



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ KARBOKSİLLİ ASİTLERİN SULU
ÇÖZELTİLERİNDEN HİDROJEL İLE
UZAKLAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ**

Araş. Gör. Yavuz Selim AŞÇI

**Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Temel İşlemler ve Termodinamik Programı**

Danışman

Yard.Doç.Dr. İ.Metin HASDEMİR

HAZİRAN, 2007

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇEŞİTLİ KARBOKSİLLİ ASİTLERİN SULU
ÇÖZELTİLERİNDEN HİDROJEL İLE
UZAKLAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ**

Araş. Gör. Y. Selim AŞCI

**Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
Temel İşlemler ve Termodinamik Programı**

Danışman

Yard.Doç.Dr. İ.Metin HASDEMİR

HAZİRAN, 2007

İSTANBUL

Bu çalışma 11/07/2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Temel İşlemler ve Termodinamik programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Yard.Doç.Dr. İ. Metin HASDEMİR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
(Danışman)

Prof. Dr. Ahmet AYDIN
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Umur DRAMUR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Ş.İsmail KIRBAŞLAR
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Süleyman TANYOLAÇ
İstanbul Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin T-870/02062006 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Lisans ve yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca maddi manevi her türlü destek ve yardımdan dolayı çok değerli hocam Yard.Doç.Dr.İ.Metin HASDEMİR'e en içten dileklerle teşekkür ederim.

Bu çalışma boyunca yardımlarını esirgemeyen Doç.Dr. Cemal ÖZEROĞLU hocama, bana sağladıkları çalışma ortamı ve yardımlarından dolayı Bölüm Başkanımız Sayın Prof.Dr. Ahmet AYDIN hocama ve Ana Bilim Dalı Başkanımız Sayın Prof.Dr. Umur DRAMUR hocama ve başta Yard.Doç.Dr. İsmail İNCİ olmak üzere tüm temel işlemler ve termodinamik anabilim dalına teşekkürü bir borç bilirim.

Desteklerini her zaman hissettiğim Anneme, babama ve kardeşime, arkadaşlarımdan Amaç Fatih TUYUN, Mahmut YILDIZ ve Gökçe TAŞSETEN'e teşekkür ederim.

Ayrıca Tezime destek sağlayan İstanbul üniversitesine, manevi desteklerinden ve bize sağladıkları her türlü kolaylıktan dolayı tüm Fen bilimleri enstitüsü çalışanlarına teşekkür ederim.

Haziran, 2007

Yavuz Selim AŞÇI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	İ
İÇİNDEKİLER	İİ
ŞEKİL LİSTESİ	İV
TABLO LİSTESİ	V
SEMBOL LİSTESİ	VI
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. HİDROJELLER	3
2.1.1 Jellerin Şişme Davranışı	4
2.1.2. Jellerin Faz Geçişi	6
2.1.3. Uyarıya duyarlı Hidrojeller	8
2.2. KARBOKSİLLİ ASİTLER	12
2.2.1. Asetik Asit	13
2.2.2. Sitrik Asit	15
2.2.3. Laktik Asit	16
2.3.1. Tartarik Asit	17
2.3. FREUNDLICH VE LONGMUIR İZOTERMLERİ	18
2.3.1. Freundlich İzotermi	19
2.3.2. Langmuir İzotermi	19

3. MALZEME VE YÖNTEM	20
3.1. KİMYASAL MADDELER	20
3.2 YÖNTEM.....	20
4. BULGULAR	23
4.1. FARKLI KONSANTRASYON DENEMELERİ	23
4.1.1. Asetik Asit.....	23
4.1.2. Sitrik Asit	24
4.1.3. Laktik Asit	25
4.1.4. Tartarik Asit	26
4.2. FARKLI ASİT-JEL ORANI DENEMELERİ.....	27
4.2.1. Asetik Asit.....	27
4.2.2. Sitrik Asit	28
4.2.3. Laktik Asit	29
4.2.4. Tartarik Asit	30
4.3. ZAMAN-ASİT KONSANTRASYONU DENEMELERİ	31
4.4. SICAKLIK ETKİSİ DENEMELERİ.....	33
4.5. KARIŞTIRMA ETKİSİ DENEMELERİ	34
4.6. DENGİ İZOTERMLERİ	35
4.2.2. Langmuir izotermi	35
4.2.2. Freundlich izotermi	36
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	41
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: pH ve sıcaklığa bağlı hidrojel ağ yapısında ki değişim.....	9
Şekil 2.2	: Manyetik alan etkisi ile salım yapan hidrojin çalışma Mek.....	11
Şekil 3.1	: Hidrojin FTIR Spektrumu	22
Şekil 4.1	: Farklı asetik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki ..	24
Şekil 4.2	: Farklı Sitrik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki.....	25
Şekil 4.3	: Farklı Laktik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki.....	26
Şekil 4.4	: Farklı Tartarik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki	27
Şekil 4.5	: Farklı asit-jel oranı verileri ile asetik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki	28
Şekil 4.6	: Farklı asit-jel oranı verileri ile sitrik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki	29
Şekil 4.7	: Farklı asit-jel oranı verileri ile laktik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki	30
Şekil 4.8	: Farklı asit-jel oranı verileri ile tartarik asit denge Konsantrasyonları arasındaki ilişki	31
Şekil 4.9	: Zaman ile asit konsantrasyonunda ki değişim grafiği.....	33
Şekil 4.10	: Çalışma sıcaklığı – konsantrasyon grafiği.....	34
Şekil 4.11	: Karıştırılan ve durgun halde elde edilen konsantrasyon grafikleri.....	35
Şekil 4.12	: Freundlich izotermi grafikleri.....	39
Şekil 4.13	: Tüm asitler için jel/asit oranı - yüzde asit konsantrasyonu grafiği	42
Şekil 4.14	: Tüm asitler için farklı başlangıç konsantrasyonu ile denge konsantrasyonları arasındaki grafik.....	38

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: Karboksilli asitlerin Fiziksel özellikleri	13
Tablo 4.1	: Farklı konsantrasyonlarda Asetik asit için denge konsantrasyonları	23
Tablo 4.2	: Farklı konsantrasyonlarda Sitrik asit için denge konsantrasyonları	24
Tablo 4.3	: Farklı konsantrasyonlarda Laktik asit için denge konsantrasyonları	25
Tablo 4.4	: Farklı konsantrasyonlarda Tartarik asit için denge konsantrasyonları	26
Tablo 4.5	: Farklı jel oranı ile elde edilen asetik asit denge konsantrasyonları	28
Tablo 4.6	: Farklı jel oranı ile elde edilen sitrik asit denge konsantrasyonları	29
Tablo 4.7	: Farklı jel oranı ile elde edilen laktik asit denge konsantrasyonları	30
Tablo 4.8	: Farklı jel oranı ile elde edilen tartarik asit denge konsantrasyonları	31
Tablo 4.9	: Zaman ile asit konsantrasyonunda ki değişim verileri.....	32
Tablo 4.10	: Farklı sıcaklıklarda elde edilen konsantrasyon verileri.....	34
Tablo 4.11	: Karıştırılan ve durgun halde elde edilen konsantrasyon verileri.....	35
Tablo 4.12	: Langmuir izotermi grafiği R^2 değerleri.....	36
Tablo 4.13	: Asetik asit Freundlich izotermi verileri.....	37
Tablo 4.14	: Sitrik asit Freundlich izotermi verileri.....	37
Tablo 4.15	: Laktik asit Freundlich izotermi verileri.....	38
Tablo 4.16	: Tartarik asit Freundlich izotermi verileri.....	38
Tablo 4.17	: Freundlich izotermi sabitleri.....	38
Tablo 4.18	: Freundlich izotermi grafiklerinin R^2 değerleri.....	40

SEMBOL LİSTESİ

C_{A0}	: Asidin başlangıç konsantrasyonu
C_A	: Asit denge konsantrasyonu
C_e	: Denge konsantrasyonunu temsil etmektedir katsayısı
J_0	: Jel miktarının asit miktarına oranı
R	: Gaz sabiti
Q^0	: Freundlich denge sabiti
Q_e	: Denge birim adsorbe edici başına adsorbe olan miktarı
t	: Zaman
T	: Mutlak sıcaklık
V_2	: Şişmiş jeldeki polimer hacim fraksiyonu
X_1	: Flory-Huggins polimer-çözücü etkileşimi
$\Delta\mu_m$: Şebeke zincirleri ve çözücünün molar karışma serbest enerjisi
$\Delta\mu_i$: İyonik şişme basıncı
$\Delta\mu_E$: Geri çekme kuvveti
$1/n$: Freundlich denge sabiti

ÖZET

ÇEŞİTLİ KARBOKSİLLİ ASİTLERİN SULU ÇÖZELTİLERİNDEN HİDROJEL İLE UZAKLAŞTIRILMASININ İNCELENMESİ

Karboksilli asitler bir çok endüstriyel alanda yaygın olarak kullanılan biyoteknolojik maddelerdir. Bu nedenle karboksilli asitlerin elde edilmeleri ve ürün karışımlarından ayrılmaları önemli bir bilimsel ve ekonomik problemdir. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan karboksilli asitlerden olan, asetik asit, sitrik asit, laktik asit ve tartarik asidin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması incelenmiştir. Literatürde, karboksilli asitlerin ayrılması için farklı proses ve kimyasal maddelerin kullanıldığı bir çok çalışma vardır. Bu çalışmada ise karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması için hidrojeller kullanılmıştır. Hidrojeller son yıllarda bir çok farklı alanda kullanılmaya başlanan önemli polimer maddelerdir. Deneysel çalışmalarda, ilk olarak karboksilli asitlerin sulu çözeltilerden ayrılması üzerine zaman, sıcaklık ve karıştırma etkisi incelenmiştir.

Deney koşulları belirlendikten sonra, farklı jel asit oranları için belirli bir karboksilli asit başlangıç konsantrasyonda ayrılma işlemleri gerçekleştirilmiş ve denge konsantrasyonları belirlenmiştir. Son aşamada ise belirli bir hidrojel miktarında, farklı asit başlangıç konsantrasyonlarının uzaklaştırma üzerine etkisi belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Freundlich ve Langmuir izotermlerine uygulanmıştır.

SUMMARY

INVESTIGATION OF REMOVAL OF VARIOUS CARBOXYLLIC ACIDS BY HYDROGELS FROM SOLUTIONS

Carboxyllic acids are biotechnological substances that used in many industries extensively. Therefore production and separation of carboxylic acids from product mixtures are important scientific and economical problems. In this work, it has been investigated that removal of acetic, citric, lactic and tartaric acids which used intensively from aqueous solutions. There are many works for separation of carboxyllic acids by using different processes and chemical substances in literature. As for in this work, hydrogels were used for removal of carboxylic acids from aqueous solutions. Hydrogels are important polymer substances which have been started to use in different technologies in recent years. In experimental works, firstly the effects of time, temperature and mixing on separation of carboxylic acids from aqueous solutions were investigated.

After experimental conditions have been determined, firstly, separation was taken place for different acid gel ratios at constant initial acid concentrations and determined equilibrium conditions. At last stage, it has been determined that the effect of different initial acid concentration on removal at constant hydrogel amount. Results obtained from experimental works have been used in Langmuir and Freundlich isotherms.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, biyoteknoloji alanında yaşanan hızlı gelişmeler sayesinde birçok yeni kimyasal madde sentezlenmiş ya da var olan çok sayıda kimyasal madde yeni kullanım alanları bulduğundan veya ekonomik üretim yöntemleri keşfedildiğinden çok daha önemli bir konuma sahip olmuşlardır. Bu sebeple biyoteknolojik ürünlerin üretimi, ürün karışımlarından ayrılmaları ve saflaştırılmaları bilimsel açıdan olduğu kadar endüstriyel açıdan da büyük önem taşımaktadır.

Bu ürünlerin başında yaygın kullanım alanı ve yoğun tüketimleri nedeniyle karboksilli asitler sayılabilir. Karboksilli asitler başta gıda endüstrisi olmak üzere ilaç, kozmetik, deterjan, polimer ve metal sanayilerinden tarıma kadar çok farklı alanlarda hammadde ve katkı maddesi olarak önemli bir yere sahiptir. [1]

Bir çok karboksilli asit doğada farklı şekillerde bitkilerde veya hayvan hücrelerinde bulunmaktadır. Bu maddeler için sentetik üretim yöntemleri kadar doğal yöntemlerde ayrı bir öneme sahiptir. Bilinen en eski üretim yöntemlerinden biri olan fermantasyon karboksilli asit üretimi için yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak fermantasyon prosesinde bu asitlerin ancak % 10 luk çözeltileri elde edilebilmektedir. Ayrıca bazı üretim proseslerinde karboksilli asit içeren atıklar veya yan ürünler oluşmaktadır.[2]

Büyük hacimler içerisindeki az miktarda bulunan bu kimyasalları ayırmak tüm bu nedenlerden dolayı kimya mühendisleri için çok önemli bir araştırma sahası oluşturmuştur. Yapılan çalışmalarda destilasyon gibi çok uygulanan ayırma işlemlerinin verimsizliği tespit edilmiştir. Bu nedenle son yıllarda ekstraksiyon işleminin farklı çeşitleri üzerine bir çok çalışma yapılmış ve halen yapılmaya devam etmektedir. [3,4]

Çalışmamızda günümüzün kimya endüstrisindeki pek çok alanda kullanılan ve yeni alanlarda etkinliği denenen hidrojelleri kullanarak yeni bir yöntem oluşturmanın ön çalışmaları yapıldı. Hidrojeller hidrofilik yapılı polimer maddelerdir. Günümüzde pek çok alanda önemli bilimsel çalışmaların konusu haline gelmişlerdir. Başta su olmak üzere içlerine aldıkları sıvılarla şişerek ağırlıklarının 1000 katına kadar dahi şişebilir ve bu sıvıların bünyelerinde hapsedebilirler. Şişme özelliklerinin yanı sıra bazı parametrelere karşı duyarlı hidrojeller sentezlenmesi bu polimerleri çok farklı alanlarda yenilik getirecek bir malzeme haline getirmiştir. Örneğin sıcaklığa duyarlı bir hidrojel belirli bir sıcaklıkta şişme diğer bir sıcaklıkta ise salım yaparak kontrollü salım işlemini mümkün kılmaktadır. Bu konudaki araştırmalar sonunda seçimli olarak madde tutmak başarılı olmuş bu sayede hidrojeller ayırma işlemleri içinde çok farklı bir yer kazanmıştır.[5, 6, 7]

Bu çalışmayla Karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılmasını hidrojellerle ne oranda gerçekleştirdiğinin deneysel olarak tespiti yapılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 HİDROJELLER

Hidrojeller; üç boyutlu, çapraz bağlı ağ şebekesine sahip hidrofilik polimer maddelerdir. Hidrojellerde çapraz bağ yapısı primer (kovalent) veya sekonder (van der waals, hidrojen köprüleri gibi fiziksel etkileşimler) bağlarla oluşur. Hidrojellerin en önemli özelliği suda şişebilmeleri ancak çözünmemeleridir, suda bir denge hacmine kadar şişerler fakat şekillerini korurlar. Hidrofillik özelliği, -OH, -COOH, -CONH₂, -SO₃H vb. gibi hidrofil grupların; çözünmezlik ve şekil kararlılığı ise üç boyutlu ağ yapının varlığından kaynaklanmaktadır. [8]

Hidrojellerin suda şişmesi ancak çözünmemesi şu şekilde açıklanabilir. Bir katı maddenin sıvıda çözünmesi çözücünün katı maddeyi onun yapısına bağlı olarak tek tek moleküler veya iyonsal olarak kuşatmasıdır. Benzer şekilde polimerin çözünmesi çözücünün polimer zincirlerinin arasına difüzlendirip daha sonra çözücünün polimer zincirleri arasındaki etkileşimleri yenerek polimer molekülleri kuşatmasıdır. Eğer çözücü molekülleri, polimer zincirlerinin arasına difüzlendiği halde polimer-çözücü molekülleri arasındaki etkileşim polimer-polimer molekülleri arasındaki etkileşimleri yenemezse çözücünün difüzlmesi sonucu katı madde sadece şişer. [9]

Hidrojeller içerlerine su absorblayarak ağırlıklarının 1000 katına çıkacak kadar şişebilirler. Bu özellikleri onların bir çok sanayi dalında önemli kullanım alanları bulmasına imkan sağlamıştır.[10]

- Hidrojeller, yüklerine göre :

- Nötral
- Anyonik

- Amfoterik
- Katyonik

- Mekanik ve yapısal karakterlerine göre :

- Afine
- Fantom (bileşik) yapılı

- Hazırlama yöntemlerine göre :

- Homopolimer
- Kopolimer
- Multipolimer
- İç içe geçmiş ağ (Interpenetrating network:IPN) yapılı

- Fiziksel yapısına göre :

- Amorf
- Yarı-kristalin
- Hidrojen bağlı
- Süper moleküler ağ
- Hidrokolloidal ağ

Olarak sınıflandırılmaktadır. [11,12] Diğer bir sınıflama ise uyarı duyarlı ve alışılmış jeller şeklindedir. [13]

2.1.1 Jellerin Şişme Davranışı :

Çapraz bağlı polimerlerin absorblama özelliği şişme olarak tanımlanmaktadır. [14]. Şişme, şişen malzemenin moleküllerinin temasta olduğu sıvının moleküllerine ilgisi sebebiyle oluşan bir difüzyon olayıdır. Su içindeki şişme davranışı hidrojelin fiziksel davranışının en önemli kısmıdır. Jeli şişmiş ağ yapıya dönüştürmek için su ile temasta bırakmak gereklidir.

İyonik olmayan polimerler hidrofilik gruplara sahip polimer zinciri ile sulu akışkanların karıştırılmasıyla oluşan enerjistik ve entropik etkileşimler vasıtasıyla su ve sulu akışkanları absorblar [15]. Hidrofilik gruplar hidrojen bağları yoluyla su ile solvate edilmişlerdir. Buna ek olarak sistemin entropisi karışma esnasında artabilir. Bu olay yapıda çapraz bağlanma yoksa polimerin suda çözünmesine, varsa çözücü absorpsiyonu ile polimerin şişmesine neden olur. İyonik hidrojjelerin şişme dengesi ise üç temel gücün dengesiyle belirlenir.[14].

- Şebeke zincirleri ve çözücünün molar karışma serbest enerjisi ($\Delta\mu_m$) [14,16]
- Hareketli karşıt yüklü iyonlardan kaynaklanan osmotik basınç($\Delta\mu_i$: iyonik şişme basıncı) [14,16,17]
- Elastik şişme ($\Delta\mu_E$: geri çekme kuvveti) [16]

Çapraz bağlı bir şebeke polimer-çözücü etkileşimleri ve spiral haldeki polimer zincirlerinin entropileri ile belirlenen termodinamik güçler arasındaki bir denge ile kontrol edilen şişme sınırına sahiptir.[14] Jelin içinde yaratılan osmotik basınç nedeniyle, jelin içindeki ve dışındaki suyun kimyasal potansiyelinde oluşan fark ($\Delta\mu$), bu üç kuvvetin etkisi altındadır.[16]

$$\Delta\mu = \Delta\mu_M + \Delta\mu_i + \Delta\mu_E$$

$\Delta\mu_M$, polimer ve çözücü arasındaki etkileşime bağlıdır. Bu bağıntı Flory-Huggins denklemi ile aşağıda gösterilmektedir.

$$\Delta\mu_M = RT [\ln(A-V_2) + V_2 + X_1 V_2^2] \quad (\text{Flory-Huggins})$$

X_1 : Flory-Huggins polimer-çözücü etkileşimi

V_2 : Şişmiş jeldeki polimer hacim fraksiyonu

R : Gaz sabiti

T : Mutlak sıcaklık

X_1 parametresinin değeri ve işareti $\Delta\mu_M$ 'in değerini belirler [16]. Hidrofilik jeller için $\Delta\mu_M$, osmotik basınca pozitif katkıda bulunur. $\Delta\mu_i$ terimi, polimer zincirinde iyonik

grupların varlığından kaynaklanan donma etkisi nedeniyle, molar serbest enerjiye iyonik katkıdır ve jelin içindeki ve dışındaki iyonik konsantrasyon farkından oluşmaktadır. $\Delta\mu_1$, jelin şişmesine her zaman pozitif katkıda bulunur ve dış çözeltinin pH'ından ve iyonik şiddetinden etkilenir. [10]

Polimerlerin şişme davranışı, şişme denge derecesinin hidrojenlerin çözünme difüzyon katsayısına etkisi dolayısıyla yüzey özellikleri, yüzey hareketliliği, optik özellikleri de etkiler.

Çapraz bağlı yapılar, çözücülerde çözünmez ancak şişebilirler. Polielektrolit olarak da bilinen yapılar, hidrofil gruplar içeren ve suda iyonlaşma özelliği olan monomerlerden hazırlanmaktadır. Bu tür çapraz bağlı yapıları sadece su ile şişme özelliği gösterirken çapraz bağ yoğunluğu şişme oranını etkiler. [10,18]

Şişme derecesini etkileyen bir diğer parametre de hidrofilitiktir. Özellikle poliakrilamid hidrojenler yan grubun hidrofilitik derecesine bağlı olarak suda fazla miktarda şişerler. Genelde hidrofilitik, -OH, -COOH, -CONH₂, -SO₃H gibi suda çözünen grupların varlığı ile artar. Düşük hidrofilitik gösteren polimerler suda şişebilir, artan hidrofilitik ile ise polimer suda çözünür hale geçebilmektedir.

Çapraz bağ yoğunluğu çapraz bağlar arasında tekrarlanan ortalama monomer birimi sayısının ifadesidir. Çapraz bağ yoğunluğu düştükçe, potansiyel şişme kabiliyeti büyür ancak jelin deforme olabilirliği de o oranda yükselir. Polimer zincirleri arasındaki kovalent bağlarla oluşan sonsuz üç boyutlu ağ yapı çapraz bağlanmanın en basit halidir.

2.1.2 Hidrojellerin Faz Geçişi :

1970'li yıllarda jellerin çevre şartlarındaki değişmelere cevap olarak şişmiş ve büzülmüş haller arasında ani bir faz geçişine uğrayabildikleri keşfedilmiştir.[13]

Polimer jelleri şişmiş veya büzülmüş olarak iki ayrı formda bulunmaktadır.[19] Faz geçişi fiziksel veya kimyasal uyarılara (sıcaklık, çözücü, pH, iyonik etki, elektrikselsel alan, ışık gibi) cevap olarak sürekli veya süreksiz olarak meydana gelir.[19,20] Jellerin

faz geçişi, polimer şebekesinde genişlemede rol oynayan itici gler ile şebekede bzlmeye yol açan çekici gler arasındaki karşılıklı dengenin bir sonucudur [19, 21]. En etkin itme gücü, aynı tür polimer yükleri arasındaki elektrostatik etkileşimdir ki bu durum, şebekeye iyonize olabilen grupların dahil edilmesi ile sağlanabilir. ekici etkileşimler van der Waals, hidrofobik etkileşimler, zıt yüklü iyon-iyon ve hidrojen bağları olabilir.

Van der Waals etkileşimleri :

Bu kuvvete örnek olarak kısmen hidrolizlenmiş akrilamid jeli verilebilir. Bu jel aseton-su karşımı içerisinde faz geçişi göstermektedir. Bu geçiş polimer-polimer etkileşimi yani van der Waals kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Faz geçişinin yeteri kadar büyük olabilmesi ve polimer-polimer etkileşiminin ortaya çıkması için suya, zayıf ve polar olmayan bir solventin örneğin asetonun ilavesi yeterli olacaktır. Çözücü bileşimi yanında, sıcaklığın değiştirilmesiyle de faz geçişi gözlenir. Yüksek sıcaklıklarda şişen jel, düşük sıcaklıklarda büzülür.[5,10]

Hidrofobik etkileşimler :

Yapılan çalışmalarda sodyum akrilat içermeyen jel'in, 33°C 'de süreksiz bir hacim değişimi sergilerken, sodyum akrilat konsantrasyonunun artmasıyla jelde iyonize olabilen grup miktarının, geçiş sıcaklığının ve hacim değişiminin arttığı gözlenmiştir. Bu jellerin düşük sıcaklıklarda şişmesi, yüksek sıcaklıklarda ise büzülmesi(bu durum van der Waals etkileşimi ile olan geçişin tersidir), polimer zincirleri arasındaki hidrofobik etkileşiminden kaynaklanmaktadır. Hidrofobik polimer zincirlerinin etrafındaki su molekülleri polimerlerden uzakta olan su moleküllerinden daha düzenli bir şekilde sıralanmıştır. Bu nedenle düşük bir entropiye sahiptirler. Yüksek sıcaklıklarda polimer şebekesi büzülür ve daha düzenli bir hal alır. Ancak polimer şebekesinden dışlanan su molekülleri daha düzensiz olurlar. Sıcaklığın artmasıyla tüm jel sisteminin entropisinde bir artış gözlenir. Bunun sonucunda yüksek sıcaklıklarda jelde büzülme meydana gelir. Ayrıca sıcaklığın artması sonucu, jeldeki hidrofilik gruplar ile su molekülleri arasındaki hidrojen bağları zayıflar ve hidrofobik etkileşimler baskın olur. Böylece büzülme gerçekleşir.[5,10]

Hidrojen bağları :

Araştırmacılar, poliakrilik ve poliakrilamidden oluşan IPN yani i içe geçmiş ağ yapısı elde etmişlerdir. Bu jel, suda düşük sıcaklıklarda büzülürken, sıcaklığın yükselmesiyle şişmektedir. 30°C’de net bir şekilde gerçekleşen hacim değişimi için asıl etkinin hidrojen bağları olduğunu ve iki polimer arasındaki doğal ikili etkileşimin sonucu olan fermuar “zipper” etkisi olduğunu belirlemiştir.[5,10]

İyonik (eloktrostatik) etkileşimler :

Hem anyonik hem katyonik gruplar içeren polimerlere poliamfolitler denir. Bu polimerler, pozitif veya negatif yüklü olup, kısa mesafelerde birbirlerini iterlerken uzun mesafelerde birbirlerini ekerler. Konu zerine çalışan bilim adamları nötr pH’da büzülen, düşük ve yüksek pH’larda şişen bir poliamfolitik jel sentezlemişlerdir. Bu durum nötr pH’larda hem anyonların hem de katyonların iyonlaşıp, iyonize olmuş u grupların birbirlerini iterek jelin büzülmesine neden olması ile açıklanmıştır. Düşük ve yüksek pH’larda ise sadece bir cins iyon grubu diğer cins iyonlaşmadan kalırken, iyonlaşır ve birbirini itecek (birbiri ile etkileşecek) aynı yüklü grupların oluşmasına bağlı olarak jel şişer. Hacim değişimi dereceli ve sürekli olur. [5,10]

2.1.3 Uyarıya Duyarlı Hidrojeller :

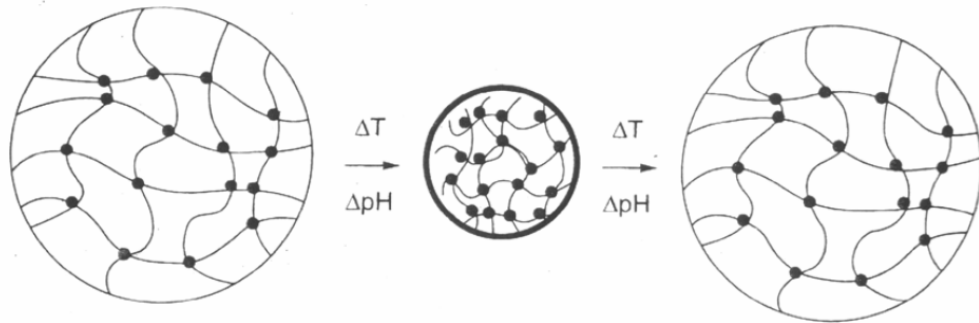
Uyarıya duyarlı polimer ve hidrojeller, mikro yapılarında hidrofilitikten hidrofobluğa ani ve tersinir geçiş yapabilirler. Bu değişimler çevresel faktörlerin küçük değişimlere uğramasıyla gerçekleşir. Ancak polimer veya hidrojeldaki değişim, çözelti içinde çökelme veya hidrojel boyutunun küçülerek absorbladığı suyu dışarı salması makroskopik boyuttadır. Bu makroskopik değişimler tersinirdir ve dış etki kalktığında, polimer önceki durumuna geri döner. Bu değişime neden olan etkiler değişiklik gösterse de; pH değişimi, zıt yüklü diğer bir polimerin eklenmesi, elektrik alan etkisi, sıcaklık ve iyonik kuvvet değişimine bağlı olarak hidrojen bağları değişimi olabilir.[22]

Sıcaklığa duyarlı hidrojeller :

Polimerik jellerin veya polimer çözeltilerinin sıcaklığa duyarlılığı, hidrojen bağları ve hidrofobik etkileşimlerin sıcaklığa duyarlılığı ile ilgilidir.[23]

LCST değeri alt kritik çözelti sıcaklığı (Lower Critical Solution Temperature) veya hacimsel faz geçiş sıcaklığı (Volume Phase transition temperature : VPTT) olarak kısaltılmıştır. Bu değer, lineer polimerler için çözünme-çökme, çapraz bağlı polimerler (hidrojeller) için şişme-büzülme geçişinin gerçekleştiği sıcaklıktır.

Bazı polimerler düşük sıcaklıklarda suda çözünür (lineer yapı) veya şişerken (çapraz bağlı yapı), sıcaklığın LCST değerinin üzerine çıkarılması ile çökme (çözünmeme) ve büzülme gözlenir [24]. Düşük sıcaklıklarda hidrofobik polimer zincirlerinin etrafındaki su molekülleri hidrojen bağları ile bağlıdır. Bu hidrojen bağlarının etkileşimi karışımın serbest enerjisini büyük miktarda azalttığı için polimer zincirleri düşük sıcaklıklarda suda çözünür veya şişerler. Daha yüksek sıcaklıklarda ise hidrojen bağları zayıflar ve hidrofobik etkileşimler artar [23]. Sonuç olarak bir polimer çözeltisinin veya polimer jelinin ısıtılması ile çözünmeden çökmeye veya şişmeden büzülme durumuna geçiş bir kritik sıcaklıkta meydana gelir.



Şekil 2.1 pH ve sıcaklığa bağlı hidrojel ağ yapısında ki değişim.

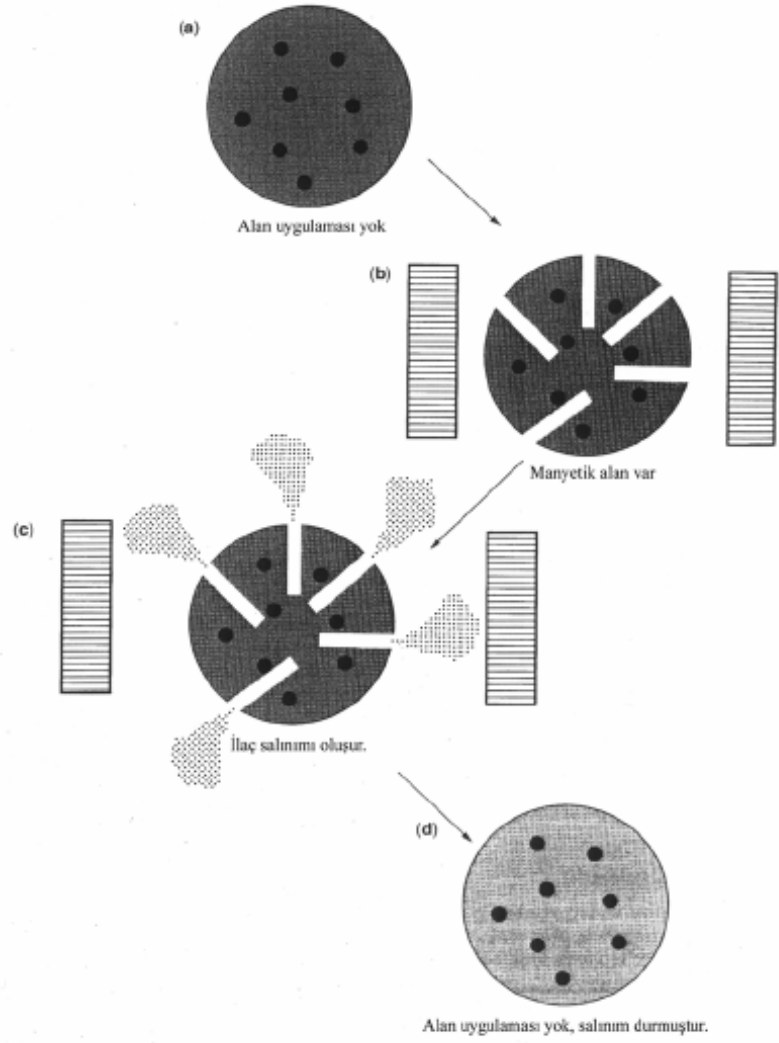
pH'a duyarlı hidrojeller :

Fizyolojik olarak hidrojellerin tiplerinden en çok çalışılanlarındandır. pH'a duyarlı hidrojeller yapılarında karboksilik asit veya birincil amin gibi pendant asidik veya bazik gruplar, veya sülfonik asit veya kuaterner amonyum tuzları gibi kuvvetli asit veya bazlar bulundurmaktadır. Bu gruplar sayesinde ortamın pH'ındaki bir değişme sonucu jelin iyonizasyonunun değişmesi sonucu jelin özellikleri değişmektedir. İlk olarak 1955 yılında akrilik ve metakrilik asit esaslı hidrojellerin, ortamın pH'ının değişmesi sonucu şişme denge değerlerinin değiştiği gözlenmiştir.[25]

pH'a duyarlı hidrojellerde dış ortam pH'ının değişmesiyle şişme özellikleri değişir. Asidik grup içeren hidrojellerde pH'ın artmasıyla, bazik grup içerenlerde ise pH'ın azalmasıyla şişme denge değeri artar.

Manyetizmaya duyarlı hidrojeller :

Manyetizmaya duyarlı sistemler mikro boncuklar kapsayan kopolimer yada polimerlerden oluşur. Bu sistemler en çok polimerlerden hazırlanabilir, bununla birlikte bu sistemler için en çok kullanılan kopolimer hidrofobik polimer polietilen kovinil asetatıdır. Bazı hidrojeller gibi tipik olarak sınıflandırılmaz, bunun nedeni fark edilemeyecek kadar şişmeleridir. Tipik bir manyetik alan sisteminde ilaç salınım mekanizması şekil 2.2 de gösterilmiştir. Bu sistemin üç boyutlu yapısı manyetik alan uygulanmadığında ilaç salınımının oluşmaması şeklindedir. Bununla beraber bir manyetik alan uygulandığında mikro boncuklar nabız gibi titreşmekte ve mikro gözenekler oluşmasına izin vermektedir. İlaç olarak titreşen boncukların "sıkıştırması" ile ilaç bu gözenekler boyunca jelden dışarı atılır. Alan kaldırıldığında ilaç salımı hızla durur. Bazı sistemler titreşen ilaç salım araçları gibi kullanımlar için hedeflenmiştir ve sıra dışı kopyalanabilme tarzı sergilemesiyle gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Manyetik alan etkisi ile salım yapan hidrojin çalışma mekanizması

Diğer uyarıya duyarlı hidrojeller :

Yukarıda örneklerini gördüğümüz jellerin dışında pek çok çalışma yapılmaktadır. Bunların yanında ışığa ve biyokimyasal maddelere duyarlı hidrojeller hazırlanmıştır. [26,27]

Ayrıca ;

- Çözücüye duyarlı
- Elektriksel alana duyarlı
- Gerilime duyarlı hidrojeller ve farklı konular üzerinde çalışılmaktadır.

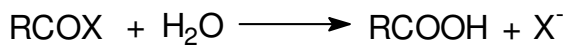
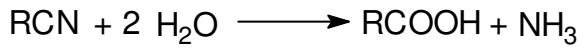
2.2 KARBOKSİLLİ ASİTLER

Bir çok bitkide ve hayvan vücudunda bulunur. Karboksilli asitler isimlerini yapılarında bulunan bir veya daha fazla sayıdaki karboksil gruplarından ve hidroksil gruplarından almaktadır. Alkil zincirine bağlı karboksil fonksiyonel grubunu (-COOH) içerirler. Karboksilli asitler fonksiyonel grubu göstermek için R-COOH genel formülü ile gösterilmektedir. Kimyasal yapıları sayesinde bir çok organik yapının sentezinde kullanılırlar. Organik karboksilli asitler; alifatik,aromatik, alisiklik ve heterosiklik olarak sınıflandırılırlar. Karboksilli asitler mineral asitlerle mukayese edildiğinde zayıf asitlerdir. [28,29]

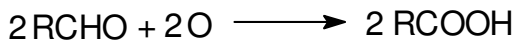
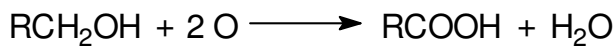
Karboksilli asitlerin düşük karbon içerikli (C₁ – C₄) olanları suyla karışabilen keskin kokulu korozif sıvılardır. (C₅ – C₉) kısmen suda çözünen yağlı sıvılardır. C₁₀ ve üstü olanlar ise suda çözünmezler. [29]

Fermantasyon yöntemi karboksilli asitlerin üretimi için önemli bir prosestir. Özellikle gıda endüstrisinde bu yöntemle üretilen ürünler tercih edilir. Sentetik olarak ise karboksilli asitlerin eldesi için sayısız yöntem varsa da, bunları birkaç başlık altında toplamak olasıdır:

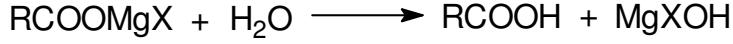
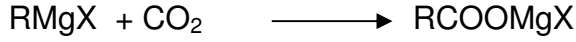
Karboksilli asit türevlerinin hidrolizi :



Birincil alkollerin ve aldehitlerin yükseltgenmesi :



Grignard tepkimesi :



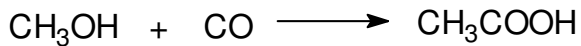
Tablo 2.1 Karboksilli asitlerin Fiziksel özellikleri

	Asetik Asit	Sitrik Asit	Laktik Asit	Tartarik Asit
Molekül ağırlığı	60.05 g/mol	192,14 g/mol	90.08 g/mol	150.087g/mol
Yoğunluk	1.049 g/cm ³	1,542 g /cm ³	0,862 g/cm ³	1,788 g/cm ³
Erime noktası	16.5 °C	153 °C	18 °C	171 °C
Suda çözünürlük ^(25 °C)	Her oranda	1622 g / L	Her oranda	1390 g / L

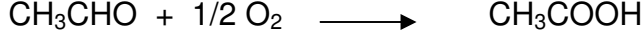
2.2.1 Asetik Asit

Asetik asit etanoik asit, metal karboksilik asit isimleri ile de bilinen renksiz, sirke kokulu bir karboksilli asittir. Bir çok bitkide ve hayvan vücudunda bulunur. Karboksilli asitler isimlerini yapılarında bulunan bir veya daha fazla sayıdaki karboksil gruplarından almaktadır

Çok geniş kullanım alanına sahip bu asit fermantasyon ile elde edildiği gibi sentetik yollarda üretilmektedir. Bu gün dünyada asetik asit büyük oranda metanolün karbonillenmesi ile sentetik yolla üretilmektedir.[30]



Asetaldehit üzerinden üretmekte mümkündür.



Sentetik yolla üretiminin yaygınlaşmasına rağmen gıda endüstrisi gibi bazı sanayi dalları özellikle doğal yolla üretilen ürünleri tercih etmesi sebebiyle fermantasyon prosesi önemini korumaktadır.

Bu proste önce şekerli ve nişastalı gıda maddeleri fermantasyon ile alkole dönüştürülür. Daha sonra bakteriler kullanılarak enzimatik yolla etil alkol asetaldehit üzerinden asetik aside yükseltgenerek üretilir.

Asetik asit çok farklı alanlarda kullanımı olan önemli bir karboksilli asittir. Bu asit mikrobiyolojik olarak amino asitlere dönüşebilmekte ve bu sayede geniş bir yelpazedeki üretim proseslerinde kullanılmaktadır.

Glutamik asit ve sitrik asit başka kimyasalların üretiminde de kullanılırlar. Ayrıca p-ksilenin terafitalik aside oksidasyonu sırasında çözücü olarakta kullanılır. [30]

Endüstrinin farklı dallarında asetik asit'in önemli bir yeri vardır. Polimer sanayiinde bir çok yerde kullanılan vinil asetat monomeri sayesinde bu alanda asetik asit yüklü miktarlarda kullanılmaktadır.

Ayrıca asetik asit gıda sanayinde, kloroasetik asit olarak böcek ilaçlarında, amonyum asetat olarak metal, tekstil ve ilaç sanayiinde kullanılmaktadır.

Asetik asit'in su veya başka bir organik çözücüdeki çözeltileri güçlü korozif kimyasallardır ve deri ve vücudun herhangi bir yeri ile temasından kaçınılmalıdır. Önlem olarak ise temas edilen yüzeyin bol su veya bikarbonat çözeltisi ile yıkanması gerekmektedir. [31]

2.2.2 Sitrik Asit

Sitrik asit (2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid), $C_6H_8O_7$, formüllü, kokusuz, oda sıcaklığında katı ve kristal formda bir monohidroksi trikarboksilli asittir.

Sitrik asit kristal formda ilk olarak 1784 yılında Scheele tarafından üretilmiştir. Bu asit sentetik yolla ilk kez 1880 yılında gliserin üzerinden üretilmiştir. Daha sonradan Wehmer şeker çözeltisinde büyüyen mantarları kullanarak sitrik asit üretmeyi başarmıştır. [32]

Sitrik asidin endüstriyel olarak üretimi aspergillus niger isimli mikro organizmalar kullanılarak bazı bitki ve özellikle turunçgillerden ekstraksiyonu ve fermantasyonu ile üretilmektedir. Sitrik asidin mikroorganizmalardan endüstriyel ölçekte üretimi 1923 yılında Pfizer Inc. tarafından başlamıştır. Yüzey prosesi olarak bilinen bu proseste Currie tarafından bulunan Aspergillus niger kullanılır. Yüzey prosesinde mikroorganizmalar sukroz çözeltisinin yüzeyinde çoğalır ve önemli miktarda sitrik asit oluşur. Dünyada üretilen sitrik asidin büyük kısmı yüzey prosesi ile veya bu prosesin modifiye edilmiş şekilleri ile üretilmektedir. Diğer sitrik asit fermantasyon proseslerine göre enerji maliyeti oldukça düşüktür. [33]

Daldırma prosesi olarak bilinen diğer proseste ise mikroorganizmaları sıvı ortam içine disperse edilmiştir. Daldırma prosesi ile ilgili ilk patent 1951 yılında alınmıştır. Daha sonraki yıllarda substrat olarak amilazla muamele görmüş nişasta ve amilglükozdiaz kullanımıyla modifiye edilmiş proseslere ait patentler alınmıştır. Daldırma prosesinde substrattan alınan verim % 90'ı aşmaktadır.[34]

Sitrik asit en fazla limonda bulunmaktadır. % 4-8 bu nedenle limon asidi ismide kullanılır. Limondan sonra sırasıyla greyfurt % 1,2-2,1, mandalina % 0,9-1,2, ve portakal % 0,6-1 sitrik asit içerir. Bu turunçgiller en çok sitrik asit içeren meyvelerdir. [33]

Sitrik asidin birçok tuzu endüstriyel öneme sahiptir. En önemli olarak sodyum sitrat, amonyum sitrat, kalsiyum sitrat ve potasyum sitrat sayılabilir. Çok sayıda gıda

maddesinin bileşiminde emülsiyeye edici, stabilizör, asitlendirici ve tatlandırıcı olarak kullanılır. Sodyum sitrat ayrıca deterjanlarda fosfat yerine kullanılan ve ekolojik açıdan uygun olduğu kabul edilen bir maddedir.

Sitrik asit gıda sanayiinde içecek ve meşrubatta, reçellerde ve şekerli besinlerde ekşilik verme ve tatlandırma için kullanılır. Dondurulmuş besinlerde, eczacılıkta kozmetikte ve fotoğrafçılıkta pH ayarlayıcı olarak kullanılmaktadır. Ayrıca tarım, metal sanayiinde, katı ve sıvı yağlarda ve tütün imalatında kullanılmaktadır.[32,33]

2.2.3 Laktik Asit

Laktik asit, süt asidi adı ile de bilinen, 2-hydroxypropanoic acid isimli, $\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$ formüllü doğal yapıya sahip bir asittir. Optikçe aktif bir hidroksil grubu ve karboksil grubu içerir. Yani monohidroksi karboksilli asittir. Bu iki grup laktik asit kullanılarak direkt polyeşter elde edilmesini mümkün kılar.

Laktik asit sütte ve hayvan kas ve kanında da bulunmaktadır. İnsan vücudu içinde özel bir önemi vardır. Kas gücü için gerekli enerji vücutta gerçekleşen bir dizi komplike seri reaksiyon sonucu glikojenin laktik aside dönüştürülmesi ile elde edilir.

Laktik asit, laktozun, streptococcus lactis tarafından fermente edilmesiyle oluşur. Farklı üretim yöntemleri vardır. Örneğin melas, mısır veya sütteki laktoz şekerinin fermentasyonu ile üretildiği gibi, kesilmiş süttten veya peynir suyundan da üretilmektedir. [35]

Laktik asit başta plastik, gıda ve tekstil sanayiinde olmak üzere çok geniş miktarda kullanılan bir asittir. Laktik asit süt ve süt ürünlerinde bulunur, özellikle ekşimiş süttün önde gelen komponentlerinden biridir.

Bu asidin insan vücudunda oluşması ve bulunması çok önemli bir asit olmasını ve farklı alanlarda vazgeçilmez şekilde kullanımını sağlamaktadır.

Bu alanlardan bir tanesi sağlık ve medikaldir. Cerrahi hamlelerde kullanılan dikiş ipliğinin hammadresi olan polilaktik asit, laktik asidin polimerizasyonu ile üretilmektedir. Yani iç organları dikmek için kullanılan ipliğin ana maddesi polilaktik asittir. Vücudun kolaylıkla kabul ettiği bu maddenin etrafı, enjekte edildiği yerde dokular tarafından çepeçevre yabancı bir maddeyle temas etmişçesine sarılır, dolayısıyla kolayca özümsebilir. Ayrıca vücutta bu şekilde özümsemesi sayesinde AIDS ve kanser benzeri vücutta kilo kaybı ve deri altı yağ dokusu kaybına neden olan hastalıklarda hastanın eski görünümüne kavuşabilmesi için yapay doku dolgusu olarak kullanılmaktadır. [37]

Bir diğer önemli alan ise gıda sanayiidir. Doğal yollarla oluşabilmesi ve glikojen olarak adlandırılan, karbonhidratın yıkımı sonucu oluşan bir yan ürün olması sebebi ile kullanıldığı yerde de oluşturulabilir. Örneğin zeytin üreticileri tarafından ortamdaki şekerin laktik aside dönüşümü sağlanarak koruma amaçlı kullanılmaktadır. Kimyasal yapısı sayesinde peynir, yoğurt gibi mayalı besinlerin üretiminde kullanılır. Bunların dışında birçok içeceğin tatlanmasında ve muhafazasında, Saklanacak gıdaların daha uzun ömürlü olması için, jel, reçel ve şekerlemelerde kullanılır. Yani gıda sektöründe birçok farklı yerde kullanılan laktik asit vazgeçilemez bir kimyasaldır. [38]

2.2.4 Tartarik Asit

Tartarik asit, 2,3-dihydroxybutanedioic acid, 2,3-dihydroxysuccinic acid isimleri ile bilinen, $C_4H_6O_6$ kapalı formüllü bir dihidroksi dikarboksilli asittir. 1769 yılında İsveçli bilim adamı Carl Wilhelm Scheele tarafından sentezlenmiştir. Çok eski çağlardan beri üzümde bulunan asit formun potasyum tuzu olarak bilinir. Şarap üretimi esnasında da tortular halinde ortaya çıkar. Bu şarap üretimi yapan tesislerinden alınan artık üzüm posası ve su karıştırılarak ekstrakte edilerek üretimi yapılabilmektedir.[39]

Tartarik asit, sitrik asit gibi karbonatlı içeceklerin hazırlanmasında kullanılır. Günümüzde bazı ilaçların etken maddesidir. Yaygın olarak sitrik asitle karıştırılarak kullanılır. Tartarik asit jelatinli gıdaların, meyveli jellerin ve özellikle pektin jelli şekerlerin üretiminde düşük pH değerlerinde üretim yapılırken asit düzenleyici olarak

kullanılır. Tekstil sanayiinde pamuklu kumaşlarda baskı işlemi sırasında kullanılan ağartıcıların klorürünün kontrolünde kullanılır.

Tartarik asidin ve alkali tuzlarının kompleks yapabilme kabiliyetleri sayesinde kaplama işlemlerinde avantaj sağlar. Bakırın siyanür Rochelle tuz banyolarından kaplanması işleminde kullanıldığı gibi farklı bir kaplama işlemi olan ayna yapımında berraklaştırıcı olarak ve ayrıca bazı metallerin renklendirilmesinde de kullanılır. [36]

Krem haldeki tartarik asit, gıda sanayiinde kabartma tozlarının soğukken çözünürlüğünü azaltarak bikarbonatın pişme sıcaklığına kadar karbondioksitle reaksiyonunu engeller. Böylece optimum zamanda büyük miktar karbondioksit açığa çıkar.

Potasyum antimonil tartarat olarak ziraatte böceklerle mücadelede, medikal olarak küçük dozlarla öksürük şuruplarında balgam söktürücü olarak ve tekstil sektöründe koton, deri ve kürklerde renk sabitlenmesi için kullanılır. [36]

2.3 FREUNDLICH VE LANGMUIR İZOTERMLERİ

Sabit temperatürde adsorban tarafından adsorblanan madde miktarı ile denge konsantrasyonu veya denge basıncı arasındaki bağıntıya adsorbsiyon izotermi denir.

İzoterm verilerinin analizi, sonuçların temsili ve dizayn amaçlarıyla kullanılması açısından son derece önemlidir. Sorbsiyon işlemleri için çok sayıda izoterm türetilmiştir. Fakat literatürde en çok adı geçen izotermeler ; Freundlich, Langmuir, B.E.T., Dubin-Raduskevich izotermeleridir. Biz çalışmamızda sorbsiyon işlemi için Freundlich ve Langmuir izotermelerini deneysel verilerimize uyguladık. [40,41]

2.3.1 Freundlich İzotermi

1906 yılında Freundlich tarafından ortaya konan ilk adsorbsiyon izotermidir. Deneysel olarak geliştirilmiş bir denklem olup, çok tabakalı adsorbsiyon gibi heterojen yüzeyler için kullanılır. Bu durumda doygunluğa ulaşma hali söz konusu olmadığından adsorbana ait kapasiteden söz edilemez. Freundlich bağıntısı $Q_e = k C_e^{1/n}$ şeklinde ifade edilir. Burada k ve $1/n$ adsorbsiyon sabitlerini, Q_e dengede birim adsorbe edici başına adsorbe olan miktarı, C_e ise denge konsantrasyonunu temsil etmektedir.

Bu izoterme göre, denge anında sulu çözeltide kalan madde konsantrasyonu ile, solid fazdaki madde konsantrasyonu arasında bir orantı vardır. [41, 42, 44]

2.3.2 Langmuir İzotermi

1918 yılında Langmuir tarafından gerçekleştirilen teorik bir denge izotermidir. Adsorbsiyon yüzeyinde alıcı noktaların olduğunu ve her alıcı noktanın sadece bir molekül adsorblama yapabileceğini, dolayısıyla meydana gelen tabakanın bir molekül kalınlığında olacağını kabul eder. Yanısıra tüm adsorbsiyon alanları adsorbant moleküllerine karşı eşit çekim uygular ve adsorbe olan molekül bitişik alandaki molekül ile etkileşimde olmaz. Maksimum doyma noktasında yüzey tek tabaka ile kaplanmakta ve yüzeye adsorbe olmuş adsorbant miktarı sabit kalmaktadır. Bu izoterm homojen yüzeyli ve tam verimli adsorbsiyon işlemleri için uygulanmaktadır. Langmuir izotermi $C_e/Q_e = (K_L / Q^0) + (C_e / Q^0)$ denklemi ile ifade edilmektedir. Burada K_L ve Q^0 denge sabitlerini temsil etmektedir. [40, 42, 43]

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 KİMYASAL MADDELER

Denemelerde üniversitemizin kimya bölümü fizikokimya anabilim dalı tarafından üretilen jeller kullanılmıştır. Kullanılan hidrojinin yapısı için çekilen FTIR spektrumu şekil 3.1’de sunulmuştur. Ayrıca karboksilli asit olarak merk ürününü laktik asit, asetik asit, tartarik asit ve sitrik asit kullanılmıştır. Deneme esnasında asitlerin konsantrasyon tayini için Carlo Erba firmasının analizler için üretilmiş Sodyum Hidroksit’i (NaOH) kullanılmıştır.

3.2 YÖNTEM

Bu çalışmada karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması farklı parametrelerle incelenmiştir. Tüm denemelerde aynı şartlarda hazırlanmış jeller kullanılarak farklı durumlar için jelin aktivitesi belirlenmiştir.

Kullanılan hidrojinin tüm denemeler için öncelikle saf su içersinde 2 gün bekletilerek maksimum şişme oranına ulaşması sağlanmıştır. Saf su içersinden süzülerek alınan jel yüzeyinde ki su kurutularak kullanılmıştır. Böylece denemede kullanılan asidin jel dışında bir nedenle konsantrasyonunda azalma olması engellenmiştir.

Denemelerde asitlerin hem başlangıç konsantrasyonları hem de jel ile muamele edildikten sonraki konsantrasyonu volumetrik yöntemle tayin edilmiştir. Yapılan işlemin doğruluğunu test edebilmek için önce iki kör numune titrasyon yapılarak elde edilen 3 değer in ortalaması alınmıştır. Tüm değerler % 2 sapmanın altında olacak şekilde saptanmıştır.

Jelin asit uzaklaştırma işlemindeki aktivitesini belirleyebilmek için dört farklı karboksilli asit kullanılmıştır. Bu dört farklı asit için jelin davranışı farklı parametreler değiştirilerek deneysel olarak tespit edilmiştir.

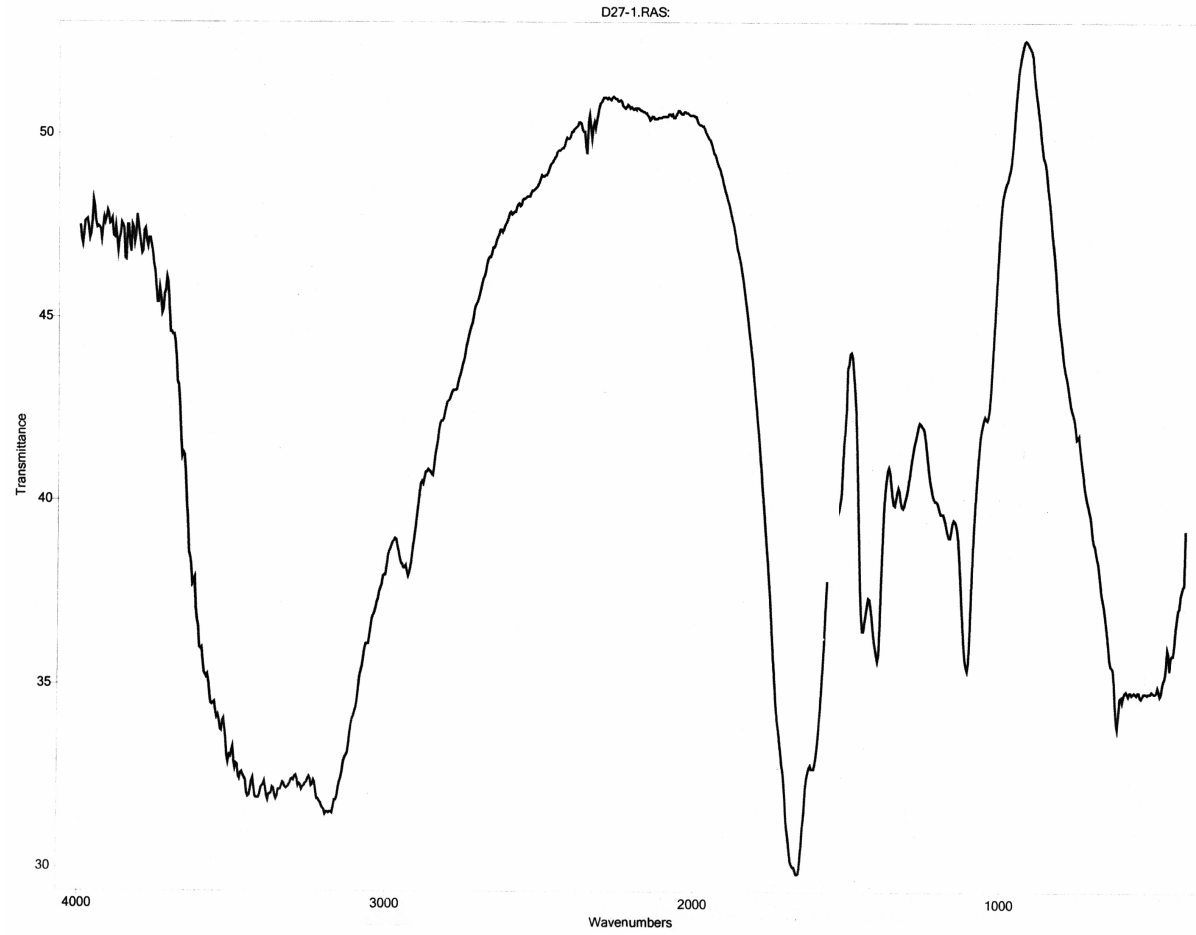
Her bir karboksilli asit için eşit konsantrasyon ve hacimlerde asit numuneleri hazırlanmış ve bu asitlerin üzerine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Böylelikle elde edilen sonuçlar kullanılarak asit-jel oranı ile işlem sonunda ki asidin denge konsantrasyonu arasında tablo ve grafik oluşturulmuş, böylece kullanılması gereken optimum jel miktarında tespit edilmiştir.

Öncelikle her asidin farklı konsantrasyonlardaki çözeltileri hazırlanmıştır. Bu çözeltilerden eşit numuneler alınıp jel-asit oranı denemesinden elde edilen optimum jel oranı kadar jel her aside ilave edilerek işlem yapılmıştır. Bu sayede farklı konsantrasyondaki asitler için uzaklaştırılma verimi ve jelin aktivitesi tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo olarak verilmiş ve başlangıç asit konsantrasyonu ile asidin denge konsantrasyonu arasında grafik oluşturulmuştur. Dört asit için ayrı ayrı çizilen grafikler tek grafikte gösterilerek sonuçların karşılaştırılması sağlanmıştır.

Belirli bir asit konsantrasyonunda, sabit bir asit jel oranı için farklı sıcaklıklarda işlem yapılmış böylelikle sıcaklığın jelin asit uzaklaştırmasındaki etkisi incelenmiştir. Yapılan denemelerde sıcaklığın sonuca etkili olmadığı görülmüş ve her asit için tekrarlanmamıştır.

Denemede asit konsantrasyonu kısa zaman aralıkları ile ölçülerek jelin asidi uzaklaştırma hızı hakkında bir değerlendirme imkanı sağlanmıştır. Ancak diğer parametreler ile ilgili denemelerde zaman olarak 24 saat kullanılmış böylece asitler birbiri ile aynı şartlarda ve denge konsantrasyonlarında karşılaştırılmıştır.

Yapılan denemelerde elde edilen sonuçların Langmuir ve Freundlich izotermlerine uygulanması yapılmıştır.



3383,3195 (N-H,amid), 2937 (C-H), 1659 (C=O, amid), 1454,14 (C-N)
3437,3199 (N-H,amid), 2933 (C-H), 1666 (C=O,amid), 1454,14 (C-N)

Şekil 3.1 Hidrojelin FTIR spektrumu

4. BULGULAR

4.1 FARKLI KONSANTRASYON DENEMELERİ

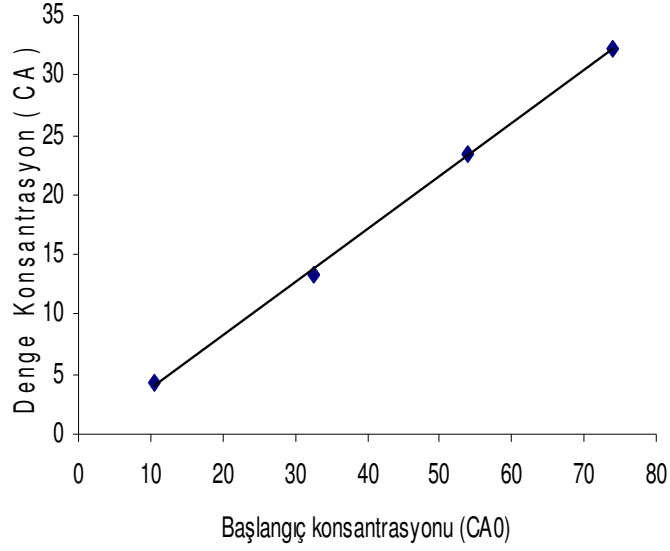
Bu denemelerde farklı konsantrasyonda asit çözeltileri hazırlandıktan sonra sabit asit jel oranı ile çalışılarak elde edilen bulgular grafik üzerinde gösterilmiştir. Böylece jelin hangi asit konsantrasyonunda ne kadar işlevsel olduğu incelenmiştir.

4.1.1 Asetik Asit

Dört farklı asetik asit çözeltisi için aynı jel oranında elde edilen denge konsantrasyonları tablo ve şekil 4.1 de verilmiştir.

Tablo 4.1 Farklı konsantrasyonlarda asetik asit için denge konsantrasyonları

Başlangıç Konsantrasyonu (C_{A0})	Denge Konsantrasyonu (C_A)
74,10	32,28
53,80	23,36
32,70	13,25
10,60	4,36



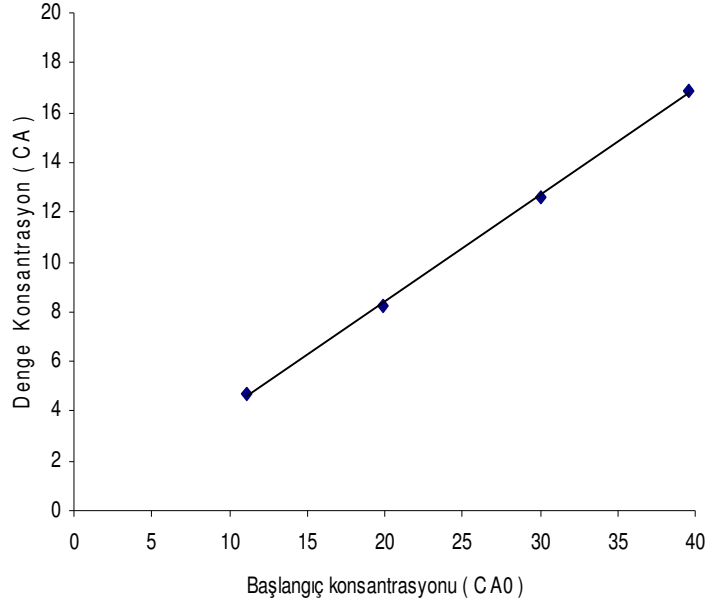
Şekil 4.1 Farklı asetik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.1.2 Sitrik Asit

Dört farklı sitrik asit çözeltisi için aynı jel oranında elde edilen denge konsantrasyonları tablo ve şekil 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2 Farklı konsantrasyonlarda sitrik asit için denge konsantrasyonları

Başlangıç Konsantrasyonu (C _{A0})	Denge Konsantrasyonu (C _A)
39,6	16,90
30,1	12,56
19,85	8,22
11,12	4,70



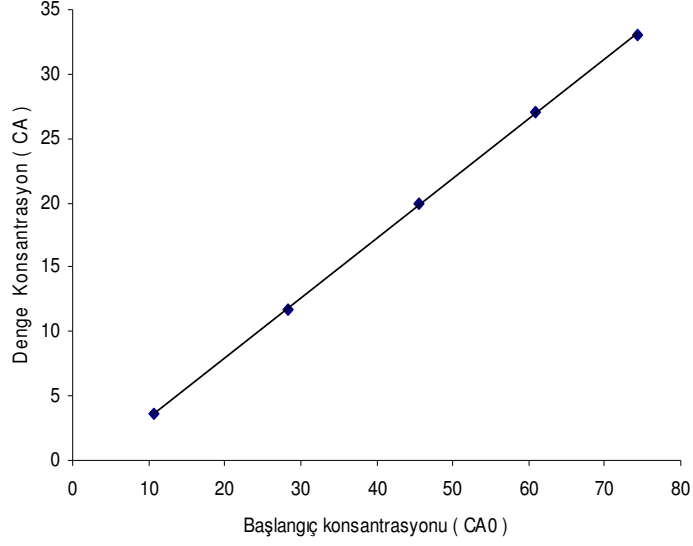
Şekil 4.2 Farklı sitrik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.1.3 Laktik Asit

Dört farklı laktik asit çözeltisi için aynı jel oranında elde edilen denge konsantrasyonları tablo ve şekil 4.3 de verilmiştir

Tablo 4.3 Farklı konsantrasyonlarda laktik asit için denge konsantrasyonları

Başlangıç Konsantrasyonu (C_{A0})	Denge Konsantrasyonu (C_A)
60,79	27,05
45,49	20,00
28,35	11,64
10,8	3,66



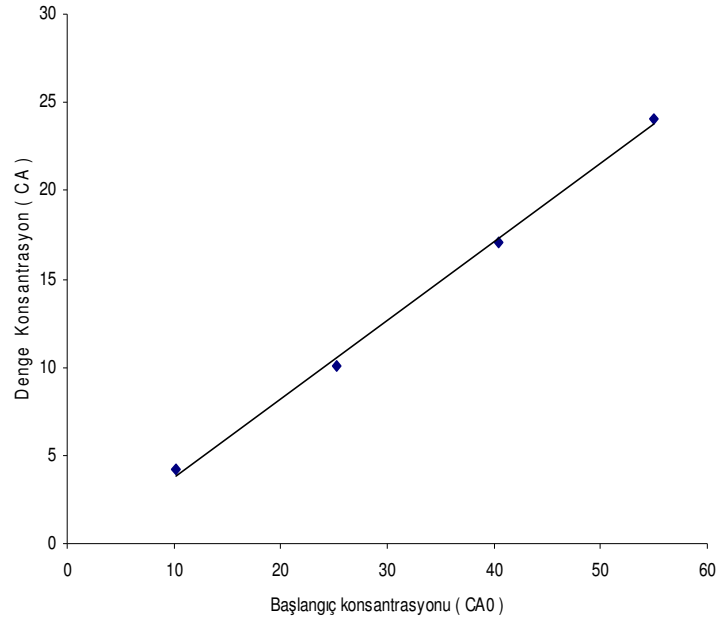
Şekil 4.3 Farklı laktik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.1.4 Tartarik Asit

Dört farklı tartarik asit çözeltisi için aynı jel oranında elde edilen denge konsantrasyonları tablo ve şekil 4.4 de verilmiştir

Tablo 4.4 Farklı konsantrasyonlarda tartarik asit için denge konsantrasyonları

Başlangıç Konsantrasyonu (C _{A0})	Denge Konsantrasyonu (C _A)
55,04	24,10
40,45	17,09
25,3	10,09
10,12	4,20



Şekil 4.4 Farklı tartarik asit başlangıç konsantrasyonları ile denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.2 FARKLI ASİT-JEL ORANI DENEMELERİ

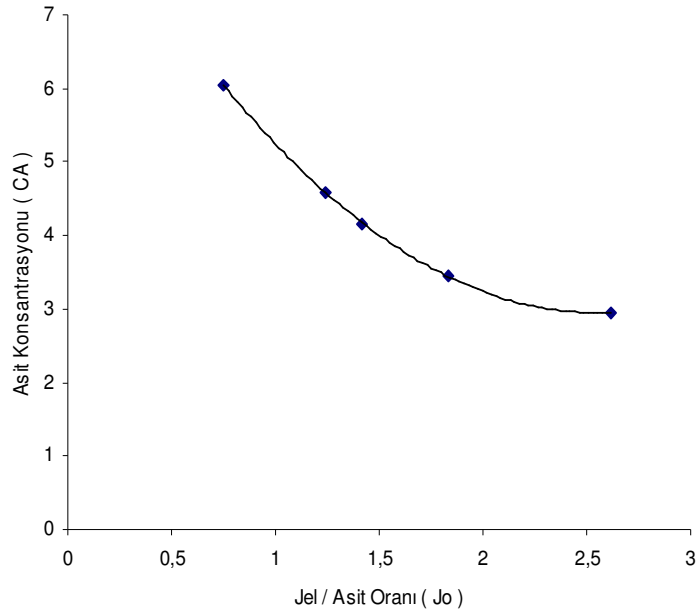
Bu denemelerde belirli bir konsantrasyondaki asit çözeltisine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Böylece farklı asit-jel oranlarında asit uzaklaştırma işleminin verimliliği tespit edilmiştir. Her asit jel oranı için elde edilen asit denge konsantrasyonları tablo halinde verilmiştir. Ayrıca asit jel oranı ile denge konsantrasyonu arasında grafik olarak sunulmuştur.

4.2.1 Asetik asit

Denemede % 10.6'lık laktik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Sabit miktarda asit üzerine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Hazırlanan asit-jel oranları ve çözeltideki denge konsantrasyonları tablo 4.5 de verilmiştir. Aralarındaki grafik çizilerek şekil 4.5 de sunulmuştur.

Tablo 4.5 Farklı jel oranı ile elde edilen asetik asit denge konsantrasyonları

Jel Asit Oranı (Jo)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
0,75	6,05
1,24	4,59
1,42	4,15
1,836	3,45
2,62	2,95



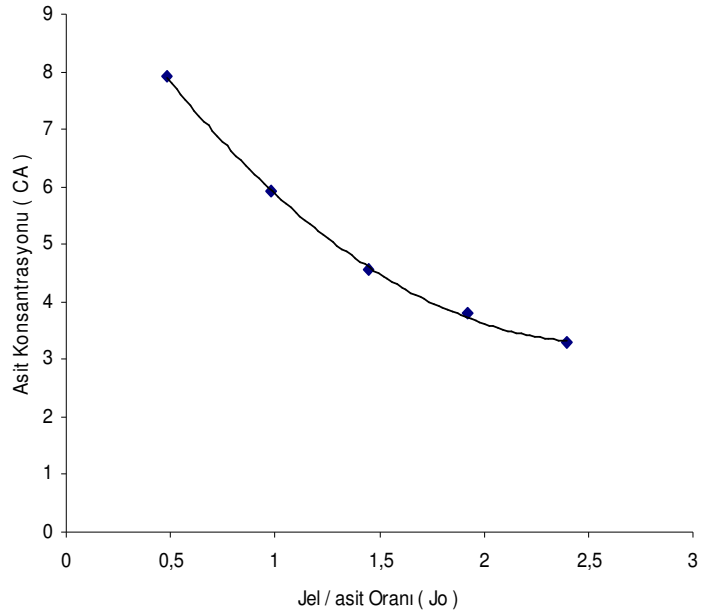
Şekil 4.5 Farklı asit-jel oranı verileri ile asetik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.2.2 Sitrik asit

Denemede % 11.12'lik sitrik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Sabit miktarda asit üzerine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Hazırlanan asit jel oranları ve çözeltideki denge konsantrasyonları tablo 4.6 de verilmiştir. Aralarındaki grafik çizilerek şekil 4.6 de sunulmuştur.

Tablo 4.6 Farklı jel oranı ile elde edilen sitrik asit denge konsantrasyonları

Jel Asit Oranı (Jo)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
0,4828	7,91
0,9833	5,91
1,4464	4,55
1,9241	3,81
2,399	3,28



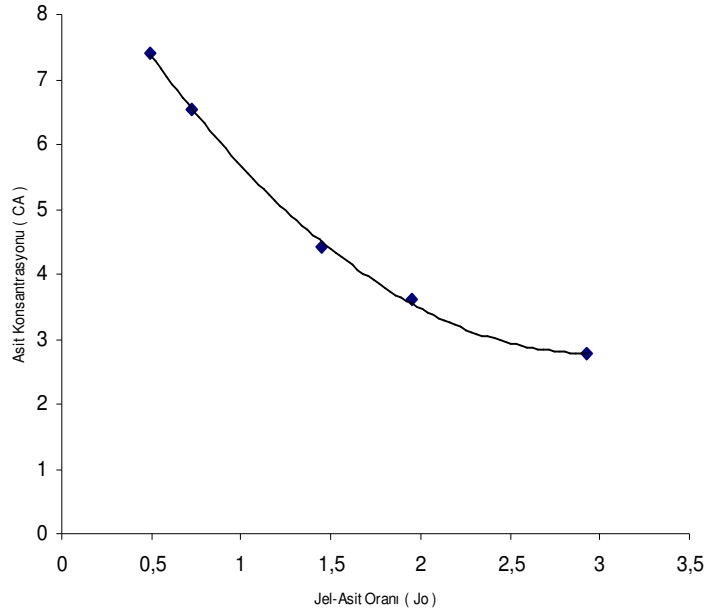
Şekil 4.6 Farklı asit-jel oranı verileri ile sitrik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.2.3 Laktik asit

Denemede % 10.8'lik laktik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Sabit miktarda asit üzerine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Hazırlanan asit jel oranları ve çözeltideki denge konsantrasyonları tablo 4.7 de verilmiştir. Aralarındaki grafik çizilerek şekil 4.7 de sunulmuştur.

Tablo 4.7 Farklı jel oranı ile elde edilen laktik asit denge konsantrasyonları

Jel Asit Oranı (Jo)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
0,488	7,39
0,727	6,53
1,4464	4,43
1,9479	3,61
2,9274	2,76



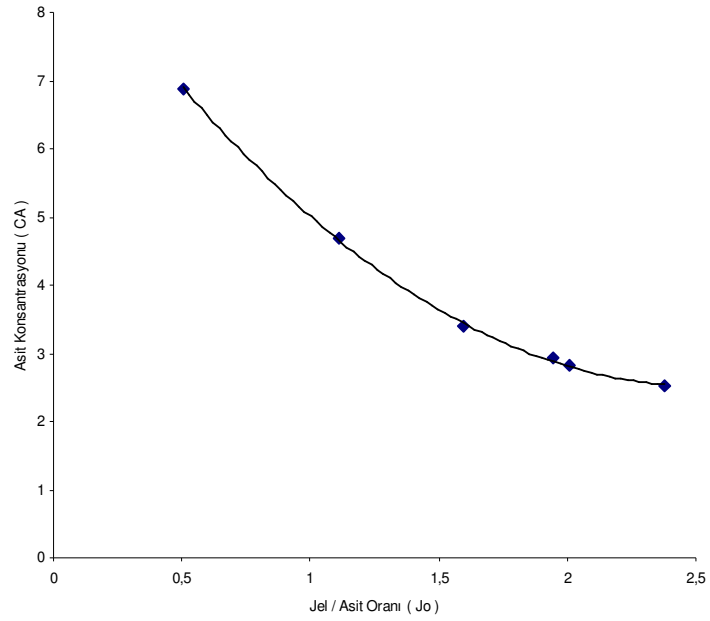
Şekil 4.7 Farklı asit-jel oranı verileri ile laktik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

4.2.3 Tartarik asit

Denemede % 10.12'lik tartarik asit çözeltisi hazırlanmıştır. Sabit miktarda asit üzerine farklı miktarlarda jel ilave edilmiştir. Hazırlanan asit jel oranları ve çözeltideki denge konsantrasyonları tablo 4.8 de verilmiştir. Aralarındaki grafik çizilerek şekil 4.8 de sunulmuştur.

Tablo 4.8 Farklı jel oranı ile elde edilen tartarik asit denge konsantrasyonları

Jel Asit Oranı (Jo)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
0,503	68,08
1,1095	49,25
1,5924	36,85
1,942	31,30
2,008	30,83
2,376	29,16



Şekil 4.8 Farklı asit-jel oranı verileri ile tartarik asit denge konsantrasyonları arasındaki ilişki

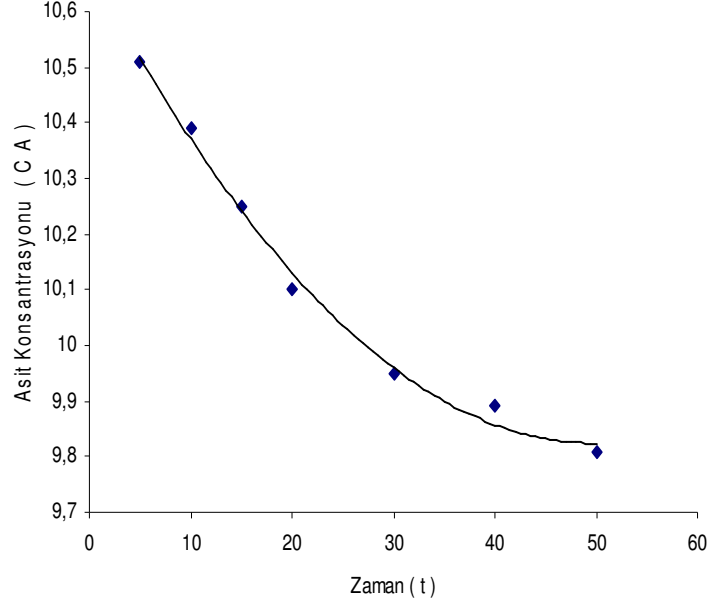
4.3 ZAMAN-ASİT KONSANTRASYONU DENEMELERİ

Süre denemelerinde asit ile muamele ettiğimiz jelin işlemleri tamamlamasını beklemeden yani içerisinde jel olan çözeltimizin konsantrasyonu bir denge değerine ulaşmadan 5 dakika ve 10 dakika aralıklarla numune alınmış titrasyon metodu ile zamanla çözeltinin konsantrasyonunda ki değişim incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo 4.9 de sunulmuş ve zaman ile asit konsantrasyonu arasındaki değişime ait grafik şekil 4.9 de gösterilmiştir.

Jelin asit konsantrasyonunu hızla denge konsantrasyonuna yaklaştırmasına rağmen nihai sonuçlar üzerinden değerlendirme yapabilmek için diğer çalışmalarda çözeltinin tam denge konsantrasyonuna gelmesi beklenmiştir.

Tablo 4.9 Zaman ile asit konsantrasyonunda ki değişim verileri

Zaman (t)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
5	10,51
10	10,39
15	10,25
20	10,10
30	9,95
40	9,89
50	9,81



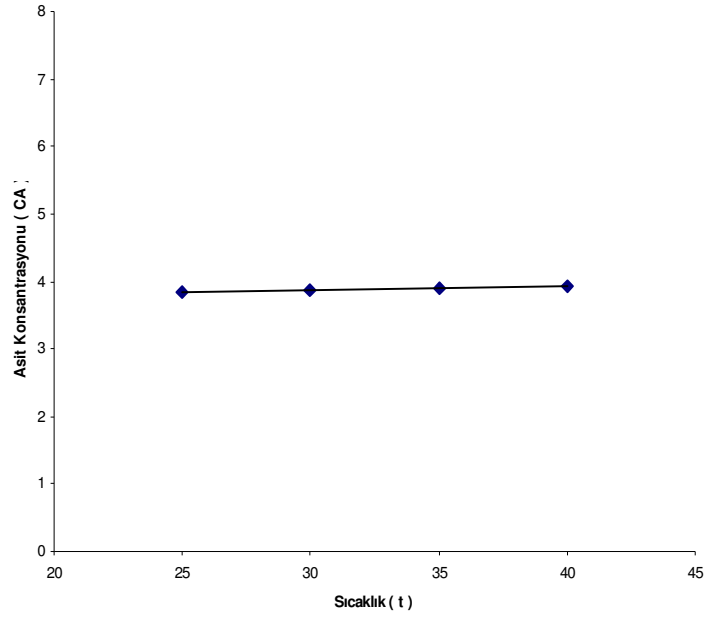
Şekil 4.9 Zaman ile asit konsantrasyonunda ki değişim grafiği

4.4 SICAKLIK ETKİSİ DENEMELERİ

Kullandığımız jelin asit uzaklaştırmasında sıcaklığın etkisi incelemek üzere farklı sıcaklıklarda aynı konsantrasyon ve asit çalışılmıştır. Sıcaklıkla bir değişim gözlenmediği görülmüştür. Denemede asetik asit kullanılmış % 10.8 lik asit çözeltisinde 1 gram asit başına 1.5 gram jel ilave edilmiştir.

Tablo 4.10 Farklı sıcaklıklarda elde edilen konsantrasyon verileri

Sıcaklık (°C)	Asit Konsantrasyonu (C _A)
25	3.85
30	3.88
35	3.90
40	3.92



Şekil 4.10 Çalışma sıcaklığı – konsantrasyon grafiği

4.5 KARIŞTIRMA ETKİSİ DENEMELERİ

Bu denemede oda sıcaklığındaki asit çözeltisinden iki 10 g'lık ve % 10.8'lik laktik asit numuneleri üzerine 10'ar g jel ilave edilmiştir. Bu asitlerden birisi beklemeye bırakılırken diğeri bir çalkayıcı yardımı ile karıştırma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sırasında belirli aralıklarla numune alınmış ve titrasyon ile çözeltilerdeki

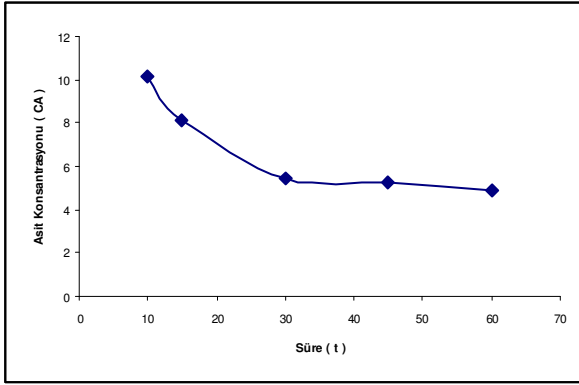
konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Elde edilen verilerden karıştırmanın sonucu etkilemediği gözlenmiştir.

Tablo 4.11 Karıştırılan ve durgun halde elde edilen konsantrasyon verileri

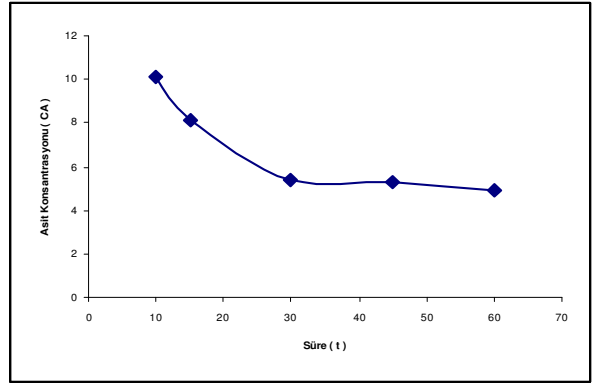
Zaman (t)	(C _{A1})	(C _{A2})
10 dk	10,15	10,13
15 dk	8,15	8,16
30 dk	5,40	5,39
45 dk	5,30	5,29
60 dk	4,90	4,91

* C_{A1}: Karıştırılan numune konsantrasyonu

* C_{A2}: Durgun numune konsantrasyonu



Karıştırılan numune



Durgun numune

Şekil 4.11 Karıştırılan ve durgun halde elde edilen konsantrasyon grafikleri

4.6 DENGE İZOTERMLERİ

Çalışmada elde edilen sonuçlar deneysel veriler üzerinden sonuç veren bir bağıntı türeten iki izoterme uygulanmıştır. Deneysel değerlerimiz bunlardan Langmuir izotermine uyum sağlamadığını gösterirken Freundlich izotermi ile uygun sonuçlar vermektedir.

4.6.1 Langmuir İzoterminin

Dört asit içinde Langmuir izoterminin için gerekli parametreler olan C_e : denge konsantrasyonu (mol / dm³) ve Q_e : Denge de birim adsorbe edici başına adsorbe olan madde miktarı (mol / g) değerleri hesaplanmıştır. Langmuir izoterminin prensibince C_e / Q_e ile C_e arasında çizilen grafik ile anlaşılmıştır ki yapılan deneysel çalışmalarımızın sonuçları Langmuir izoterminin ile uyum sağlamamaktadır. Hesaplanan bu değerlerle çizilen Langmuir izoterminin grafiklerin R^2 değerleri tablo 4.12 de verilmiştir.

Tablo 4.12 Langmuir izoterminin grafiği R^2 değerleri

Asit İsmi	Langmuir izoterminin R^2 değerleri
Sitrik asit	0,0915
Asetik asit	0,2360
Laktik asit	0,8027
Tartarik asit	0,2098

Grafiklerden elde edilen R^2 değerleri 0.85' ten küçük değerler olduğundan bizim çalışmamızda yaptığımız işlem için Langmuir izoterminin uyumlu değildir diyebiliriz bu nedenle diğer bir denge izoterminin olan Freundlich izoterminin verilerimizle uyguladık.

4.6.2 Freundlich İzoterminin

Yaptığımız denemeler için ikinci olarak Freundlich izoterminin için gerekli olan C_e : denge konsantrasyonu (mol / dm³) ve Q_e : Denge de birim adsorbe edici başına adsorbe olan miktarı değerleri (mol / g) verilerini hesaplayarak çalışmamızın bu izoterminin

uyumluluğunu kontrol edildi. Yapılan hesaplamalardan Freundlich izoterminin temel prensibi gereğince C_e değerleri ile Q_e değerleri arasında çizilen grafikten, hidrojel kullanarak yaptığımız sorbsiyon işlemimizin verilerinin Freundlich izoterminine uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Elde edilen değerler, Freundlich izoterminine ait grafikler Şekil 4.12’de ve grafiklerin R^2 değerleri Tablo 4.18’de sunulmuştur.

Asetik Asit

Tablo 4.13 Asetik asit Freundlich izoterminin verileri

$\ln C_e$	$\ln Q_e$
1,69	0,20
1,40	-0,12
0,84	-0,54
-0,26	-1,74

Sitrik Asit

Tablo 4.14 Sitrik asit Freundlich izoterminin verileri

$\ln C_e$	$\ln Q_e$
0,02	-1,17
-0,28	-1,46
-0,71	-1,86
-1,27	-2,46

Laktik Asit

Tablo 4.15 Laktik asit Freundlich izotermi verileri

ln C_e	ln Q_e
1,37	-0,19
1,18	-0,39
0,87	-0,67
0,33	-1,10
-0,82	-1,96

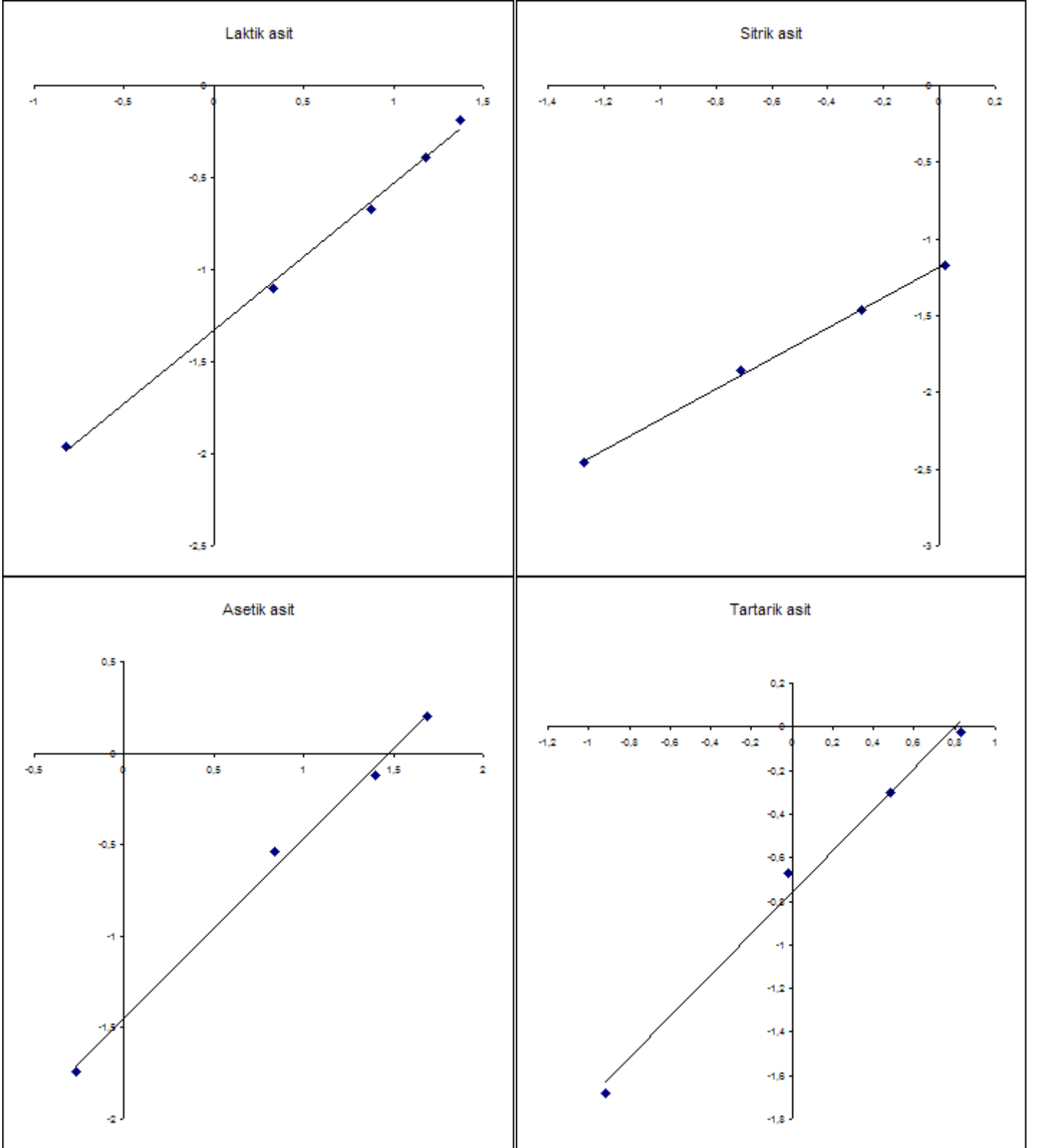
Tartarik Asit

Tablo 4.16 Tartarik asit Freundlich izotermi verileri

ln C_e	ln Q_e
0,83	-0,02
0,48	-0,30
-0,02	-0,67
-0,92	-1,68

Tablo 4.17 Freundlich izotermi sabitleri

	Asetik asit	Sitrik asit	Laktik asit	Tartarik asit
K	0,98	0,99	0,79	0,76
1 / n	- 1,44	- 1,17	- 1,32	- 0,66



Şekil 4.12 Freundlich izotermi grafikleri

Başlangıç ve denge konsantrasyonları ile yapılan hesaplamalardan Freundlich izotermi çizilmiştir. Grafiklerin R^2 değerleri hesaplanmış ve denemelerimiz sonucunda elde ettiğimiz verilerin Freundlich izotermi ile uyum gösterdiği görülmüştür. Grafiklerin R^2 değerleri tablo halinde sunulmuştur.

Tablo 4.18 Freundlich izotermi grafiklerinin R^2 değerleri

Asit	Freundlich izotermi R^2 değerleri
Sitrik asit	0,9989
Asetik asit	0,9952
Laktik asit	0,9972
Tartarik asit	0,9895

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

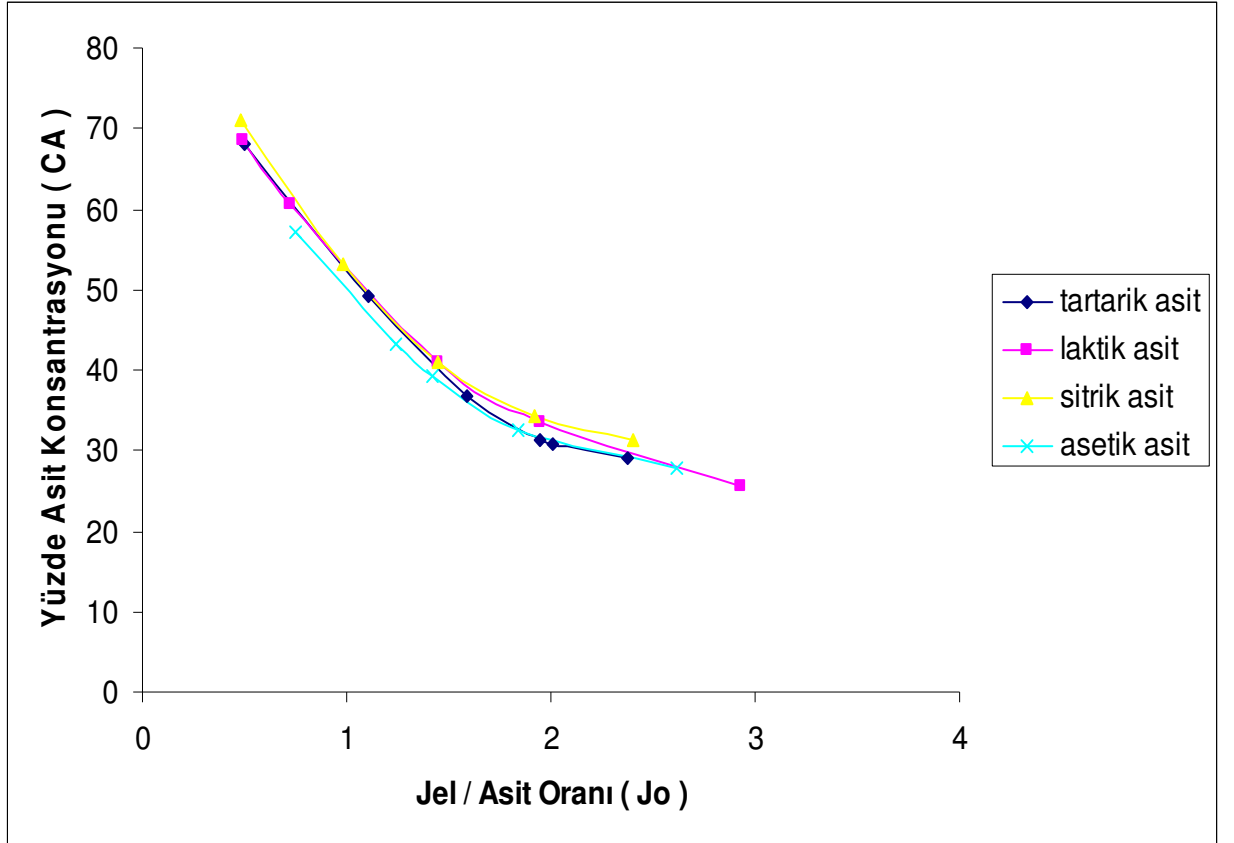
Bu çalışmada asetik asit, laktik asit, sitrik asit ve tartarik asidin hidrojel kullanılarak sulu çözeltilerinden uzaklaştırılması farklı parametreler değiştirilerek incelendi. Kullandığımız jelin FTIR analizi yapılarak yapısı hakkında bilgi verildi. Jelimizin yapısında bazik özellikteki bir grup olan amid gruplarının varlığı şekil 3.1’de sunulan FTIR spektrumunda gösterildi.

Jelin farklı sıcaklıklarda davranışlarını incelemek üzere çalışmalar yapıldı. Elde edilen sonuçlarda, aynı miktar jel ile muamele görmüş, farklı sıcaklıklardaki sulu çözeltilerde birbirine çok yakın denge konsantrasyonlarının elde edildiği görüldü. Jelimizin sıcaklığa duyarlı olmadığı tespit edildi. Elde edilen sonuçlar şekil 4.10 ve Tablo 4.10’da sunuldu. Daha sonra eşit şartlardaki iki asit çözeltisinin biri durgun diğeri karıştırılarak jel ile işleme tabi tutuldu, aynı sonuçlar bu parametre için de elde edildi. Jelimizin asit uzaklaştırmasında karıştırmanın bir etkisinin olmadığı tespit edildi. Sonuçlar şekil 4.11 ve tablo 4.11’de sunuldu.

Denemelerde jelin asit uzaklaştırmadaki hızını tespit etmek üzere asit çözeltisinin denge değerine ulaşması beklemeden kısa zaman aralıkları ile ölçüm alınarak, bu zaman aralıklarındaki konsantrasyonlar tespit edildi. Elde edilen değerlerde kullandığımız hidrojin karboksilli asitleri 50 dakikalık bir süre içerisinde ulaşacağı denge konsantrasyonuna çok yakın değerler elde edildi. Sonuçlar şekil 4.9’da ve tablo 4.9’da sunuldu.

Diğer denemelerimizde eşit şartlar altında çalışmak için hazırladığımız tüm asit çözeltilerimize jel ilave ettikten sonra 1 gün boyunca beklenildi. Böylece asit çözeltilerinin işlem sonrası denge değerlerinde konsantrasyon tespiti yapıldı. Ayrıca diğer tüm denemelerde durgun halde ve eşit sıcaklıklarda çalışıldı.

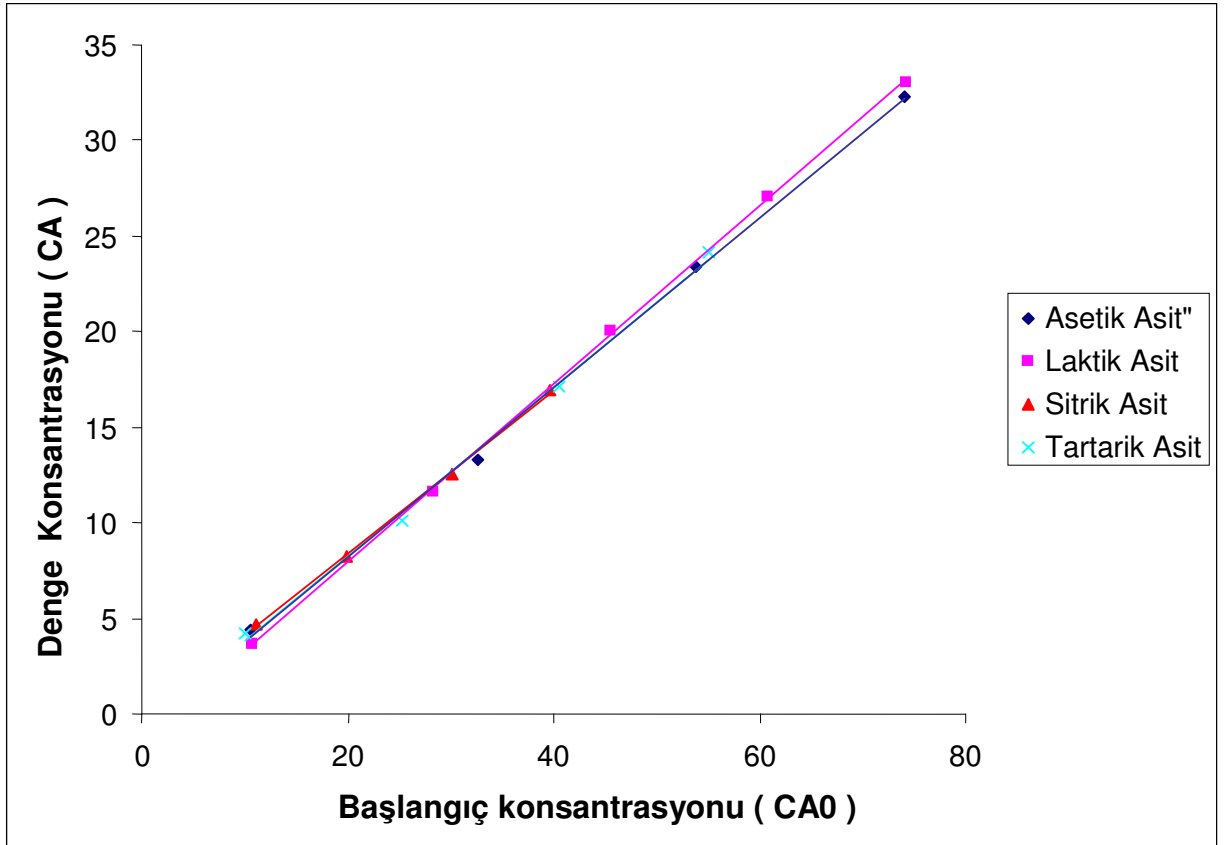
Gram asit başına farklı miktarlarda jel ilave edilerek, farklı oranlarda jel ile çalışıldığında elde edilen denge konsantrasyonları incelendi. Dört karboksilli asit içinde yakın değerler elde edildiği gözlemlendi. Bu sonuçları daha rahat karşılaştırabilmek için denge konsantrasyonlarının başlangıç asit konsantrasyonlarına göre yüzdeleri alınarak tek bir grafikte toplandı.



Şekil 4.13 Tüm asitler için jel/asit oranı - yüzde asit konsantrasyonu grafiği

Elde edilen sonuçlarda ve ortak grafik üzerinde yapılan değerlendirmelerde, 1 gram asit başına 1,5-2 gram jel kullanıldığında optimum bir değer elde edildiği tespit edildi.

Çalışmada son olarak farklı başlangıç konsantrasyonlarında asit çözeltileri hazırlandı. Bu çözeltilere eşit koşullar altında aynı miktarlarda jel ilave edildi. Elde edilen sonuçlarda her asit için tüm başlangıç konsantrasyonlarında birbirine yakın yüzdelerde asit uzaklaştırıldığı görülmüştür. Bu sonuçlar tek grafikte toplanarak daha iyi görülebilmektedir.



Şekil 4.14 Tüm asitler için farklı başlangıç konsantrasyonu ile denge konsantrasyonları arasındaki grafik

Bu sonuçlar ile Langmuir ve Freundlich izotermine uygulanmış, jelimizin asit uzaklaştırma denemelerinde elde edilen değerlerin Freundlich izotermine uyum gösterdiği tespit edilmiştir. Böylece çalışmamızı temsil eden Freundlich izoterm denklemleri ile her asit için bir model denklem elde edilmiştir. Bu denklemin katsayıları olan izoterm sabitleri tablo 4.17’de sunulmuştur.

KAYNAKLAR

1. OTHMER, K., (1947), “ Encyclopedia of chemical technology, Volume 1, 139-147
2. ŞENOL, A., (2006), “Liquid+Liquid equilibria for the system water+carboxylic acid+chloroform : Thermodynamic modeling, Fluid phase Equilibria, 243, 51-56.
3. WENNERSTEN,R., (1983), “ The extraction of citric acid from fermentation broth using a solution of tertiary amine”, J. Chem. Technology biotecnl. 33B, 65-94.
4. KERTES, A.S.; KING, C.J., (1986), “ Extraction Chemistry of fermentation product carboxylic acids”, Biotechnol. Bioengng. 28, 269-282.
5. TANAKA, T., (1992), “Phase Transitions of Gels”, 1-21, ”Polyelectrolyte Gels”, ACS Symposium series 480.
6. ORLOV, Y.; XU, X.; MAURER, G., (2005)“ Swelling of a N-isopropyl acrylamide hydrogel in two aqueous/organic two-phase systems”, Fluid phase equilibria, 235, 18-25
7. ZHAO, Y.; SU, H.; FANG, L.; TAN, T., (2005)“ Superabsorbent hydrogels from poly(aspartic acid) with salt-temperature- and pH-responsiveness properties” polymer 46, 5368-5376
8. DE ROSSÍ, D.; KAJIWARA, K.; OSADA, Y.; YAMAUCHI, A.; (1991), “Polymer Gels” Plenum Press, New York.
9. GLASS, J.E., (1989), “Advanced in chemistry series”, “Polymers in aqueous media”, Oxford University, ACS 15-18.

10. KAÇMAZ, A., (2005) “ Sıcaklığa ve pH'a duyarlı poli(N-t-Butilakrilamid) kopolimerlerinin hazırlanması ve karakterizasyonu”, Yüksek lisans tezi, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
11. PEPPAS, N.A., (1987), “Hydrogels in medicine and pharmacy”, CRC Press. Boca Raton, Florida.
12. BUCHHOLZ, F.L.; GRAHAMÜ, A.T., (1998), “Modern Superabsorbent”, Elsevier, Amsterdam.
13. PEPPAS, N.A., (1987), “Hydrogels in medicine and pharmacy”, CRC Press, Boca Raton, Florida.
14. KIATKAMJORNWONG, S.; PHUNCHAREON, P., (1999), “Influence of reaction Parameters on water absorbtion of neutralized poly(acrylic acid-co-acrylamide) synthesized by inverse suspension polymerization, Journal of applied polymer science, 72, 1349-1366
15. FREDRİC, P.N.; ANDREW, T.G., (1998), “Modern Superabsorbent polymer Technology”, Jhon Wiley & Sons Inc., Newyork, 0-471-19411-5
16. SANNINO, A.; ESPOSITE, A.; NICOLAIS, L.; DEL NOBILE, M.A.; GIOVANE, A.; BALESTRIERI, C.; ESPOSITE, R.; AGRESTI, M., (2000), “Cellulose-based hydrogels as body water retainers, Journal of materials science: materials in medicine, 11, 247-253
17. BAEK, S.; SRİNİVASA, A.R., (2004), “MODELLING OF THE Ph-Sensitive behaviour of an ionic gel in the presence of diffusion”, International journal of non-linear mechanics, 39, 1301-1318.
18. EMİK, S., (2003), “Uyariya duyarlı hidrojeller”, Yüksek lisans tezi, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.

19. BRANNON, L.; PEPPAS, N.A., (1990), “ Absorbent polymer technology”, Elsevier, Amsterdam, 0444-88654-0.
20. YOUNG, D.Y.; YOUNG, C.B., (1998), “Volume-phase transition of submicron-sized N-isopropylacrylamide/N-tert-butylacrylamide particles by photon correlation spectroscopy”, *Journal of Applied polymer science*, 67, 2087-2092.
21. PETROVIĆ, S.C.; ZHANG, W.; CIŠZKOWSKA, M., (2000), “preparation and characterization of thermoresponsive poly(N-isopropylacrylamide-co-acrylic acid)hydrogels”, studies with electroactive probes, *Anal. Chem.*, 72, 3449-3454.
22. KABRA, B.G.; GEHRKE, S.H.; SPONTAK, R.J., (1998), “microporous responsive HPC Gels 1. synthesis and microstructure”, *Micromolecules*, 31, 2166-2173.
23. ÖZTÜRK, V.; OKAY, O., (2002), “ Temperature sensitive poly(N-t-butylacrylamide-co-acrylamide) hydrogels”, *Synthesis and swelling behaviour, polymer*, 43, 5017-5026.
24. LIU, H.Y.; ZHU, X., (1999), “ Lower critical solution temperatures of N-substituted acrylamide copolymers in aqueous solutions, *polymer*, 40, 6985-6990.
25. BRIDSTED, H.; KOPECEK, J., (1992), “pH sensitive Gels”, “polyelectrolyte and swelling behaviour of the (N-isopropylacrylamide-co-sodium 2-acrylamido-2-methylpropyl sulfonate) copolymeric hydrogels”, *J. Appl. Polymer science*, 77, 1760-1768.
26. MAMADA, A.; TANAKA, T.; KUNGWATCHAKUN, D.; IRIE, M., (1990), “photoinduced phase transition of gels” *Macromolecules*, 23, 1517-1519.
27. TANAKA, T., (1992), “phase transitions of gels”, 1-21, “polyelectrolyte gels”, ACS Symposium series 480.

28. FESSENDER, R.J.; FESSENDER, J.S.; UYAR, T., (2001), “ Organik kimya 6. baskı”, güneş kitabevi, 599-617.
29. ÜLKÜ, S., (1980), “ Organik kimya / alifatik ve aromatik bileşikler “, itü mühendislik ve mimarlık fakültesi yayınları:135, 231-239.
30. OTHMER, K., (1979), “ Encyclopedia of chemical technology, Volume 1, 124-145
31. asetik MCKETTA, J.J., (1993), “Encyclopedia of Chem. processing and design”, vol 1, 216-237
32. OTHMER, K., (1979), “ Encyclopedia of chemical technology, Volume 6, 150-168
33. İNCİ, İ., (2000), “ Bazı hidroksi karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden ekstraksiyonlarının incelenmesi”, doktora tezi, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
34. MCKETTA, J.J., (1993), “Encyclopedia of Chem. processing and design”, vol 8, 324-326
35. İNCİ, İ.; HASDEMİR, İ.M.; BİLGİN, M.; AYDIN, A., (1998), “ Laktik asidin yüksek zincirli aminlerle ekstraksiyonunun incelenmesi “, III. Ulusal kimya mühendisliği kongresi, Erzurum.
36. PAMİR, M.H., (1985), “ Fermantasyon mikrobiyolojisi ”, ankara üniversitesi ziraat fakültesi yayınları, 308-309.
37. OTHMER, K., (1979), “ Encyclopedia of chemical technology, Volume 13, 80-88

38. MCKETTA, J.J., (1993), “Encyclopedia of Chem. processing and design”, vol28, 1-12
39. MCKETTA, J.J., (1993), “ Encyclopedia of chemical technology, Volume 13, 111-117
40. KİLİSLİOĞLU, A., (2000), “ Uranyum çözeltilisinin adsorbsiyon kinetiği”, doktora, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul üniversitesi.
41. GÖKÇE, C.E., (2005), “ Farklı kaynaklardan üretilen adsorbanlar üzerinde hümik asitlerin adsorbsiyonu ”, Yüksek lisans, Fen bilimleri enstitüsü, İstanbul Üniversitesi.
42. BERKEM, A.R.; BAYKUT, S.; BERKEM, M.L.; (1993), “ Fizikokimya “ , İstanbul üniversitesi, II. Cilt,
43. ALVAREZ-LORENZO, C.; GUNEY, O.; OYA, T.; SAKAI, Y.;ENOKİ, T.; ISHİBASHİ, Y.; TANAKA, K.; MASAMUNE, S.; TANAKA, T., (2000), “ Polymer Gels that elements of molecular conformation” , macromolecules, 33, 8693-8697.
44. REMERO-GONZALES, J.; PERALTE-VİDEA, J.R.; RODRÍGEZ, E.; RAMÍREZ, S.L.; GARDEA-TORRESDEY, J.L., (2005), “Determination of thermodynamic parameters of Cr(VI) adsorption from aqueous solution onto *Agave lechuguilla* biomass”, J.Chem. Thermodynamics, 37, 343-347.

ÖZGEÇMİŞ

16.08.1981 yılında İstanbul'da doğdum. Lise öğrenimimi Eyüp Otakçılar lisesi'nde tamamladıktan sonra 1999 yılında İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümünde eğitimime devam ettim. 2004 yılında mezun olduktan sonra Temel işlemler ve termodinamik anabilim dalında yüksek lisans eğitimime başladım. Peker A.Ş. de kimya mühendisi olarak göreve başladım. 2006 yılında yüksek lisans eğitimi aldığım temel işlemler ve termodinamik anabilim dalına araştırma görevlisi olarak atandım. Halen bu görevime devam etmekteyim.