. *Fat. Sci. Technol.* 92:602-605
- VALERI, D. and MEIRELLES, Antonio J. A. October 1997. Viscosities of fatty acids, triglycerides, and their binary mixtures. *J. Am.Oil Chem.Soc.*, 74: 10, Brazil.
- WERNER, H., MORTON, C. 1982. Fundamentals of food chemistry. *Ellis Horwood, Avi publishing company*, pp.73-86, USA.

## 6. EKLER

**Ek 1.a.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0103	0,80638	272,1
0,0500	0,80727	231,2
0,1003	0,80729	233,4
0,1500	0,80885	229,6
0,2001	0,80876	234,8
0,3500	0,81286	226,1

**Ek 1.b.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0103	0,79871	323,6
0,0500	0,80023	227,8
0,1003	0,80056	235,0
0,1500	0,80114	235,3
0,2001	0,80185	234,7
0,3500	0,80519	229,6

**Ek 1.c.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0103	0,79102	397,9
0,0500	0,79339	222,7
0,1003	0,79411	228,8
0,1500	0,79451	233,4
0,2001	0,79464	237,5
0,3500	0,79747	233,8

**Ek 1.d.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0103	0,778	209
0,0500	0,780	215
0,1003	0,781	222
0,1500	0,782	223
0,2001	0,783	226
0,3500	0,785	231

Ek 2.a. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,80766	192,0
0,0500	0,80767	290,8
0,1000	0,80921	285,3
0,1501	0,81016	288,3
0,2001	0,81060	293,0
0,3501	0,81304	295,0

Ek 2.b. PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,79968	275,2
0,0500	0,80009	301,4
0,1000	0,80134	295,5
0,1501	0,80289	291,0
0,2001	0,80296	298,0
0,3501	0,80624	296,1

**Ek 2.c.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,79263	269,7
0,0500	0,79274	310,1
0,1000	0,79466	292,6
0,1501	0,79501	300,1
0,2001	0,79511	305,3
0,3501	0,79934	297,9

**Ek 2.d.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,782	-154
0,0500	0,782	219
0,1000	0,783	266
0,1501	0,783	285
0,2001	0,784	294
0,3501	0,787	295

**Ek 3.a.** SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,80645	368,9
0,0500	0,80690	344,8
0,1000	0,81395	261,3
0,1500	0,81078	317,9
0,2000	0,81162	321,5
0,3501	0,81468	324,0

**Ek 3.b.** SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,79883	417,2
0,0500	0,79970	346,4
0,1000	0,80609	271,1
0,1500	0,80350	321,0
0,2000	0,80454	323,2
0,3501	0,80692	328,7

**Ek 3.c. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri**

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,79246	326,6
0,0500	0,79265	347,7
0,1000	0,79645	305,4
0,1500	0,79691	319,4
0,2000	0,79776	324,0
0,3501	0,80050	329,2

**Ek 3d. SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de yoğunluk ve görünür molar hacimleri**

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	d / g.cm <sup>-3</sup>	$\Phi_v$ / cm <sup>3</sup> .mol <sup>-1</sup>
0,0100	0,781	-76
0,0500	0,783	242
0,1000	0,784	289
0,1500	0,784	312
0,2000	0,785	318
0,3501	0,789	326

**Ek 4.a.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0103	3,580
0,0500	3,665
0,1003	3,700
0,1500	3,688
0,2001	3,744
0,3500	3,841

**Ek 4b.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0103	2,547
0,0500	2,548
0,1003	2,573
0,1500	2,585
0,2001	2,624
0,3500	2,704

**Ek 4.c.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0103	1,810
0,0500	1,818
0,1003	1,851
0,1500	1,865
0,2001	1,8773
0,3500	1,951

**Ek 4.d.** LA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0103	1,05
0,0500	1,04
0,1003	1,07
0,1500	1,08
0,2001	1,10
0,3500	1,15

**Ek 5.a.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	3,530
0,0500	3,616
0,1000	3,613
0,1501	3,700
0,2001	3,828
0,3501	4,056

**Ek 5.b.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	2,464
0,0500	2,499
0,1000	2,512
0,1501	2,585
0,2001	2,665
0,3501	2,834

**Ek 5.c.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	1,751
0,0500	1,789
0,1000	1,808
0,1501	1,850
0,2001	1,921
0,3501	2,045

**Ek 5.d.** PA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	1,06
0,0500	1,09
0,1000	1,08
0,1501	1,13
0,2001	1,14
0,3501	1,27

**Ek 6.a.** SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 20 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	3,611
0,0500	3,679
0,1000	3,795
0,1500	3,785
0,2000	3,799
0,3501	4,177

**Ek 6.b.** SA' nın 2-Butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 30 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	2,499
0,0500	2,531
0,1000	2,466
0,1500	2,627
0,2000	2,584
0,3501	2,919

**Ek 6.c.** SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 40 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	1,766
0,0500	1,808
0,1000	1,790
0,1500	1,886
0,2000	1,881
0,3501	2,107

**Ek 6.d.** SA' nın 2-butanol ile hazırlanan çözeltilerinin, 60 °C' de mutlak viskoziteleri

Konsantrasyon /mol.dm <sup>-3</sup>	η (cP)
0,0100	1,04
0,0500	1,09
0,1000	1,10
0,1500	1,16
0,2000	1,16
0,3501	1,36

**Ek 7. 2-butanolün yoğunlukları**

T / °C	d / g.cm <sup>-3</sup>
20	0,80658
30	0,79932
40	0,79220
60	0,778



## ÖZGEÇMİŞ

Gökçen Akgül, 1977 yılında Yozgat'ın Akdağmadeni ilçesinde doğdu. İlköğreniminin ilk üç yılını Yozgat'ın Sorgun ilçesinde, son iki yılını, orta öğrenimini ve lise 1, 2 öğrenimini Antalya'nın Manavgat ilçesinde, lise 3 öğrenimini İzmir'in Bergama ilçesinde tamamladı. 1994 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden 1998 yılında kimyager olarak mezun oldu. 1999 yılında Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Halen bu görevi sürdürmektedir.

