



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FERMANTASYONLA ÜRETİLEN ORGANİK ASİTLERİN
AYIRMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMALI
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Şahika Sena BAYAZİT

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

**Danışman
Doç. Dr. İsmail İNCİ**

Haziran, 2008

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmalarım sırasında gösterdiği her türlü destek ve yardımdan dolayı, ayrıca bana mesleğimi sevdirdiği için çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. İsmail İNCİ'ye en içten dileklerle teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanışı sırasında bana her konuda yardımcı olan İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Umur DRAMUR'a teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans öğrenimim, tez çalışmalarım ve tez yazımı sırasında bana gösterdiği yardım, destek ve benimle paylaştığı dostluğu için arkadaşım Araş. Gör. Selin ŞAHİN'e en içten sevgilerimle teşekkür ederim. Ayrıca Temel İşlemler ve Termodinamik anabilim dalındaki diğer akademisyenlere de desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Haziran,2008

Şahika Sena BAYAZİT

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	x
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÖZET	xiv
SUMMARY.....	xvi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. FERMENTASYON	3
2.2. EKSTRAKSİYON	4
2.2.1. Katı - Sıvı Ekstraksiyonu	4
2.2.2. Sıvı - Sıvı Ekstraksiyonu	5
2.2.3. Reaktif Ekstraksiyon.....	6
2.2.4. Ekstraktan Seçimi	7
2.2.5. Çözücüler.....	8
2.2.6. Çözücü Seçimi.....	8
2.2.7. Maddelerin Sınıflandırılması ve Polarite	10
2.2.8. Fazlar Kuralı.....	12
2.2.9. Dağılma Katsayısı	13
2.2.10. Yükleme Değeri Kavramı	14
2.3. ADSORPSİYON	14
2.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon	15
2.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon	15
2.3.3. Adsorpsiyon ile Ayırmada Adsorban Seçimi	15

2.3.4. Adsorpsiyon İzotermi	16
2.3.4.1. Freundlich İzotermi	16
2.3.4.2. Langmuir İzotermi	16
2.4. İYON DEĞİŞİMİ	17
2.4.1. İyon Değiştirici Reçineler	18
3.MALZEME VE YÖNTEM	19
3.1. SİTRİK ASİT	19
3.1.1. Sitrik Asidin Özellikleri	20
3.1.1.1. Sitrik Asidin Fiziksel Özellikleri	20
3.1.1.2. Sitrik Asidin Kimyasal Özellikleri	22
3.1.2. Sitrik Asidin Bulunduğu Bitkiler	22
3.1.3. Sitrik Asit Üretim Yöntemleri	23
3.1.4. Sitrik Asit Kullanım Alanları	24
3.2. LAKTİK ASİT	30
3.2.1. Laktik Asidin Fiziksel Özellikleri	33
3.2.2. Laktik Asidin İzomerleri	33
3.2.3. Laktik Asit Üretim Yöntemleri	35
3.2.2.1. Laktik Asidin Üretim Aşamaları	36
3.2.3. Laktik Asidin Kullanım ve Uygulama Alanları	37
3.3. EKSTRAKTAN OLARAK KULLANILAN AMİNLER	39
3.3.1. Amberlite LA-2	40
3.3.1.1. Amberlite LA-2 nin Fiziksel Özellikleri	41
3.3.2. Tridodesilamin (TDA)	41
3.3.2.1. Tridodesilamin' in Fiziksel Özellikleri	42
3.4. SEYRELTİCİ OLARAK KULLANILAN ÇÖZÜCÜLER	42
3.5.ADSORPSİYONDA KULLANILAN İYON DEĞİŞTİRİCİ VE ADSORBANLAR	45
3.5.1. AMBERLİTE IRA-67	45
3.5.2. Aktif Karbon	45
3.6. DENEYSEL YÖNTEM	46
3.6.1. Sıvı-sıvı Ekstraksiyonu	46
3.6.2. Adsorpsiyon	47

3.6.3. İyon Değişimi	47
3.7. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	48
4. BULGULAR	50
4.1. LAKTİK ASİT DENEMELERİ.....	50
4.1.1. Laktik Asidin Tridodesilaminle Ekstraksiyonu	50
4.1.1.1. <i>Tridodesilamin–Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları.....</i>	<i>50</i>
4.1.1.2. <i>Laktik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanol – Toluen, 1-Oktanol-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu</i>	<i>55</i>
4.1.1.3. <i>Laktik Asidin Farklı Çözücülerle Elde Edilen Dağılma Katsayıları Sonuçları</i>	<i>56</i>
4.1.1.4. <i>Laktik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi.....</i>	<i>58</i>
4.1.2. Laktik Asidin Amberlite LA-2 ile Ekstraksiyonu	59
4.1.2.1. <i>Laktik Asidin, Amberlite LA-2 – Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları.....</i>	<i>59</i>
4.1.2.2. <i>Laktik Asidin Çözücü Karışımları (MİBK – Toluen , MİBK – 1-Oktanol, Toluen – 1-Oktanol) ile Ekstraksiyonu.....</i>	<i>63</i>
4.1.2.3. <i>Laktik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi.....</i>	<i>64</i>
4.2. SİTRİK ASİT DENEMELERİ.....	66
4.2.1. Sitrik Asidin Tridodesilamin ile Ekstraksiyonu	66
4.2.1.1. <i>Tridodesilamin–Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları.....</i>	<i>66</i>
4.2.1.2. <i>Sitrik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanol – Toluen, 1-Oktanol-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu</i>	<i>70</i>
4.2.1.3. <i>Sitrik Asidin Farklı Çözücülerle Elde Edilen Dağılma Katsayıları Sonuçları</i>	<i>71</i>
4.2.1.4. <i>Sitrik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi</i>	<i>73</i>
4.2.2. Sitrik Asidin Amberlite LA-2 ile Ekstraksiyonu	74

4.2.2.1. Sitrik Asidin, Amberlite LA-2 – Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları.....	74
4.2.2.2. Sitrik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanol – Toluen, 1-Oktanol-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu	78
4.2.2.3. Sitrik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi	79
4.3. ADSORPSİYON DENEMELERİ.....	80
4.3.1. Laktik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu	81
4.3.1.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi.....	81
4.3.1.2. Farklı Aktif Karbon Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi	82
4.3.1.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi	83
4.3.2. Sitrik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu	84
4.3.2.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi.....	84
4.3.2.2. Farklı Aktif Karbon Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi	86
4.3.2.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi	87
4.4. İYON DEĞİŞİMİ DENEMELERİ	89
4.4.1. Laktik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu.....	89
4.4.1.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi.....	89
4.4.1.2. Farklı Amberlite IRA-67 Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi..	91
4.4.1.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi	93
4.4.2. Sitrik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu	94
4.4.2.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi.....	94
4.4.2.2. Farklı Amberlite IRA-67 Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi..	96
4.4.2.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi	98
4.5. ADSORPSİYON İZOTERMLERİ	99
4.5.1. Amberlite IRA-67 ile Yapılan Adsorpsiyon İzotermleri.....	99
4.5.1.1. Laktik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu.....	99
4.5.1.2. Sitrik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu	102
4.5.2. Aktif Karbon ile Yapılan Adsorpsiyon İzotermleri	104
4.5.2.1. Laktik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu	104
4.5.2.2. Sitrik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu	107
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	110

KAYNAKLAR.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	118

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: A ve B elementlerinin elektronegativitelerine göre elektron yoğunlukları.....	12
Şekil 3.1	: Sitrik asit yapısal formülü	19
Şekil 3.2	: Sitrik asit üç boyutlu molekül formülü.....	19
Şekil 3.3	: Laktik asidin yapısal formülü.....	31
Şekil 3.4	: Laktik asidin 3 boyutlu molekül formülü.....	31
Şekil 3.5	: Laktik asidin optik izomerleri.....	34
Şekil 3.6	: TDA nın yapısal formülü.....	41
Şekil 3.7	: Aminleri seyreltmek amacıyla çalışmada kullanılan çözücülerin molekül formülleri.....	44
Şekil 4.1	: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının TDA derişimi ile değişimi.....	53
Şekil 4.2	: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerlerinin TDA derişimi ile değişimi.....	54
Şekil 4.3	: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi..	55
Şekil 4.4	: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi..	56
Şekil 4.5	: Laktik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları.....	57
Şekil 4.6	: Laktik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi.....	58
Şekil 4.7	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi.....	61
Şekil 4.8	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerinin Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi.....	62
Şekil 4.9	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda Seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi.....	63
Şekil 4.10	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi.....	64
Şekil 4.11	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda farklı başlangıç asit konsantrasyonlarının dağılma katsayısına etkisi.....	65
Şekil 4.12	: Sitrik Asidin TDA ile ekstraksiyonunda Seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının TDA derişimi ile değişimi.....	68
Şekil 4.13	: Sitrik Asidin TDA ile ekstraksiyonunda Seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerlerinin TDA derişimi ile değişimi.....	69
Şekil 4.14	: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi..	70

Şekil 4.15	: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi...	71
Şekil 4.16	: Sitrik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları.....	72
Şekil 4.17	: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi.....	73
Şekil 4.18	: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi.....	76
Şekil 4.19	: Sitrik Asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerlerinin Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi.....	77
Şekil 4.20	: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi.....	78
Şekil 4.21	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi.....	79
Şekil 4.22	: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi.....	80
Şekil 4.23	: Laktik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi...	81
Şekil 4.24	: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının adsorpsiyon üzerine etkisi	83
Şekil 4.25	: Başlangıç asit konsantrasyonunun adsorpsiyonun etkinliği üzerine etkisi.....	84
Şekil 4.26	: Sitrik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi...	85
Şekil 4.27	: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının sitrik asit adsorpsiyonuna etkisi.....	87
Şekil 4.28	: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisinin gösterilmesi.....	88
Şekil 4.29	: Laktik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi.....	90
Şekil 4.30	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarına etkisi.....	92
Şekil 4.31	: Başlangıç laktik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi.....	93
Şekil 4.32	: Sitrik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi.....	95
Şekil 4.33	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarına etkisi.....	97
Şekil 4.34	: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi.....	98
Şekil 4.35	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği.....	100
Şekil 4.36	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği.....	101
Şekil 4.37	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği.....	102
Şekil 4.38	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği.....	103

Şekil 4.39	: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği.....	105
Şekil 4.40	: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği.....	106
Şekil 4.41	: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği.....	107
Şekil 4.42	: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği.....	108

TABLO LİSTESİ

Tablo 3.1	: Sitrik asidin farklı sıcaklıklarda sudaki çözünürlüğü	21
Tablo 3.2	: Sitrik asidin fiziksel özellikleri.....	21
Tablo 3.3	: Çeşitli bitkilerde bulunan sitrik asit miktarları	23
Tablo 3.4	: Sitrik asidin besin endüstrisindeki kullanım alanları ve amaçları ...	28
Tablo 3.5	: Laktik asidin fiziksel özellikleri	33
Tablo 3.6	: Laktik asit ve türevlerinin gıda alanındaki uygulamaları	39
Tablo 3.7	: Amberlite LA-2 nin fiziksel özellikleri	41
Tablo 3.8	: TDA'nın fiziksel özellikleri.....	42
Tablo 3.9	: Ekstraksiyonda kullanılan aminleri seyreltmek amacıyla kullanılan çözücülerin fiziksel özellikleri.....	43
Tablo 3.10	: Amberlite IRA-67 nin fiziksel özellikleri.....	45
Tablo 4.1	: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar.....	51
Tablo 4.2	: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar.....	51
Tablo 4.3	: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar	51
Tablo 4.4	: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar	52
Tablo 4.5	: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar	52
Tablo 4.6	: Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar.	55
Tablo 4.7	: Laktik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri.....	57
Tablo 4.8	: Laktik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi	58
Tablo 4.9	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar	59
Tablo 4.10	: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar	59
Tablo 4.11	: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar	60
Tablo 4.12	: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar.....	60
Tablo 4.13	: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar.	60
Tablo 4.14	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının ve yükleme değerlerinin değişimi	63
Tablo 4.15	: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda farklı başlangıç asit konsantrasyonlarının dağılma katsayısı ve yükleme değerine etkisi	65
Tablo 4.16	: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar	66
Tablo 4.17	: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar	66

Tablo 4.18	: Seyreltici olarak MIBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar	67
Tablo 4.19	: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar.....	67
Tablo 4.20	: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar.	67
Tablo 4.21	: Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar.	70
Tablo 4.22	: Sitrik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılım katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri	72
Tablo 4.23	: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi.....	73
Tablo 4.24	: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar	74
Tablo 4.25	: Seyreltici olarak MIBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar	74
Tablo 4.26	: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar	75
Tablo 4.27	: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar.....	75
Tablo 4.28	: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar..	75
Tablo 4.29	: Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar.	78
Tablo 4.30	: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi	79
Tablo 4.31	: Laktik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi .	81
Tablo 4.32	: Farklı adsorban miktarlarının adsorpsiyona etkisi.....	82
Tablo 4.33	: Başlangıç asit konsantrasyonunun adsorpsiyonun etkinliği üzerine etkisi	83
Tablo 4.34	: Sitrik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi ..	85
Tablo 4.35	: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının sitrik asit adsorpsiyonuna etkisi.....	86
Tablo 4.36	: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi	87
Tablo 4.37	: Laktik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi	89
Tablo 4.38	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarına etkisi	91
Tablo 4.39	: Başlangıç laktik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi	93
Tablo 4.40	: Laktik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi	94
Tablo 4.41	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarının etkisi	96
Tablo 4.42	: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi	98
Tablo 4.43	Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri	99
Tablo 4.44	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri.....	100
Tablo 4.45	: Laktik asidin Amberlite IRA-67 iyon değiştirici reçinesi üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri.....	101
Tablo 4.46	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri	102

Tablo 4.47	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri.....	103
Tablo 4.48	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 iyon değiştirici reçinesi üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri.....	104
Tablo 4.49	: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri	104
Tablo 4.50	: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri.....	105
Tablo 4.51	: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 iyon değiştirici reçinesi üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri.....	106
Tablo 4.52	: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri.....	107
Tablo 4.53	: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri.....	108
Tablo 4.54	: Sitrik asidin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri.....	109

SEMBOL LİSTESİ

D	: dağılma katsayısı
C_s	: dengede çözücü fazındaki toplam asit konsantrasyonu
C_w	: dengede su fazındaki toplam asit konsantrasyonu
B	: seçicilik
C_{SA}	: A'nın solvent fazdaki ağ. fraksiyonu
C_{SB}	: B'nin solvent fazdaki ağ. fraksiyonu
C_{RA}	: A'nın rafinat fazdaki ağ. fraksiyonu
C_{RB}	: B'nin rafinat fazdaki ağ. fraksiyonu
μ	: dipol moment
e	: elementer yük
l	: elektrik yüklerinin ağırlık merkezleri arasındaki uzunluk
F	: serbestlik derecesi
C	: bileşen sayısı
P	: faz sayısı
Z	: yükleme değeri
C_{A,eks}	: organik fazdaki asit konsantrasyonu
C_{amin}	: organik fazdaki amin konsantrasyonu
Q_e	: dengede birim adsorban başına adsorbe olan madde miktarı
K_f	: Freundlich sabiti
n	: adsorpsiyon sabiti
C_e	: denge konsantrasyonu
K_L	: Langmuir sabiti
Q₀	: max. Adsorpsiyon miktarına ilişkin bir sabit
E	: % ekstraksiyon verimi
C_a	: ekstraksiyondan sonra su fazındaki asit derişimi
C_{a o}	: su fazındaki başlangıç asit derişimi

ÖZET

FERMENTASYONLA ÜRETİLEN ORGANİK ASİTLERİN AYIRMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmanın amacı, fermentasyonla üretilen organik asitlerin sulu çözeltilerinden ayırma yöntemlerinin karşılaştırılmasıdır. Karşılaştırılacak olan yöntemler; ekstraksiyon, adsorpsiyon ve iyon değişimidir.

Çalışmada kullanılan organik asitler; laktik asit ve sitrik asittir. Laktik asit bir monohidroksi karboksilik asittir. Sitrik asit ise bir trihidroksi karboksilik asittir. Bu asitlerin ekstraksiyonunda iki farklı ekstraktan kullanılmıştır. Bu ekstraktanlar uzun zincirli bir tersiyer amin olan tridodesilamin ve bir sekonder aminler karışımı olan Amberlite LA-2 dir. Bu ekstraktanlar farklı kimyasal yapıdaki çözücüler kullanılarak seyreltilmişlerdir. Bu amaçla kullanılan çözücüler; 1-oktanol, metilzobutylketon (MİBK), izo-oktan, toluen ve sikloheksandır.

Adsorpsiyon denemesinde adsorban olarak aktif karbon kullanılmıştır. İyon değişimi denemelerinde ise zayıf bazik bir iyon değiştirici reçine olan Amberlite IRA-67 kullanılmıştır.

Deneysel kısımda laktik asit ve sitrik asidin ağırlıkça % 10' luk sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Organik asitlerin uzun zincirli aminlerle ekstraksiyonlarında amin türü, amin derişimi, amini seyreltmek amacıyla ortama ilave edilen çözücü ve çözücü karışımlarının ve başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi incelenmiştir. Bu amaçla ekstraktanlar, 5 çözücü içerisinde, 5 farklı derişimde karışımları hazırlanarak kullanılmıştır. Bu derişimler tridodesilamin için 0,22; 0,52; 0,94; 1,57 ve 2,62 mol/L ve Amberlite LA-2 için 0,32; 0,74; 1,33; 2,22 ve 3,70 mol/L'dir. Hazırlanan bu ekstraktan karışımları ve ağırlıkça %10'luk sulu asit çözeltisi 1:1 hacim oranında 50 mL'lik erlenlere alınmış ve termostatlı bir çalkalayıcı içerisinde 4 saat karıştırma işlemine tabi tutulmuşlardır. Bu işlemde sonra fazların birbirinden tamamen ayrılmasını sağlamak için 1 saat kadar bekletilmişlerdir. Bu işlemler sonrasında her iki fazdaki asit miktarları analiz edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen su fazı asit derişimlerinden dağılma katsayısı ve yükleme değerleri hesaplanmıştır. Sitrik asit ve laktik asitle yapılan bütün ekstraksiyon denemelerinin sonucunda, TDA ve Amberlite LA-2 derişimleri arttıkça dağılma katsayılarının arttığı tespit edilmiştir. Yapılan denemeler sonucunda, ekstraksiyon üzerinde en yüksek olumlu etkiye sahip çözücünün laktik asit ve sitrik asit için de 1-oktanol olduğu görülmüştür. Ayrıca her iki asidin ekstraksiyonlarında kullanılan aminlerden Amberlite LA-2 nin, TDA' ya göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Adsorpsiyon denemelerinde adsorban olarak aktif karbon kullanılmıştır. İlk olarak 0,25 g. aktif karbon ile asit çözeltisi karışımının dengeye gelme süresinin belirlenmesi için aynı karışımdan 7 adet hazırlanmış ve her yarım saatte bir sulu faz analiz edilmiştir. Bu şekilde dengeye gelme süresi 180 dakika olarak belirlenmiştir. Daha sonra farklı aktif karbon miktarlarının adsorpsiyona etkisinin incelenmesi amacıyla 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1 g.' lık miktarlar için denemeler yapılmıştır. Bunu sonucunda adsorban miktarı arttıkça, adsorbe

edilen asit miktarının arttığı görülmüştür. Son olarak başlangıç asit konsantrasyonunun adsorpsiyona etkisinin incelenmesi için hazırlanan %2,5; %5 ve %20 'lik asit konsantrasyonlarında ve optimum adsorban miktarında denemeler yapılmıştır. Optimum adsorban miktarı 0,4 gram olarak belirlenmiştir. Bu denemelerin sonucunda başlangıç asit konsantrasyonu arttıkça, ayrılan asit yüzdesinin azaldığı görülmüştür.

İyon değiştirici kullanılarak yapılan denemelerde de adsorpsiyon denemelerinde olduğu gibi sulu asit çözeltilisiyle reçinenin dengeye gelme süresinin belirlenmesi için aynı işlemler tekrarlanmıştır. Amberlite IRA-67 ile her iki asidin de dengeye gelme süresi ortalama 120 dakika olarak belirlenmiştir. Daha sonra reçine miktarının ve başlangıç asit konsantrasyonunun iyon değişimine etkisi incelenmiş ve adsorpsiyonla aynı sonuçlar elde edilmiştir.

İyon değişimi ve adsorpsiyon prosesleri, ayrılan asit yüzdesi açısından karşılaştırıldığında Amberlite IRA-67 nin aktif karbona oranla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Ayrıca adsorpsiyon ve iyon değişimi denemeleri için Langmuir ve Freundlich izotermi hesaplanmıştır. Laktik asidin her iki izoterme de uyduğu fakat sitrik asidin aktif karbonla adsorpsiyonun Freundlich izotermine uygunluk göstermediği görülmüştür.

SUMMARY

COMPARATIVE ASSESSMENT OF SEPARATION METHODS OF ORGANIC ACIDS PRODUCED WITH FERMENTATION

The aim of this study is to compare the processes which use for separation organic acids from aqueous solutions. The processes which compared in this study were extraction, adsorption and ion-exchange.

The organic acids used in this study are lactic acid and citric acid. Lactic acid is a monohydroxy carboxylic acid, and citric acid is a trihydroxy carboxylic acid. In the extraction of these acids were used two different extractants. The first of these extractants was tridodecylamine that is a long chain tertiary amine. The second was Amberlite LA-2 which is a mixed secondary amine. These extractants were diluted with different solvents which have different chemical structures. Solvents used for this aim are 1-octanol, methyl isobutyl ketone (MIBK), isooctane, toluene and cyclohexane.

The adsorbent used in adsorption process is active carbon. Amberlite IRA-67 is a weakly basic ion exchange resin that was used for ion exchange process.

In the experimental section, aqueous acid solution at 10% (w/w) concentration were prepared. In the extraction of organic acids, the aim was to investigate the effects of the type of amines, the concentration of amines, nature of solvents and solvent mixtures and initial acid concentrations. For this purpose, the extractants were prepared in five different concentrations in five different solvents. These concentrations were 0.22, 0.52, 0.94, 1.57 and 2.62 mol/L for TDA and 0.32, 0.74; 1.33; 2.22 and 3.70 for Amberlite LA-2. Prepared amine-solvent and aqueous acid solutions were mixed at equal volumes (1:1), and extraction was performed in a thermostated shaker for 4 hours. Then the distribution coefficients and loading factors calculated from experimental results were presented. The results of the extraction experiments, the distribution coefficient depends on the amine concentration. The distribution coefficient increases with increasing amine concentration for all diluents. The best solvent for both acids was 1-octanol and the best extractant for both acids was Amberlite LA-2 in this study.

In the adsorption experiments, active carbon was used as an adsorbent. In the first stage, for determining the period to achieve the adsorbent's equilibrium state, seven identical acid and active carbon mixtures were prepared, were placed in the shaker and started to mix. After that, every 30 minutes one sample's aqueous phase was analyzed. So, the period of the achieving to the equilibrium state of active carbon was found as 180 minutes for both acids. Then, the effects of different active carbon amount on adsorption and initial acid concentrations on adsorption were investigated. The results of adsorption experiments, the removal of acid percentages were increased with increasing adsorbent amount.

In the experiment of ion exchange, the processes which were done for adsorption, were repeated. So, the period of the achieving to the equilibrium state of Amberlite IRA-67 was found as 120 minutes for both acids. The results of ion exchange experiments were the same as adsorption process' results.

Ion-exchange and adsorption processes were compared as their value of percentage of removal acid. The result of the comparison; Amberlite IRA-67 was better than active carbon. Langmuir and Freundlich isotherms were calculated as well. It was observed that lactic acid was in compliance with both isotherms. On the other hand adsorption of citric acid on active carbon was not in accordance with Freundlich isotherm.

1. GİRİŞ

Fermentasyon ile sentezlenen asitler, birçok endüstriyel alanda ara ürün olarak ve birçok ürünün başlangıç maddesi olarak kullanılırlar. Ayrıca gıda, ilaç ve biyolojik olarak bozunabilen plastik yapımında kullanıldıkları için, bu asitlerin saflaştırılmaları çok önemlidir [1].

Fermentasyonla üretilen asitlere örnek olarak laktik asit, sitrik asit, tartarik asit, glukonik asit gösterilebilir. Bu asitler hem hidroksil grubu hem de karboksilik asit grubu içerdikleri için hidroksikarboksilik asitler olarak adlandırılmaktadırlar.

Hidroksikarboksilik asitlerin fermentasyon karışımından ayrılıp saflaştırılması için çok çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Ekstraksiyon, adsorpsiyon, elektrodializ, çöktürme, esterifikasyon ve reaktif destilasyon, ayırma ve saflaştırma yöntemlerinden birkaçıdır. Bu yöntemler tek başlarına kullanıldıkları gibi, daha etkin saflaştırma için ardarda birden fazla yöntemde kullanılabilir.

Organik asitler kimyasal sentezle de üretilirler. Fakat çok fazla kimyasal madde harcanmasından dolayı ekonomik olarak tercih edilen bir yöntem değildir. Bu sebeple fermentasyon yöntemiyle üretim tercih edilmektedir. Peynirsuyu, süt, narenciye atıkları, şeker pancarı, şeker kamışı ve buğday gibi doğal maddelerden ve onların atıklarından organik asitlerin eldesi, hammadde bakımından daha ucuz ve atıklardan yeni ve yararlı maddeler üretilmesi açısından da faydalı bir yöntemdir.

Ancak, bu üretim yönteminde, fermentasyon karışımında karbon kaynaklı kalıntılar, reaksiyon sırasında oluşan, istenmeyen organik asitler ve renk veren maddeler gibi safsızlıkların olması ve asidin suya karşı olan yüksek affinitesi saflaştırma işlemini güçleştirmektedir. Bu sebeple, genellikle saflaştırma prosesi, fermentasyon prosesinin üretim maliyetinin %60-70'ine karşılık gelir. Ancak yapılan yeni araştırmalar, fermentasyonla üretilen organik asitlerin seyreltik karışımlardan geri kazanımını ve

saflaştırılmasını etkin hale getirmiştir ve fermentasyonla karbonhidratlardan organik asit bazlı kimyasal madde üretimini pratik ve ekonomik açıdan çekici hale getirmiştir [2].

Hidroksikarboksilik asitler fermentasyon karışımında yaklaşık olarak ağırlıkça %10 oranında bulunmaktadır [3,4]. Organik asitlerin uzun zincirli aminlerle ekstraksiyonu çok kullanılan bir yöntemdir. Uzun zincirli aminler, asitler için oldukça etkili ekstraktanlardır. Alifatik aminler, fiziksel özelliklerine bağlı olarak organik seyrelticilerde çözülmüş olarak kullanılmalıdır. Bu organik çözücüler aminlerin bazlığını etkiler ve bu yolla aminlerin ekstraksiyon davranışını önemli ölçüde değiştirir. Aminin zincir uzunluğunun, polar ve polar olmayan çözücülerle ekstraksiyon kabiliyetine etkisi araştırıldığında 1-oktanol, 1- hekzanol gibi polar çözücülerde tersiyer aminlerin ekstraksiyon kabiliyetinin zincir uzunluğuyla doğru orantılı olarak arttığı bilinmektedir [5].

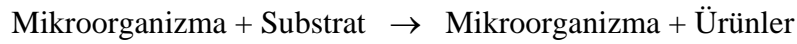
Fermentasyon karışımından asitler adsorpsiyon yöntemiyle de etkin olarak izole edilebilirler. Endüstride iyon değiştirici reçineleriyle asit adsorpsiyonu ekonomik ve kolay olması açısından da tercih edilmektedir. Bu yöntem için kullanılan adsorbanlar genellikle Amberlite IRA-67, Amberlite IRA-400 gibi zayıf bazik iyon değiştirici reçinelerdir.

Laktik asit ve sitrik asit çok önemli uygulama alanları olan ve dünyada talepleri hızla artmakta olan hidroksikarboksilik asitlerdir. Örneğin, laktik asit için şu anki küresel talep 70.000 megatondur. 2011 yılına kadar bu talebin 200.000 megaton olacağı tahmin edilmektedir [6].

2. GENEL KISIMLAR

2.1. FERMENTASYON

Fermentasyon sözcüğü “biyolojik değişim” anlamında kullanılır. Maya, bakteri veya küf gibi mikroorganizmalar besin maddelerini biyolojik değişime uğratarak kendilerine enerji sağlarlar. Bu değişimde mikroorganizmalar tarafından salgılanan enzimler rol oynar. Fermentasyonun genel reaksiyonu aşağıdaki gibidir:



Fermentasyon, kimyasal maddelerin mikroorganizmalar tarafından üretilen enzimler vasıtasıyla farklı kimyasal maddelere dönüőtürüldüğü biyokimyasal bir süreçtir. Fermentasyon, biyokimyasal bir işlem olduğundan sıcaklık, pH ve ortamdaki oksijen miktarı ile karışırma, ürün üretimini etkileyen faktörlerdir.

Melastan sitrik asit üretiminde, *aspergillus niger* türü bakteriler kullanılır. Fermentasyon işlemi 25-30°C sıcaklıkta ve 5,5-6,5 pH değerlerinde yapılır [7]. Laktik asit üretiminde ise *lactobacillus delbrueckii* bakterileri en sık kullanılanlardandır. Laktik asit fermentasyonunda, sıcaklık 45-50°C de ve pH ta 5,5-6,5 değerlerinde tutularak üretim yapılır [8].

Birçok karboksilik asidin fermentasyonla üretimi, asidin pK_a değerinin üstündeki pH değerlerinde etkin olarak yapılır. Örneğin; laktik asidin pK_a değeri 3,86 dır. Bu yüzden fermentasyon üretimi 5,5-6,5 pH değerleri arasında yapılır [7].

Sıcaklığın artması ve pH değerinin düşmesi, mikroorganizmaların yaşam faaliyetlerini etkilediği için fermentasyonun yavaşlamasına hatta durmasına neden olur. Bu sebepten

dolayı sıklıkla sıcaklık kontrolü yapılır. pH değerinin sabit tutulması içinde ortama CaCO_3 katılır [4].

2.2. EKSTRAKSİYON

Ekstraksiyon bir maddenin bulunduğu ortamdan bir sıvı yardımıyla alınması işlemine verilen isimdir. Ekstraksiyon işleminin gerçekleşmesi için iki ayrı faz oluşmalıdır. Bu fazlardan birinde ayrılacak madde, diğerinde ise bu maddeyi kendisine fiziksel veya kimyasal yollarla çekecek bir ekstraktan bulunmalıdır. Ekstraksiyon, sabit sıcaklık ve basınçta bir maddenin iki fazdaki denge derişimlerinin farklı olmasından yararlanarak yapılan bir ayırma işlemidir [3]. Ayrılmak istenen maddenin bulunduğu ortama göre ekstraksiyon işleminin adı değişir. Eğer bu madde katı ortamda bulunuyorsa katı-sıvı ekstraksiyonu, madde sıvı ortamda bulunuyorsa sıvı-sıvı ekstaksiyonu adı verilir. Her iki ekstraksiyon türünün de kimya endüstrisindeki önemi büyüktür. Çoğu endüstriyel maddeler buldukları karışımlardan ekstraksiyon yöntemiyle ayrılırlar.

2.2.1. Katı - Sıvı Ekstraksiyonu

Katı - sıvı ekstraksiyonu yönteminde katı ortamdan ayrılmak istenen madde, bu maddeyi büyük lde zebilen bir üzücü yardımıyla alınır. Fazlar ayrıldıktan sonra, zcnn ortamdaki uzaklaştırılmasıyla istenen madde ele geçer. Katı içinde bulunan bir madde, bu maddeyi büyük lde zebilen bir sıvı ile çekilir. Fazlar ayrıldıktan sonra sıvının herhangi bir yöntemle uzaklaştırılması ile katı içindeki madde ele geçer. Bu yönteme örnek olarak zeytin, ayeği ve pamuk gibi bitkilerin yağlarının elde edilmesi gösterilebilir.

2.2.2. Sıvı - Sıvı Ekstraksiyonu

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu ile sıvı faz içindeki madde, bu maddeyi daha çok çözen ve maddenin bulunduğu faz ile hiç karışmayan başka bir sıvı kullanılarak çekilir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonunda da ayrılacak maddeyi içeren ilk faza ekstrakte edilen, maddeyi çekmek için eklenen sıvıya ekstraktan, maddenin büyük bir miktarının geçtiği ikinci faza ise ekstrakt adı verilir.

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu yardımı ile bileşenlerin birbirinden ayrılabilmesi için, iki sıvı fazın bulunması gereklidir. Buhar ve sıvı fazların bulunmasını gerekli kılan destilasyon işlemi bu bakımdan ekstraksiyona benzer. Destilasyonda buhar fazının meydana gelebilmesi için ısı kullanılır. Sıvı-sıvı ekstraksiyonunda ise diğer bir sıvı fazı meydana getirmek için çözücü kullanılır. Bu sebeple destilasyondaki ısı ile sıvı-sıvı ekstraksiyonundaki çözücü benzerlik gösterir. Karışım halindeki homojen sıvı bileşenlerin kaynama noktaları birbirine çok yakın bulunması, bileşenlerin kaynama noktalarının mevcut ısıtma ortamına göre çok yüksek olması veya bir bileşenin, diğerlerinin kaynama temperaturünde bozunması gibi sakıncalar sebebi ile, destilasyon işleminin uygulanmasının imkansız olduğu durumlarda sıvı - sıvı ekstraksiyonu kullanılmaktadır [1].

Sıvı-sıvı ekstraksiyonu destilasyon kadar geniş bir kullanıma sahip değildir, ancak önemi son yıllarda hızla artmaktadır. Özellikle petrol endüstrisinde büyük önem kazanmış kaydırıcı yağların viskozite özelliklerini iyileştirmek amacıyla bu yağların rafinasyonunda, aromatik hidrokarbonların parafinik hidrokarbonlardan kurtarılmasında, benzinden bazik ekstraksiyonla kükürtlü bileşiklerin uzaklaştırılmasında ve özellikle ısıya duyarlı ilaçların elde edilmesinde geniş kullanım alanı bulmuştur [3].

2.2.3. Reaktif Ekstraksiyon

Fermentasyonla üretilen asitler, fermentasyon karışımından süzildükten sonrada şeker kalıntıları, renk verici maddeler veya başka organik asitler gibi safsızlıkları da içerebilirler. Bu safsızlıkların içerisinde organik asidi çekmek için reaktif ekstraksiyon yöntemi tercih edilmektedir.

Laktik asit ve sitrik asit gibi fermentasyonla üretilen asitler yaygın olarak kullanılan organik çözücülerle çok az ekstrakte edilebilir. Karboksilli asitlerin, reaktif ekstraksiyon yöntemiyle sulu çözeltilerinden uygun bir ekstraktanla geri kazanımının, geleneksel proseslere oranla daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Reaktif ekstraksiyon, ekstraktan ve ekstrakte edilecek olan maddeler arasında oluşan reaksiyonla gerçekleşir. Organik fazdaki ekstraktan, sulu fazdaki asitle reaksiyona girer ve bir kompleks oluşturur. Bu kompleks organik fazda çözünür. Geri kazanılmak istenen asit organik fazdan sıyrılarak alınır. Ekonomik bir geri kazanımın sağlanması için yüksek dağılma katsayısına ihtiyaç vardır.

Karboksilik asitlerin reaktif ekstraksiyon yöntemiyle sulu çözeltilerinden geri kazanılması için genellikle uzun zincirli tersiyer aminler kullanılır. Ekstraksiyon sırasında kullanılan amin bir organik çözücü ile seyreltilir. Bunun amacı, hem ekonomik hem de çözücü fazın viskozitesi ve yoğunluğunun kontrol edilmesidir [5].

Reaktif ekstraksiyonla organik asitlerin geri kazanılma reaksiyonu bir denge reaksiyonudur ve şu şekilde gösterilebilir:



Burada A, asidi ve B de amini göstermektedir.

Eğer ekstraksiyon sonucu oluşan kompleksle kullanılan çözücü arasında kuvvetli bir etkileşim varsa, reaksiyon şu şekilde gösterilebilir:



Burada D, çözücüü ifade etmektedir [9,10].

Reaktif sıvı-sıvı ekstraksiyonu organik asitlerin fermentasyon karışımından pH düşüşünü engelleyerek ayrılmasını sağlar. Bu da fermentasyonu gerçekleştiren mikroorganizmaların faaliyetlerini sürdürmesini ve fermentasyon işleminin sürekli olmasını sağlar.

Geleneksel yöntemde fermentasyon karışımının pH'ının sabit tutulabilmesi için ortama sürekli kireç katkısı yapılır. Bu işlem sonrası kalsiyum laktat elde edilir. Daha sonra kalsiyum laktat çökeltisi süzülür, asitlendirilerek laktik asit elde edilir. Fakat bu işlemde mikroorganizmaların yaşamı devam ettirilse bile çok fazla madde kullanımı, çok fazla atık üretilmesi ve kalsiyum laktatın çöktürülmesi sırasında çok fazla madde kaybı olmasından dolayı artık fazla tercih edilen bir yöntem değildir. Bu yöntem yerine ekstraktif fermentasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemde fermentasyon karışımından dönüşen asit direkt olarak alınır [5].

2.2.4. Ekstraktan Seçimi

Ekstraktan düşük su çözünürlüğüne, organik asit için yüksek dağılma katsayısı ve şeker kalıntıları gibi safsızlıklar için düşük dağılma katsayısına sahip olmalıdır.

Dağılma katsayısı, çözücü fazındaki organik asit konsantrasyonunun, sulu fazdaki organik asit konsantrasyonuna oranı olarak ifade edilmektedir.

$$D=C_E/C_R \quad (2.3)$$

C_E , dengede çözücü fazındaki toplam asit konsantrasyonudur. C_R , dengede su fazındaki toplam asit konsantrasyonudur.

Yüksek hidrofilik karakteri sebebiyle solvent ekstraksiyonu yöntemiyle laktik asit saflaştırılması için, karbon bağlı oksijen verici ekstraktanlar kullanışlı değildir. Fosfor

bağlı, oksijen verici ekstraktanlar fosforil grubu içerirler. Bu gruplar, karbon bağlı oksijen verici ekstraktanlardan daha güçlü Lewis bazıdır. Ayrıca, karbon bağlı oksijen grup olan ekstraktanlardan daha az suda çözünürler.

Uzun zincirli tersiyer aminler, karboksilik asitlerin sulu çözeltilerinden çekmek için uygundur. Alifatik aminler, sürekli organik seyrelticilerin çözeltileri şeklinde kullanılmalıdır. Bu organik seyrelticiler aminlerin bazlığını etkiler, bu şekilde aminin ekstraktan davranışı büyük ölçüde değişir. Son zamanlarda tersiyer aminlerin zincir uzunluğunun ekstraksiyon kabiliyetine etkisi, polar olan ve polar olmayan seyrelticiler için incelenmektedir. Polar seyrelticilerde 1-butanol, 1-hekzanol ve 1-oktanol gibi; tersiyer aminlerin ekstraksiyon kabiliyeti, aminlerin zincir uzunluğuyla doğru orantılı olarak artar. Tersiyer aminlerin ekstrakte edilebilirliği polar olmayan çözücülerde n-heptan gibi; aminin zincir uzunluğuyla azalır [5].

2.2.5. Çözücüler

Karboksilik asitlerin seyreltik sulu çözeltilerinden ekstrakte edilmesinde kullanılan uzun zincirli alifatik aminler etkili ekstraktanlardır. Genel olarak, amin ekstraktanlar seyrelticilerde çözünerek kullanılırlar. Ekstraktanları seyrelten organik çözücü, konsantrasyonu istenilen seviyede tutar, viskoziteyi ve solvent fazın yoğunluğunu kontrol eder. Çözücüler, kompleksle olan etkileşimlerine göre aktif çözücüler ve inert çözücüler olarak sınıflandırılırlar. Fonksiyonel grup içeren çözücüler, kompleksle kuvvetli bir şekilde birbirlerini etkilerler ve 'aktif çözücü' olarak adlandırılırlar. Bu çeşit çözücüye örnek olarak 1- oktanol gösterilebilir. Kompleksle çok az etkileşen çözücülere ise 'inert çözücü' denir. Buna örnek olarak n-hekzan verilebilir[5,9].

2.2.6. Çözücü Seçimi

Amin için uygun çözücünün seçimi kolay değildir. Polar çözücüler, polar olmayan çözücülere göre daha çok tercih edilir. Çözücünün seçiminin birkaç önemli parametresi vardır:

- **Dağılma Katsayısı**

Ekstraksiyon adımı da dağılma katsayısı değeri oda sıcaklığında 1 den büyük olmalıdır. Ve sıyırma (organik fazdan asidin sıyırılarak geri kazanılması) adımı da yüksek konsantrasyon elde edebilmek için 0,1 in altında olmalıdır [5].

- **Zehirlilik**

Organik solvent ve ekstraktanın bakterilere karşı zehir etkisi yapması ekstraktif fermentasyonda kritik bir problem oluşturmaktadır. Zehirliliğin derecesi kullanılan bakteriye ve ekstraktana bağlıdır. Yapılan araştırmalara göre en az zehirlilik beklenen çözücüler, düşük polariteye ve yüksek molekül ağırlığa sahip olanlardır.

Ekstraktanın ve çözücünün bakterilere olan zehir etkisini önlemek için hücreler hareketsiz hücreler tarafından korunabilir. Hareketsiz hücrelerin içine soya yağı eklenmesiyle hareketli hücreler ekstraktanın ve çözücülerin zehir etkisinden korunabilirler.

- **Sudaki Çözünürlük**

Çözücünün sudaki çözünürlüğü ekonomik açıdan önemlidir. Ekstraksiyon maliyetini düşürmek için çözücü birden fazla proseste kullanılmalıdır. Bu yüzden kullanılan çözücü rafinat fazdan sıyırma ile geri kazanılmalıdır.

- **Seçicilik**

Bir solventin uygulanabilir olup olmadığının incelenmesinde göz önüne alınması gereken ilk özelliktir. Sıvı-sıvı ekstraksiyonunda çözücünün, çözültüden bir bileşeni diğerlerine tercih ederek çözmesi esastır. Bu noktadan bakıldığında bir solvent bileşenlerden birini kolay diğerini ise zor çözmelidir.

Ekstraksiyon işlemi sonucunda dengede olan solvent ve rafinat fazları için seçicilik;

$$B=C_{SA} \cdot C_{SB} / C_{RA} \cdot C_{RB} \quad (2.4)$$

şeklinde tanımlanır. Herhangi bir C çözücüsünün A ve B maddelerini ayırmadaki etkinliği (A solute olmak üzere), solvent fazında A'nın B'ye oranının, rafinat fazdaki

oranına bölünmesiyle belirtilir. Bu orana seçicilik veya ayırma faktörü denir. İyi bir ayırma için seçicilik 1'den büyük olmalıdır [11].

- **Çözücülerin Karşılıklı Çözünürlükleri**

Ekstraksiyonda kullanılacak çözücü ve ekstrakte edilecek çözelti birbirinde mümkün olduğunca az çözünmelidir.

- **Yoğunluk ve Viskozite**

Temasa gelen fazların yoğunlukları arasında bir fark olması esastır ve bu fark mümkün olduğu kadar fazla olmalıdır. Bu fark ne kadar büyük olursa birbirinde karışmayan fazların ayrılma oranı ve ekstraksiyonda kullanılan cihazların kapasiteleri artmış olur. Düşük viskozite ve düşük yoğunluk faz ayrılmasını kolaylaştırır. Bu özellikler en iyi parafinik hidrokarbonlarla başarılıdır [5].

- **Fazlararası Yüzey Gerilimi**

Birbiriyle karışmayan ve ayrılması istenen fazlar arasındaki yüzey gerilimi ne kadar büyük olursa solvent ve rafinat fazlar o kadar hızlı bir şekilde birbirinden ayrılır. Ancak fazlar arası yüzey gerilimi büyük olduğunda bir sıvının diğeri içinde disperse olması güçleşir. Yüzey gerilimi düşük olduğu durumda ise kararlı emülsiyonlar meydana gelir.

- **Diğer Faktörler**

Kullanılacak solvent korrozif olmamalı, viskozitesi düşük, donma noktası düşük ucuz ve buhar basıncı da yapılacak ekstraksiyon şartlarına uygun olmalıdır. Ayrıca kullanılacak solventin zehirli ve yanıcı olmaması istenir.

2.2.7. Maddelerin Sınıflandırılması ve Polarite

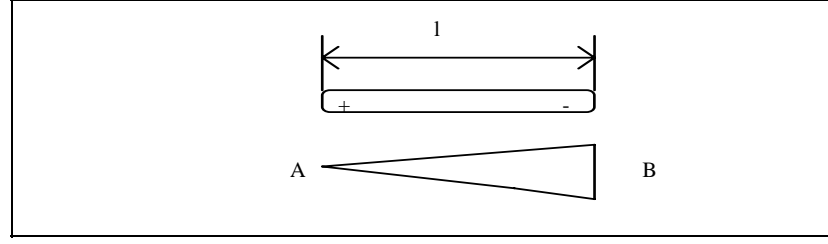
Maddeleri en genel şekilde hidrofob ve hidrofil şeklinde ikiye ayırmak mümkündür. "Benzer maddeler birbirinde kolay çözünür" ilkesi uyarınca, hidrofil maddeler hidrofil çözücülerde hidrofob maddeler hidrofob çözücülerde çözünürler. Ancak maddeleri hidrofil ve hidrofob şeklinde sınıflandırılması ekstraksiyon ve çözünürlük

olaylarını tam olarak açıklayamaz. Ayrıca hidrofilitik ya da hidrofobluk kantitatif bir büyüklük değil kalitatif bir tanımlamadır [12].

Hidrofobluk ve hidrofilitik maddelerin polarlıklarının bir sonucudur. Polarlık ise dipol moment ya da dielektrik sabitini ölçmek suretiyle sayı ile ifade edilebilen bir büyüklüktür.

Anorganik yapıdaki maddelerin hemen hemen tamamı iyon şebekelerinden meydana gelmiş olduklarından heteropolar bileşiklerdir. Bunun nedeni anorganik maddeyi meydana getiren maddelerin, atomlarından birinin (-) diğerinin (+) yüklü olmasıdır. Organik maddeler ise genellikle kovalent bağlarla bir arada tutulan elementlerden meydana gelmiş olduklarından homopolar ya da apolar bir yapıya sahiptirler. Homopolar bir maddede molekülde mevcut bulunan (+) ve (-) elektrik yüklerinin ağırlık merkezi bir ve aynı noktaya düşer. Bu nedenle bu maddeler merkezi bir simetri gösterirler ve bunların dipolmomentleri sıfırdır.

Organik bileşiklerin oluşumunda kovalent bağlar meydana gelirken bağı oluşturan elementlerin aralarında bulunan ortaklanmış elektron çifti, elementlerin elektronegativitelerine göre iki elementten birine daha yakın olacaktır. Örneğin, şekil 2.1'de görüldüğü gibi, A ve B gibi iki farklı elementin atomları arasında oluşan bir bağda B atomunun elektron ilgisi daha fazla ise elektronlar daha çok B tarafına çekilecek ve B üzerinde elektron yoğunluğu daha fazla olacaktır. Bu durumda A pozitifmiş gibi kabul edilir ve molekül bir ucu (+) diğer ucu (-) bir çubuğa benzer. Bu tip maddelerde elektrik yüklerinin ağırlık merkezleri aynı noktaya düşmez. Aralarında 'l' gibi bir mesafe meydana gelir. Bu maddelerin bu 'l' mesafesine bağlı olan dipol momentleri vardır ve bu maddeler polar maddeler olarak adlandırılırlar.



Şekil 2.1. A ve B elementlerinin elektronegativitelerine göre elektron yoğunlukları

Dipolmoment ;

$$\mu = e \times l \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilir. Burada μ dipolmoment , e elementer yük ve l de elektrik yüklerinin ağırlık merkezleri arasındaki uzunluktur. Homopolar maddelerde elektrik yüklerinin merkezleri aynı noktada olduğundan $l = 0$ ve dolayısıyla $\mu = 0$ olur. Bir maddenin dipolmomenti ya da dielektrik sabiti ne kadar büyükse maddenin o kadar polar veya hidrofildir [3].

2.2.8. Fazlar Kuralı

Fazlar kuralı denge halindeki bir sistemin denge halini koruyabilmesi için önceden belirlenmesi gereken denge faktör sayısını bildirir.

$$F=C-P+2 \quad (2.6)$$

F: serbestlik derecesi; C: bileşen sayısı ; P: faz sayısı

Buradaki 2 sayısı denge değişkenlerinin sıcaklık ve basınç olduğu durumları göstermektedir. Endüstriyel uygulamalar genellikle sabit basınçta gerçekleştirildiğinden

$$F=C-P + 1 \quad (2.7)$$

olur.

Sistem sıcaklık ve basınç dışında başka bir değişkenin etkisi altında kalıyorsa,

$$F=C-P+3 \quad (2.8)$$

şeklinde yorumlanır.

Üç bileşenli bir sistem için sabit sıcaklık ve basınçta,

$$F=3-P \quad (2.9)$$

olur [13].

2.2.9. Dağılıma Katsayısı

Birbiri ile karışmayan ya da çok az karışan iki sıvı arasında, her ikisinde de tamamen çözünen bir madde dağılıma uğrarsa bu iki faz arasındaki denge derişimlerinin oranı denklem 2.10'da görüldüğü gibi dağılıma katsayısını verir [14]. Ekstraksiyon işleminin dayandığı bu temel kanuna Nernst dağılım kanunu adı verilir. Bu kanuna göre sabit sıcaklık ve sabit basınçta çözünen maddenin fazlardaki derişimleri ancak oranları sabit kalacak şekilde değişebilmektedir.

Fazlar kuralına göre; $F=C-P=3-2=1$ (sabit sıcaklık ve basınçta) serbestlik derecesi 1 olur ve çözünen maddenin fazlardan birindeki derişimi olarak alınır.

$$D=C_E/C_R \quad (2.10)$$

Burada C_E organik fazdaki denge derişimini, C_R sulu fazdaki denge derişimini gösterir. D dağılıma katsayısıdır. Bu basit dağılım kanunu aşağıdaki varsayımlar altında geçerlidir.

- Sıvı fazlar birbiri ile karışmamaktadır.
- Çözünen madde asosiy ve disosiy olmamaktadır.
- Çözünen madde derişimi bağıl olarak düşüktür.

2.2.10. Yükleme Değeri Kavramı

Hidroksikarboksilik asitlerin, bir çözücü ile karıştırılan aminlerle ekstraksiyonunda, ekstraktan karışımında bulunan birim aminin ekstraksiyon etkinliğinin gösterilebilmesi için yükleme değeri, Z, denilen bir kavram kullanılır.

Yükleme değeri Z, organik fazdaki asit konsantrasyonunun, organik fazdaki amin konsantrasyonuna oranıdır.

$$Z = C_{A,eks} / C_{amin} \quad (2.11)$$

Bu ifadeden de görülebileceği gibi, yükleme değeri organik fazda bulunan birim aminin, organik faza çektiği asit miktarını karakterize eder [3].

2.3. ADSORPSİYON

Adsorpsiyon, bir katı veya sıvının sınır yüzeyindeki konsantrasyon değişmesi olayıdır. Konsantrasyon artışı halinde pozitif adsorpsiyon, azalışı halinde ise negatif adsorpsiyon gerçekleşir. Bir adsorpsiyon prosesinde, gaz veya sıvı içinde bulunan moleküller, atomlar veya iyonlar; genellikle bir katı yüzeyine difüze olurlar. Katı yüzeyine zayıf moleküllerarası kuvvetlerle tutunurlar. Adsorpsiyon işleminde sıvı veya gazı adsorbe eden katıya adsorban, katı yüzeyinde tutunan maddeye ise adsorplanan denir.

Adsorpsiyon birçok doğal fiziksel, kimyasal ve biyolojik sistemlerde etkindir. Endüstriyel uygulamalarda geniş ölçüde kullanılmaktadır.

Adsorpsiyonda birim hacim başına en geniş yüzey alanına ulaşmak için, küçük çaplı gözeneklere sahip, çok gözenekli katı partikülleri kullanılır. Buna örnek olarak, gözenek çapı 1-2,5 nm olan aktif karbonun yüzey alanı $(4-12) \times 10^5 \text{ m}^2/\text{kg}$ dır [15].

Adsorpsiyon işleminde katı yüzeyine tutunan taneciklerin yüzeyden ayrılması olayına desorpsiyon denir. Adsorpsiyon ve iyon değişimi sırasında; adsorban, adsorplanan ile

doygun hale gelir. Bu sebeple adsorban, adsorplananın desorpsiyonuyla rejenerasyona ihtiyaç duyar. Rejenerasyon, kullanılan katı adsorbanın adsorpsiyon işleminden sonra adsorplanan madde moleküllerinden arındırılarak tekrar kullanılabilmesinin sağlanmasıdır. Adsorplama ve rejenerasyon işlemi genellikle döngüsel şekilde işler. Adsorpsiyon; fiziksel ve kimyasal adsorpsiyon olmak üzere iki şekilde gerçekleşir.

2.3.1. Fiziksel Adsorpsiyon

Tutunan tanecikleri, adsorban yüzeyine bağlı tutan kuvvetler Van der Waals çekim kuvvetleridir. Van der Waals çekim kuvvetleri atomlardaki geçici (+) ve (-) yüklenmeler sonucu oluşan çekim gücüdür. Fiziksel adsorpsiyon ısısı düşüktür ve bu tür adsorpsiyon işlemleri tersinirdir. Bu prosese örnek olarak organik kirleticilerin, aktif kömür tarafından adsorpsiyonu verilebilir.

2.3.2. Kimyasal Adsorpsiyon

Adsorplanan taneciklerle, adsorbanın yüzeyi arasında gerçekleşen bir reaksiyondan ileri gelir. Yüzeydeki bir tanecik bazı kuvvetlerin etkisindedir. Bu kuvvetler kimyasal adsorpsiyon sırasında genellikle kovalent bağlardır. Kimyasal adsorpsiyonların çoğu ekzotermiktir. Ayrıca irreversibl proseslerdir. Kimyasal adsorpsiyona örnek olarak oksijenin; gümüş, altın, platin veya karbon tarafından adsorpsiyonu gösterilebilir.

2.3.3. Adsorpsiyon ile Ayırmada Adsorban Seçimi

Ticari uygulamalar için, bir adsorban birden fazla uygun karakteristik özellik göstermelidir. Bu özelliklerden bazıları; kesin ayrılmanın sağlanması için suyun aksine asit için yüksek seçiciliğe sahip olmalı, rejenere edilebilmeli, mikroorganizmalarla birlikte biyolojik olarak kullanılabilmeli, asit için yüksek adsorpsiyon kapasitesine, kimyasal ve termal stabiliteye ve düşük fiyata sahip olmalıdır.

Birçok katı, sıvılardan veya gazlardan bileşikleri adsorbe edebilir. Ancak, sadece birkaç tanesi etkin seçiciliğe ve kapasiteye sahiptir. Genellikle aktif karbon, zeolitler, silika jel ve alumina en çok kullanılan adsorbanlardır [15].

2.3.4. Adsorpsiyon İzotermi

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

İzoterm verilerinin analizi, sonuçların temsili ve dizayn amaçları için kullanılması açısından son derece önemlidir. Adsorpsiyon izotermi; spesifik yüzey alanına, katı adsorbanın yüzey kimyasına, adsorplanan maddenin yapısına ve ortamın asitliğine bağlıdır. Adsorpsiyon işlemleri için çok sayıda izoterm türetilmiştir. Fakat literatürde en çok adı geçen izoterm; Freundlich, Langmuir, B.E.T. izotermidir. Bu çalışmada adsorpsiyon işlemi için Freundlich ve Langmuir izotermi deneysel verilere uygulanmıştır.

2.3.4.1. Freundlich İzotermi

1906 yılında Freundlich tarafından ortaya konan ilk adsorpsiyon izotermidir. Deneysel olarak geliştirilmiş bir denklem olup, çok tabakalı adsorpsiyon gibi heterojen yüzeyler için kullanılır. Bu durumda doygunluğa ulaşma hali söz konusu olmadığından adsorbana ait kapasiteden söz edilemez. Freundlich bağıntısı

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (2.12)$$

şeklinde ifade edilir. Burada K_f ve $1/n$ adsorpsiyon sabitlerini, Q_e dengede birim adsorban başına adsorbe olan madde miktarı, C_e ise denge konsantrasyonunu temsil etmektedir.

Bu izotermi göre, denge anında sulu çözeltide kalan madde konsantrasyonu ile, katı fazdaki madde konsantrasyonu arasında bir orantı vardır.

2.3.4.2. Langmuir İzotermi

1918 yılında Langmuir tarafından gerçekleştirilen teorik bir denge izotermidir. Adsorpsiyon yüzeyinde alıcı noktaların olduğunu ve her alıcı noktanın sadece bir molekül adsorplama yapabileceğini, dolayısıyla meydana gelen tabakanın bir molekül kalınlığında olacağını kabul eder. Yanısıra tüm adsorpsiyon alanları adsorban 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 adsorban miktarı sabit kalmaktadır. Bu izoterm homojen yüzeyli ve tam verimli adsorpsiyon işlemleri için uygulanmaktadır. Langmuir izotermi;

$$C_e/Q_e = (K_L / Q_0) + (C_e / Q_0) \quad (2.13)$$

denklemini ile ifade edilmektedir. Burada da K_L ve Q_0 denge sabitlerini temsil etmektedir [16].

2.4. İYON DEĞİŞİMİ

Benzer yüklü iyonların yer değiştirdiği iki yönlü kimyasal reaksiyonlar, iyon değişimi reaksiyonları olarak adlandırılırlar.

İyon değişimi amacıyla ortama katılan kimyasal maddelere (bunlar çeşitli tuzlar, elektrolitler ve bazik reçineler olabilir) iyon değiştiriciler denir. İyon değiştiriciler sahip oldukları yüklere göre anyonik ve katyonik iyon değiştiriciler olmak üzere ikiye ayrılır. Örneğin; yapısında Na^+ iyonu bulunduran bir iyon değiştirici Ca^{2+} iyonlarıyla yer değiştirdiğinde bu olayda katyonların yer değiştirmesi söz konusu olduğundan katyonik bir iyon değişimi söz konusudur. Başlangıçta kullanılan maddeye de katyonik iyon değiştirici denir.

İyon değiştirici reçinelerle adsorpsiyon, ekonomik oluşu ve kolay uygulanabilir olmasından dolayı endüstride tercih edilen bir metottür. Özellikle bu ayırma metodunun fermentasyon prosesiyle birlikte uygulanabilir olması bir avantajdır. Ayrıca buna ek olarak, adsorpsiyondan önce fermentasyon karışımının asitlendirilmesine gerek olmaması da bir avantajdır. Bu da kimyasal madde tüketimini ve atıkların üretimini azaltır. Karboksilik asitlerin adsorpsiyonu için ortamın pH'ı, asitlerin pK_a değerlerinin altında olmalıdır [17,18].

2.4.1. İyon Değiştirici Reçineler

İyon değiştirme fiziksel ve kimyasal bir prostestir. Sulu fazdaki iyonlar, sıvı fazdaki reçine üzerindeki iyon değiştirici bölümlerine transfer olurlar. İyon değiştirici reçineler; iyon değiştirici bölümlerindeki iyonların pozitif veya negatif olmalarına göre katyonik veya anyonik reçineler olarak sınıflandırılırlar.

İyon değiştiricilerin çoğu stiren ve divinil benzen (DVB) kopolimeri olarak imal edilirler. Stiren, temel reçine yapısını oluştururken; DVB de polimere çapraz bağlanarak iç gözenek yapısını oluşturur.

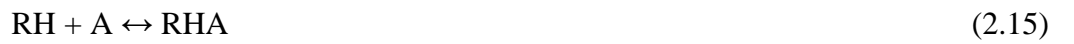
Fonksiyonel gruplara bağlı olarak anyonik reçineler kuvvetli bazik anyonik ve zayıf bazik anyonik olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Kuvvetli bazik anyonik reçineler dördüncül amonyum grupları içerirler. Zayıf bazik anyonik reçineler ise primer, sekonder veya tersiyer amin grupları içerirler. Bu çalışmada zayıf bazik anyonik bir reçine olan Amberlite IRA-67 kullanılmıştır.

Zayıf bazik iyon değiştirici reçinelerin her bir gözeneğinin küresel olduğu ve her birinin aynı boyutta olduğu farz edilir. Reçinenin iyonik gruplarının, gözenek duvarlarında yer aldığı düşünülür. İyonların difüzyonu gözenek eksenini boyunca meydana gelir.

Zayıf bazik iyon değiştiricilerin asitleri adsorpsiyonu, öncelikle reçinenin iyonik gruplarının asitler tarafından protonlanmasıyla gerçekleşir. Bu reaksiyonu şu şekilde gösterilebilir;



Protonlanmış anyonik grubun anyonla assosiyasyonu şu şekilde gösterilir;



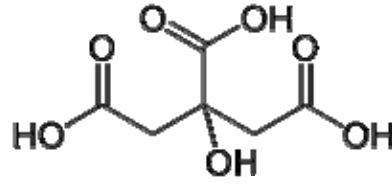
Bu reaksiyonlarda gösterilen kısaltmaların anlamları şu şekildedir: $H \rightarrow H^+$, $A \rightarrow A^-$ (asit iyonları); $RH \rightarrow R H^+$ (protonlanmış bileşik); $RHA \rightarrow R H^+ A^-$ (asit tuzu).

Bu reaksiyonlar iyonizasyon reaksiyonlarıdır ve bu reaksiyonlar aniden gerçekleşir. RHA'nın tamamen disosiyasyonu kabul edilir. Yani bu reaksiyonun denge sabiti sıfırdır[19].

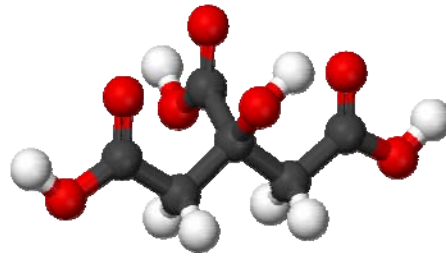
3.MALZEME VE YÖNTEM

3.1. SİTRİK ASİT

Sitrik asit, IUPAC adlandırılmasına göre 2-hidroksi 1,2,3-propan trikarboksilik asit olarak adlandırılır. Kapalı formülü $C_6H_8O_7$ olan sitrik asidin yapısal formülü şekil 3.1 de ve üç boyutlu molekül formülü şekil 3.2 de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Sitrik asit yapısal formülü



Şekil 3.2: Sitrik asit üç boyutlu molekül formülü

Sitrik asit doğal, renksiz, kokusuz, kristal yapıda, hafif ekşimsi tatta, gıda ve ilaç

sanayinde çok geniş kullanım alanına sahip olan önemli bir asittir.

Sitrik asit ilk olarak 1874 yılında Scheele tarafından narenciye türü meyvelerden ayrıştırılarak kristal halde üretilmiştir. 1838 yılında Liebig, sitrik asidin hidroksi tribazik bir asit olduğunu farketmiş ve 1880 yılında Grimoux ve Adam tarafından gliserinden sentetik olarak üretilmiştir. 1893 yılında Wehmer, şeker çözeltileri içerisinde bakterilerin sitrik asit ürettiğini göstermiş ve ilk olarak sitrik asidin fermentasyonla üretimini gerçekleştirmiştir.

3.1.1. Sitrik Asidin Özellikleri

3.1.1.1 Sitrik Asidin Fiziksel Özellikleri

Sitrik asit soğuk sulu çözeltilisinden renksiz, ortorombik kristalleri şeklinde kristallendirilerek elde edilir. Normal nemli havada genelde monohidrat şeklinde bulunan sitrik asit kuru havada veya sülfirik asit ile birlikte vakumda iken içerdiği suyu kaybeder. Isıtıldığında ise 70 -75 °C civarında su kaybıyla birlikte yumuşama meydana gelir ve 135 - 152 °C arasında tamamen erir. Sitrik asit optik olarak aktif değildir ve piezoelektrik etki göstermez.

Anhidre sitrik asit sıcak ve derişik çözeltilisinden kristallendirilir. Monohidrat sitrik asidin anhidre sitrik aside geçiş sıcaklığı yaklaşık olarak 36,3 °C dir. Anhidre sitrik asit kristalleri de renksizdir ve monoklinik sistemin holoedral sınıfına aittir. Anhidre yapının erime noktası 153°C dir. Monohidrat formun spesifik gravitesi 1,54 iken anhidre formun 1,665 dir.

Sitrik asit kuvvetli bir asittir. Birinci hidrojen atomuna ait 18 °C'deki dissosiyasyon sabiti $8,2 \cdot 10^{-4}$, ikinci ve üçüncü hidrojen atomlarına ait dissosiyasyon sabitleri de sırasıyla $1,77 \cdot 10^{-5}$ ve $3,9 \cdot 10^{-5}$ dir.

Monohidrat kristallerinin kırıcı gücü 67,11 olan sitrik asidin 20 °C'deki kırılma indisi 1,493 tür. Monohidrat formunun yanma ısısı 471,4 kcal/mol, anhidre formunun yanma

ısı 474,5 kcal/mol dır. Sitrik asidin 30°C'deki havayla temasta olduğunda yzey gerilimi 69,51 dyn / cm dir. Sitrik asidin farklı sıcaklıklarda sudaki zözünürlüğü Tablo 3.1' de gösterilmiştir.

Tablo 3. 1: Sitrik asidin farklı sıcaklıklarda sudaki zözünürlüğü

Sıcaklık (°C)	Ağrlıkça % zözelti
10	54,0
20	59,2
30	64,3
36,6*	67,3
40	68,6
50	70,9

* geziş sıcaklığı

Tablo 3.2'de sitrik asidin fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.2: Sitrik asidin fiziksel özellikleri

ÖZELLİK	DEĞER
Molekül Formülü	$C_6H_8O_7$
Molekül Kütlesi	192,13 g/mol
Alevlenme Sıcaklığı	345 °C
Erime noktası	≈ 153 °C (dekompozisyon)
Asitlik (pK_a)	$pK_{a1}=3.15$ $pK_{a2}=4.77$ $pK_{a3}=6.40$
Yoğunluk	1,665 g/ml(18 °C)
Buhar basıncı	< 0.1 hPa (20 °C)
Sudaki zözünürlüğü	1330 g/l (20 °C)
pH değeri	≈ 1.7 (100 g/l , H_2O , 20 °C)

3.1.1.2. Sitrik Asidin Kimyasal Özellikleri

Sitrik asit bir hidroksi trikarboksilik asittir. Diğer hidroksi asitlerin aksine tribazik bir asittir. Üç karboksil grubuna sahip olan sitrik asit çözeltilerinde proton kaybeder. Bunun sonucu olarak sitrat iyonları oluşur. Sitratlar asidik çözeltilerin pH kontrolünde mükemmel tampon görevi görürler.

Sitrik asidin sulu çözeltisi karbon çeliklerde korozyona neden olur. Bu nedenle kullanıldığı yerlerde uygun inhibitörler kullanılmalıdır.

3.1.2. Sitrik Asidin Bulunduğu Bitkiler

Sitrik asit yaygın olarak bitki ve hayvanlarda görülmektedir. Portakal, limon, greycourt, mandalina gibi meyvelerde bol miktarda bulunmaktadır. Sitrik asit ayrıca kuşüzümü, ahududu, çilek, elma, ananas, yaban mersini ve kirazda da bulunur. Sebzelerde patates, domates, kuşkonmaz, şalgam, bezelye, mısır, marul, patlıcan ve pancar sitrik asit içerirler. Ayrıca şarabın içeriğinde bulunur. Sadece asit veya tuz olarak birçok bitki türünün, çiçeğin tohumlarında ve özularında bulunur. Tablo 3.3'de sitrik asidin bulunduğu bitkiler ve bulunduğu oranlar gösterilmiştir.

Tablo 3.3: Çeşitli bitkilerde bulunan sitrik asit miktarları

Bitki	Sitrik asit (%)
Limon	4,0 -8,0
Greyfurt	1,2 -2,1
Mandalina	0,9 – 1,2
Portakal	0,6 -1,0
Çilek	0,6 -0,8
Domates	0,25
Patates	0,3 – 0,5
Siyah üzüm	1,5 -3,0
Kırmızı üzüm	0,7 – 1,3
Domates	0,25

3.1.3. Sitrik Asit Üretim Yöntemleri

Sitrik asit geleneksel olarak limon suyu gibi çeşitli turuncgillerin sularından ekstraksiyonla ve fermentasyon yöntemiyle elde edilir.

Sitrik asidin mikroorganizmalardan endüstriyel ölçekte üretimine 1923' de Pfizer şirketi tarafından başlatılmıştır. 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 bir kısmı yüzey prosesi ile veya bu prosesin modifiye edilmiş şekilleriyle üretilmektedir. Diğer sitrik asit fermentasyon proseslerine göre enerji maliyeti oldukça düşüktür.

Daldırma prosesi olarak bilinen diğer proseste ise *aspergillus niger* mikroorganizmaları

sıvı ortam içine disperse edilmiştir. Bu proseste fermentör bir karıştırıcı içerir. 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 süstrattan alınan verim oranı % 90 ' ı aşmaktadır.

Sitrik asit üretiminde 1960'lı yılların sonuna kadar yalnızca *Aspergillus niger* kullanılabileceği kabul edilmiştir. 1970 yılında patenti alınan ve sitrik asidin *Candida guilliermondii* isimli özel bir maya ile üretildiğini gösteren bir proses bu görüşü değiştirmiştir. Glikoz ve ekivalent miktarda şeker içeren bir ortama *Candida guilliermondii* mayasının ilave edilmesiyle gerçekleştirilen bu proses *Candida guilliermondii* daldırma prosesi olarak bilinir. Fermentasyon zamanı *Aspergillus niger* kullanılan prosese göre daha kısadır. Proseste bazı iyileştirmeler yapılarak alınan bir sonraki patentte elde edilen sitrik asit konsantrasyonu 110 g /L olarak belirtilmiştir.

Candida türü (strain) mayalar 1970'den sonraki yıllarda hidrokarbonlardan sitrik asit üretiminde de kullanılmıştır. 1970'de *Candida lipolytica* kullanılarak C₉ - C₂₀ normal parafinlerinden %100 ağırlık verimi ile sitrik asit dönüşümü sağlayan prosese ait patent alınmıştır. Daha sonraki yıllarda ağırlıkça verim %138' e kadar ulaşmıştır. 1974 yılında Pfizer şirketinin parafinin sürekli olarak beslediği ve *Candida lipolytica* tarafından fermente edilen karışımın fermentörden geri çekildiği bir sistem geliştirmiştir[7].

3.1.4. Sitrik Asit Kullanım Alanları

Sitrik asit suda kolay çözünürken, alkolde orta derecede, eterde ise çok az çözünür. Benzen, toluen ve kloroformda hiç çözünmez. Sudaki çözünürlüğünün yüksek olması ve tadının diğer asitlere göre daha hoş olması sebebiyle geniş bir kullanım alanına sahiptir. Sitrik asit, farklı gıda alanlarında ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmaktadır. Sitrik asitten bir asit olarak pH ayarlamak, korumak ve kontrol etmek için, tampon maddesi olarak ve şelat oluşturucu madde olarak yararlanılmaktadır. Sitrik asit ayrıca gıdalarda ve içecek ürünlerinde tat verici olarakta kullanılmaktadır.

Yiyecekleri koruyucu özelliği de bilinen özelliklerindedir. Sitrik asidin tuzları da önemli kullanım alanlarına sahiptir. Sitratları; gıda, ilaç, deterjan, kozmetik alanında yaygın olarak kullanılmaktadır.

▪ **Gıda ve Meşrubatta Asitlendirici Olarak Kullanımı**

Sitrik asit meyve sularının asitlendirilmesinde önemli rol oynar. Karbonatlı ve karbonatsız içeceklerde yaygın olarak kullanılır. Meyve suyu, düşük kalorili içecekler ve susuzluk giderici içeceklerde tek başına veya sitrat tuzlarıyla birlikte tat verici ve antimikrobiyal korumayı arttırmak amacıyla kullanılır. Sitrik asit meşrubatlarda % 0,1–0,2 oranında kullanılır. Bu tür içeceklerin asitliğini sağlamak için pH ayarlamada kullanılan sitrik asit, içeceklerin toplam asitliğin % 2,5–4,0 oranında kalmasını sağlar. Sitrik asit meşrubatların tatlarının kaybolmasını ve renklerinin bozulmasını da önler. Şerbet ve limonatada tat verici olarak, şarapta ise şarabın asitliğini ayarlamak içinde kullanılmaktadır. Reçellerde ve jölelerde de pH ayarlayıcı olarak kullanılır. Jölenin kıvamı için pH ayarı önemlidir. Sitrik asitle pH 0,3 – 3,4 arasında ayarlanır. Konservelerde ise pH düşürülerek mikroorganizma faaliyetleri önlenir ve sterilizasyon için gerekli ısı miktarı düşürülür. Birçok hayvani gıdanın sağlıklı muhafaza edilebilmeleri için seyreltik sitrik asitle yıkanmaları önerilmiştir. Böylece derideki yağların bozulması önlenmekle birlikte pH düşürülerek bakterilerin üremeleri de önlenir.

▪ **Sitrik Asidin Antioksidan Olarak Kullanılması**

Gıda maddeleri oksidasyona uğramaları nedeniyle kolay bozunurlar. Gıdalarda oksidasyon bozulmaları çeşitli şekillerde olabilir. Sitrik asit, oksidasyon bozulmalarını katalize eden demir, bakır gibi metallerle kompleks vererek antioksidan görev yapar. Sitrik asidin antioksidan etkisi sitrat iyonundan geldiği için sitrik asit tamponlanmış olarak kullanılmakla birlikte sitrat tuzu olarakta kullanılır. Kek, sosis gibi hazır gıdalarda antioksidan olarak kullanılır. Kullanılan sitrik asit konsantrasyonu % 0,05–0,1 arasındadır. Konserve et ürünlerinde antioksidan etkinliğini artırmak için de sitrik asit kullanılır.

- **Gıdadaki Yağların, Margarinin Oksidasyonunun Önlenmesi**

Oksidasyonu katalizleyen metallerle (Fe, Ni, Cu) sitrik asidin şelat oluşturmamasından dolayı, gıdalardaki yağların oksidasyonu sitrik asit ilavesiyle önlenir. Margarin ve yağlar depolama sırasında demir, bakır ve nikeli bünyelerine alırlar. Bunların bozulmaları % 0,01 – 0,03 oranında antioksidan özellik gösteren sitrik asit kullanılarak önlenir.

- **Dondurulmuş Gıdaların Oksidasyonunun Önlenmesinde**

Dondurulmuş gıdalardaki bozulma, renk kaybı ve C vitaminindeki azalma ile kendini gösterir. Sitrik asit ve diğer antioksidanlarla birlikte kullanılarak düşük pH' ta mikrobiyal çoğalma önlenir. Böylece, deniz ürünlerinin bozulmaları, kötü koku ve renk oluşturmaları önlenir. Kötü koku, renk oluşturmaya meyilli olan kabuklu deniz hayvanları paketlenildikten sonra %0,5–1,0 oranında sitrik asit içeren çözeltiye batırılır ve dondurulur. Meyve ve sebzelerde ise; dondurulmadan önce % 1–2 oranında sitrik asit çözeltisi ile yıkanılır. Böylece kesim esnasında bozulmaları önlenmekle beraber renk bozulmaları (kararma) ve C vitamini kayıpları da önlenir.

- **Şekerlemede Kullanımı**

Lezzet vermek amacıyla genellikle %0,5–1,0 arasında kullanılır. Sitrik asit, şekerin inversiyonunu önlemek ve azami jel dayanımını artırmak için pektin jelli şekerlemelerde kullanılır. Şekerin inversiyonunu önlemek amacıyla şekerlemelere pişirme işleminden sonra sitrik asit ilave edilir.

- **İlaç ve Kozmetik Sanayisinde Kullanımı**

Sitrik asit ve sitrat tuzları ilaç sanayinde tampon olarak kullanılır. Köpüren ilaçlarda, aktif bileşiklerin çözünmesini kolaylaştırmak ve tadını artırmak için sitrik asit ve bikarbonat kullanılır. Kan fraksiyonlarının ve plazmadaki hayvan ve insan kanının pıhtılaşmasını önlemek amacıyla sitratlar kullanılır. Sitrik asit, kozmetik ürünlerinin formülasyonlarında şelatlama ve tampon özelliğinden dolayı önemlidir. Şampuan ve jölelerde ortamı nötralize etmek için kullanılır. Düşük pH (4,0–6,0) değerindeki

şampuanların yapımında % 0,25 – 1,86 oranında sitrik asit kullanılır.

▪ **Sitrik Asidin Diğer Kullanım Alanları**

- a. Sitrik asit çözeltisi, selüloz ve diğer ters osmoz membranlarında ve elektrodializ sistemlerinde, demir, kalsiyum ve diğer katyonların giderilmesinde kullanılır.
- b. Sitrik asit mükemmel şelatlama özelliği nedeniyle metal temizleme proseslerinde, metal oksitlerin metal yüzeyinden temizlenmesinde kullanılır.
- c. Sitrik asit tarımsal alanda, sıvı gübrelerde , çinko, manganez, magnezyum, bakır ve demirin çözünebilir şelatlarını oluşturmak amacıyla kullanılır.
- d. Sitrik asit; maden, kaya, kil ve boyar madde çamurlarının arıtılma, taşınma işlemlerinde dağıtıcı madde olarak kullanılır. Killerin şişmesini kontrol eder.
- e. Sitrik asit ekipman ve iş alanlarında dökülen çimentoyu kaldırmak için yararlıdır.
- f. Sitrik asit, glioksal reçinelerin yapımında bir yağ gibi hareket eder ve dayanıklı devamlı baskı ile sonlanarak tekstil ürünü verir. Sitrik asit dayanıklı pamuğun katı miktarını artırır.
- g. Sitrik asit ayrıca tütün, kağıt, fotoğraf, plastik ürünler, polimerik ürünlerde de kullanılmaktadır.

Tablo 3.4'te sitrik asidin farklı kimya endüstrilerindeki kullanım alanları ve kullanım amaçları gösterilmiştir.

Tablo 3.4: Sitrik asidin besin ve diğ er kimya endüstrilerindeki kullanım alanları ve kullanım amaçları.

Üretim Alanı	Sitrik Asit Kullanım Amacı
Meşrubat	Sitrik asit hoş ve ekşimsi bir tat verir. Sodyum sitrat zararlı ve ağır metal iyonlarını bağlar. CO ₂ 'i kararlı duruma getirir.
Meyve ve sebze konserveleri	Sitrik asit sterilizasyon sıcaklığının düşük tutulabilmesini sağlar. Düşük sıcaklıktan dolayı tat ve görünüşün tabii kalmasını sağlar, yumuşamayı önler.
Marmelat ve reçeller	Sitrik asit/sodyum sitrat optimum jel oluşumu için pH ayarlanmasını sağlar, şekerin kristallenmesini önler. Jel oluşumunu kolaylaştırır.
Jöleli pastalar	Sitrik asit/sodyum sitrat optimal jöle koyuluğu için pH ayarlamak amacıyla kullanılır.
Yağ sanayi	Sitrik asit koku giderici, oksidatif bozunmayı önleyici, mikrobiyal bozunmayı önleyici, eser miktardaki ağır metalleri bağlayıcı, margarinde tat düzenleyici olarak kullanılır.
Eritme peynirleri	Sodyum sitrat emülsiyon halindeki yağın kararlılığını sağlar. Kalsiyum iyonlarını kompleks halinde bağlar. Mikrobiyolojik kararlılık sağlar.
Şeker ve şekerlemeler	Sitrik asit meyvelerin aromasını kuvvetlendirir. Şekerin inversiyonunu kolaylaştırır.

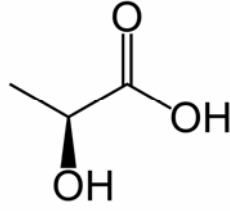
Turşuculuk ve yeşil zeytin	Sitrik asit tatların iyileştirilmesinde, rengin korunmasında ve yumuşamanın önlenmesinde kullanılır.
İlaç sanayi	Sitrik asit kan plazmalarının hazırlanmasında, böbrek tedavi malzemelerinde, kemik bozukluklarını giderici maddelerin hazırlanmasında, tedavi tesirli katyonların daha iyi çözülebilmesi ve vücut tarafından kolayca emilmesini sağlamak amacıyla kullanılır.
Kozmetik ve şampuan sanayi	Sitrik asit hafif bağlayıcı ve renk açıcı özelliği dolayısıyla kremlerin taze tutulması, istenen şekilde hazırlanması ve pH ayarlanması için kullanılır.
Deterjan sanayi	Sodyum sitrat çevreyi kirleten fosfatların yerini almıştır. Sitrik asit ise pH ayarlamak için kullanılır.
Şarap	Sitrik asit demir-fosfat komplekslerinin sebep olduğu bulanıklığı giderir.
Balık işleme	Soğuk depolanan taze balıkları, renkli, lezzetli ve kokulu olarak saklayabilmek için kullanılır.
Kümes hayvanları kesimi	Sitrik asit yapışkanlığını önlemek için, daha az besin kaybı için kullanılır.
Beton, havuz ve alçı sanayi	Sitrik asit sertleşme zamanının uzatılması için kullanılır.
Galvaniz tekniği	Sitrik asit bilhassa bakır alaşımları için

	çeşitli galvaniz banyolarına ilave edilir.
Kuyu inşası ve petrol sondajı	Sitrik asit demir çökeleğinin çözülebilmesi amacıyla kullanılır.
Metal temizleme	Sitrik asit kazan ve sıcak su sistemlerindeki kireç taşı ve pas tabakalarının temizlenmesinde, alüminyum, bakır ve diğer renkli metallerin kimyasal olarak parlatılması ve asitlendirilmesinde kullanılır.

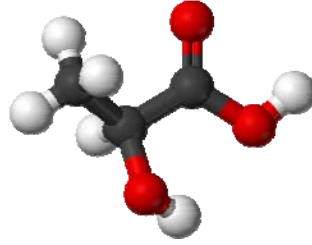
3.2. LAKTİK ASİT

Laktik asit, 1780 yılında C.W.Scheele tarafından keşfedilen, formülü $\text{CH}_3\text{CHOH-COOH}$ ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) ve adı α -hidroksipropiyonik asit olan bir hidroksi karboksilik asittir. Laktik asit 1881 yılında ticari ölçüde sütten üretilmiştir. Bu nedenle süt asidi olarak da bilinmektedir. Sütte bulunan laktoz, laktik maya denilen bakteriler tarafından laktik aside dönüştürülür.

Laktik asit asimetrik karbon atomuna sahiptir. Bundan dolayı çözeltisi optikçe aktiftir. Laktik asidin meydana geliş şekline bağlı olarak üç tane yapı izomeri vardır. Bunlardan iki tanesi optikçe aktif, bir tanesi de optikçe aktif olmayan yani rasemiktir. Dekstrorotari olan sarkolastik asit, kasların faaliyeti sonucu glikojenden elde edilir. Levotori laktik asit, salarozun mayalanması ile elde edilir. Bunların üçünün de kimyevi ve fiziki özellikleri birbirine benzer.



Şekil.3.3: Laktik asidin yapısal formülü



Şekil.3.4: Laktik asidin 3 boyutlu molekül formülü

Şekil 3.3 ve şekil 3.4 te laktik asidin yapısal ve üç boyutlu molekül formülü gösterilmiştir. Bu formüllerden de anlaşılacağı gibi laktik asit hem alkollerin hem de asitlerin özelliklerini gösterir.

Laktik asit ekşi tatta kokusuz bir maddedir. Su, alkol ve eterle kolaylıkla karışabilir. Kloroformda çözünmez. Erime noktası düşüktür. İyi çözücü özelliklerine sahip zayıf bir asittir. Diğer asitlerden farklı olarak daha viskoz ve uçucu olmayan bir sıvı olan laktik asidin, diğer asitliği düzenleyicilere kıyasla gıdalarda koruyucu özelliğinin yüksek olduğu bilinmektedir. Laktik asidin sudaki çözünürlüğü oldukça yüksek olup, sulu çözeltide esterifikasyona uğraması ise değişik bir kimyasal özelliğidir.

Laktik asit, tabii kaynaklardan elde edilebildiği gibi bazı organik yöntemlerle de elde edilebilir. Sentetik olarak, karbon monoksit ile asetaldehitin basınç altında reaksiyonundan elde edildiği gibi siyanür asidinin asetaldehite etki etmesiyle de elde

edilir. Sentetik laktik asit pahalı olduğu için genellikle tabii kaynaklardan elde edilir. Bu kaynaklar karbonhidratlardır. Melas, nişasta ve kesilmiş sütte bulunan şekerler sıcak alkali varlığında laktik aside dönüştürülür. Alkali, kalsiyum karbonat olup, ortamı nötralize etmekte kullanılır. Çünkü, asidik ortamda, fermentasyonu devam ettiren bakteriler yaşam faaliyetlerini sürdüremezler. Kalsiyum karbonat katılımı sonrası kalsiyum laktat oluşur ve çöker. Kalsiyum laktat suda çok az çözüldüğü için ortama kireç eklenmesi bir avantajdır. Bu kalsiyum laktatın çökmesini ve kolayca ortamdan ayrılmasını sağlar. Bu aşamada da çökelti safsızlıklar içerir. Bu safsızlıklar ancak esterifikasyonla giderilebilir. Kalsiyum laktat direkt olarak metanolde çözünebilir ve ortama konsantre sülfürik asit katılmasıyla CaSO_4 ayrılabilir. Sonuçta kalan metanolde çözülmüş laktik asit esterifikasyona tabi tutulur. Bu şekilde saflaştırılır [5,8].

Laktik asit peynir suyunda, peygamber çiçeğinde, afyonda, daha birçok bitkide ve hayvanların organlarında bulunur. Laktik asit polimerleşebilir. Polilaktik asitler çeşitli reçinelerin üretiminde kullanılır. Kalsiyum laktat, pasta yapımında kabartma tozu olarak; bakır laktat ise elektro kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır.

Laktik asit, etanole, akrilik polimerlere ve polyesterlere dönüştürülebilen önemli bir kimyasaldır. Laktik asit kopolimerleri, paketleme ambalajlarında kullanılır ve bu ambalajlara doğada kısa sürede parçalanabilme özelliği verir. Laktik asidin, bu şekilde biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerin üretiminde kullanımı yeni uygulanan yöntemlerden biridir.

3.2.1. Laktik Asidin Fiziksel Özellikleri

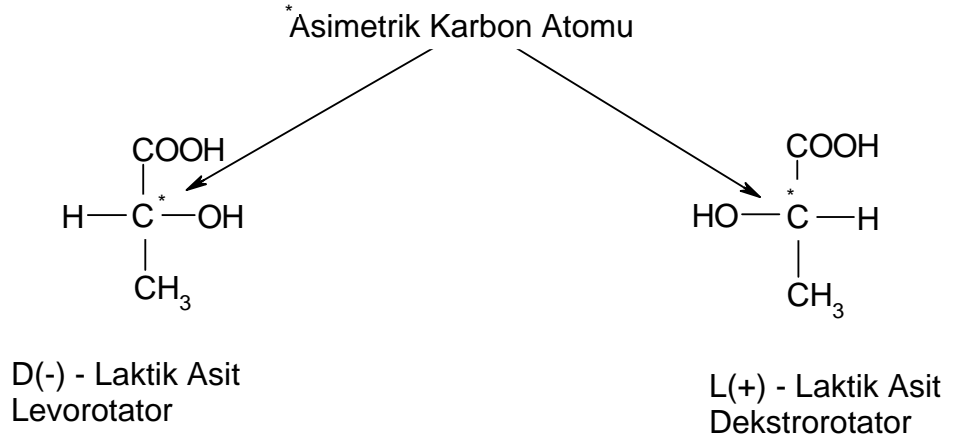
Tablo 3.5 te laktik asidin fiziksel özellikleri sunulmuştur [8].

Tablo 3.5: Laktik asidin fiziksel özellikleri

Molekül formülü	$C_3H_6O_3$
Molekül ağırlığı	90.08 g/mol
Erime noktası	D: 53°C L: 53°C D/L: 16.8°C
Kaynama noktası	82°C (0.5 mmHg için) 122°C (12 mmHg için)
Asitlik (pK_a)	3.86
Yoğunluk	1.21 g/cm ³ (20°C)
pH değeri	≈2.8 (10 g/l, H ₂ O, 20°C)
Buhar basıncı	0.1 hPa (25°C)

3.2.2. Laktik Asidin İzomerleri

Laktik asit molekülü bir asimetric karbon atomu içerir. Bu atom, iki optikçe aktif izomer ile bu iki izomerin rasemik yani optikçe aktif olmayan karışımının oluşmasını sağlar.



Şekil.3.5: Laktik asidin optik izomerleri

D(-)-laktik asit D-konfigürasyonunda asimetrik karbon atomuna sahip olup levorotatordur. Bu tür laktik asit optik düzlemde polarize ışığı sola çevirir. L(+)-laktik asit, L-konfigürasyonunda asimetrik karbon atomu içerir ve dekstrorotatordur, yani polarize ışığı sağa çevirir. D- ve L- şekillerinin rasemik karışımları optikçe inaktiftir. Çünkü ışık çevirmeleri birbirlerini nötralize eder. Bunlardan başka ilginç bir nokta da laktik asit tuzlarının ters optik çevirmeye sahip oluşlarıdır. D(-)-laktik asit tuzları dekstrorotator, L(+)-laktik asit tuzları ise levorotatordur.

L-konfigürasyonundaki laktik asit, hayvan ve insan vücudu tarafından metabolize edilebildiği halde, D- konfigürasyonu metabolize edilemez ve çoğunlukla dışarı atılır. Mikroorganizmalar D(-)-laktik asit, L(+)-laktik asit ya da rasemik karışımını üretme yeteneklerine göre farklılık gösterirler. Ve oluşan asit, mikroorganizma bireyinin karakteristiği olarak görülür. Bununla birlikte endüstriyel fermentasyonlarda, fermentasyon sıvısından genellikle rasemik karışım elde edilir. Bunun nedeni fermentasyon mikroorganizması ya da fermentasyon kontaminantlarının optikçe aktif izomerleri, optikçe inaktif rasemik karışıma dönüştüren ve “rasemaz” denilen bir enzimi üretmeleridir. Diğer mikroorganizmaların çoğuna karşıt olarak “Rhizopus oryzae” mantarı rasemizasyon görmeksizin yalnız L(+)-laktik asit üretir, fakat fermentasyonun yavaşlığı ve laktik asit bakterilerine oranla düşük verimlilikte olması nedeniyle endüstriyel uygulama alanı bulunmamaktadır [8].

3.2.3. Laktik Asit Üretim Yöntemleri

Laktik asit üretimi, şeker içerikli çeşitli hammaddelerin bazı yardımcı maddeler varlığında fermentasyonu ile gerçekleşir. Bu fermentasyon işlemi sırasında şeker kamışı, pancar, melas ve laktoz, maltoz, dekstroz içeren tahıllar hammadde olarak kullanılabilir. En çok kullanılan hammadde melastır. Melastaki şekerin uygun şartlarda ve uygun bakterinin bulunduğu ortamda fermente edilmesiyle laktik asit üretimi gerçekleştirilmiş olur.

Melas, şekerpancarından elde edilir. 100 kilo şekerpancarından 3 kilo melas elde edilir. Melasın içeriğinde %15 oranında su, %50 oranında glikoz, %35 oranında şeker dışı madde bulunmaktadır. İçerdiği şeker dışı maddenin 2/3'si organik maddelerdir. Melas %50 oranında şeker içerdiğinden, bu şekerin kristallendirilerek ayrılması imkansızdır. Şeker fabrikalarında teknik ve ekonomik koşullarda şuruplardan mümkün olan miktarda şeker kristali alındıktan sonra, kalan kısım "melas" adı altında çeşitli alanlarda değerlendirilir.

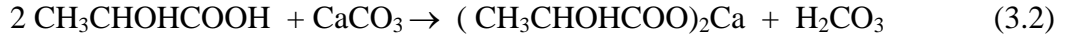
Toplam eşitliğe (denklem 3.1) göre, teorik laktik asit verimi fermente edilebilir heksoz şekerine göre ağırlıkça % 100' dür.



Gerçekte bu verim hiç elde edilemez. Çünkü, bir kısım karbonhidrat, mikroorganizma tarafından kendi metabolizması için harcanır. Diğer kayıplar ise sonraki proses basamaklarında ortaya çıkar, bundan dolayı ticari çalışmalardaki verim, normalde % 85 olarak kararlaştırılmıştır. Laktik asit üretim proseslerinin tümü temel olarak fermentasyonla gerçekleştirilir. Fakat laktik asidin fermentasyon sıvısından ayrılması için uygulanan işlemler üretilmek istenen asidin kalitesine göre farklılaşır [8].

3.2.2.1. Laktik Asidin Üretim Aşamaları

Laktik asit üretiminin istenilen verim ve kalitede gerçekleştirilmesi için çeşitli hesaplamalarla belirlenen hammadde ve yardımcı madde miktarları kullanılır. Fermentöre hammadde, yardımcı maddeler ve fermentasyonu gerçekleştirecek olan bakteri, *Lactobacillus delbrueckii* kültürü ekilir. Fermentasyon sıcaklığı 45–50°C'a ayarlanır. Fermentasyon sırasındaki pH değeri ortama CaCO₃ eklenmesiyle 5,5 – 6,5 arasında muhafaza edilir. Ortam havalandırılmaz, fakat kalsiyum karbonatı süspansiyon halinde tutup fermentasyon sırasında oluşan laktik asitle reaksiyona girmesi için karıştırma yapılır. Laktik asitle, CaCO₃'ün reaksiyonu sonucu kalsiyum laktat oluşur. Böylece asit ortamdan uzaklaştırılmış ve pH yükseltilmiş olur. Çünkü aside karşı çok hassas olan *Lactobacillus*'un ortamda %1 süt asidi bulunması halinde dahi faaliyetinin durması asit fermentasyonunu durdurur.



Fermentasyon genellikle 6 günde tamamlanır. *Lactobacillus delbrueckii* ile laktik asit fermentasyonlarında yüksek inkübasyon sıcaklığından dolayı kontaminasyon özel bir sorun oluşturmaz. Fermentasyon için etkin olan kontaminantların çoğu 45 °C ya da daha yüksek sıcaklıklarda üreyemezler, bu sıcaklık ancak laktik asit bakterilerinin üremesine müsaade eder. Bununla birlikte fermentasyonun sonuna doğru laktik asit bakterilerinin aktivitesi azaldıktan sonra bütirik asit üreten mikroorganizmalar kontaminasyona neden olabilir.

Sürekli laktik asit fermentasyonları ticari ölçüde sınırlı derecede uygulanmıştır. Bunun nedeni sürekli fermentasyon sırasında çekilen kısmen fermente olmuş ortamda bulunan şekerin laktik asidin kazanılması sırasında güçlükler çıkarmış olmasıdır.

Fermentasyon sonunda ortama fazladan CaCO₃ eklenerek pH yaklaşık olarak 10 'a ayarlanır, sonra fermentasyon sıvısı filtre edilir. Bu işlem bütün laktik asidi kalsiyum laktata dönüştürür, bakterileri öldürür, ortamdaki proteinleri koagüle eder, aşırı kalsiyum karbonatı giderir ve ortamda kalan şekerin bozunmasına yardımcı olur.

Süzülmüş fermentasyon sıvısı kalsiyum laktat kristallendirilmek üzere yoğunlaştırılır. Bu adımı, kalsiyumu CaSO_4 olarak gidermek üzere H_2SO_4 'ün eklenmesi izler.



Elde edilen laktik asit çözeltisi bir buharlaştırıcıda fazla suyu uzaklaştırılarak, kullanılacağı amaca göre derişiklendirilir ve laktik asidin aşındırıcı etkisi göz önünde tutularak uygun malzemedен yapılmış tanklarda depo edilir [5,8]. Bu yöntem kesikli bir yöntemdir. Ayrıca kalsiyum laktat kaybına sebep olması ve çevreye çok miktarda zararlı kimyasal atık atılmasına sebep olmasından dolayı yerini ekstraktif fermentasyon, adsorpsiyon ve elektrodiyaliz gibi yöntemlere bırakmıştır.

3.2.3. Laktik Asidin Kullanım ve Uygulama Alanları

Laktik asit iyi çözücü özelliklerine sahip zayıf bir asittir. Kolaylıkla polimerleşebilir. Bu özellikleri nedeniyle geniş bir kullanım alanı vardır. Besin maddelerinin korunması amacıyla asitlik sağlar. Laktik asit, asitlendirici, tat verici, pH tampon reaktifi ve bakteriyel bozunmalarda inhibitör olarak proses adımlarında kullanılır.

Laktik asit ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) ve tuzları (potasyum, kalsiyum, amonyum, magnezyum) gıdalarda ilk olarak kullanılan asitliğı düzenleyicilerdir. Diğer asitlerden farklı olarak daha viskoz ve uçucu olmayan bir sıvı olan laktik asidin, diğer asitliğı düzenleyicilere kıyasla gıdalarda koruyucu özelliğinin yüksek olduğu bilinmektedir ve diğer yemek asitlerine göre hafif bir asidik tadı vardır.

Laktik asit fermente ve salamura gıdalarda, mikroorganizma gelişimini önlemek amacıyla kullanılmaktadır. En geniş kullanım alanının ise peynir olduğu bilinmektedir. Laktik asit; peynirlerde, diğer süt ürünlerinde, bira ve şarapta pH ayarlayıcı olarak kullanılmaktadır.

Polilaktik asitler, çeşitli reçinelerin üretiminde kullanılır. Fenol formaldehit reçineleri

üretiminde bitirme ajanı olarak kullanılmakta olup, ayrıca yapıştırıcı formülasyonlarında da yer almaktadır.

Teknik süt asidi, dericilikte deriyi kabartmak ve kirecini uzaklaştırma gayesi ile kullanılabilir gibi, ayrıca tuzları da boyacılıkta kullanılır. Arıtılmış süt asidi, şarap asidi ve limon asidi yerine şurup ve gazoz yapılmasında kullanılmaktadır.

Laktik asit, çoğu eczacılık ve kozmetik uygulamalarda kullanılmaktadır. Eczacılıkta, damla ve şurup şeklinde kullanılır. Çocuklardaki yeşil ishale karşı kullanılır. Ayrıca antibiyotik tedavisinden sonra, bağırsak florasını düzeltmek için kullanılır. Bunun yanı sıra merhem formülasyonlarında, losyonlarda, akne önleyici çözeltilerde ve diyaliz uygulamalarında da kullanılmaktadır. Kalsiyum yetersizliği tedavilerinde kalsiyum laktat olarak kullanılır.

Laktik asidin polimerleri biyolojik parçalanabilme özelliği olan termoplastiklerdir. Biyolojik olarak bozunabilme terimi, bir polimerin biyolojik reaksiyon sonucu karbon dioksit, metan, su ve biyolojik kütle indirgenbilmesi anlamına gelir [20]. Bu polimerler şeffaftır. Özellikleri bakımından petrol türevi olan plastiklere yaklaşıp.

Laktik asidin etil/butil laktat gibi esterleri yeşil dostu çözücüler olarak adlandırılırlar. Bunlar yüksek sıcaklıkta kaynayan, zehirli olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen komponentlerdir.

Laktik asidin esterleri; fırında pişirilen yiyeceklerde emülsifiye edici olarak kullanılırlar (stearoil-2-laktat, gliseril laktostearat, gliseril laktopalmitik). Kalsiyum laktat, pasta yapımında kabartma tozu olarak, bakır laktat ise elektro kaplama işlemlerinde geniş olarak kullanılmaktadır.

Laktik asit çeşitli ticari ölçülerde satılır ve en iyi derecede olanlar iyi saflaştırılmış substratların kullanıldığı fermentasyon sıvılarından elde edilir. Ticari ölçülerden biri 'ham' ya da 'teknik' laktik asittir. Bu renkli bir ürün olup laktik asidin sudaki %22, 44, 50, 66 ve 80 gibi çeşitli konsantrasyonlarında hazırlanan çözeltilisidir. Bu laktik asitte fermentasyon ortamından gelen kirlilikler bulunur ve saf ürünün gerekli olmadığı birçok

sınai alanlarda kullanılır. Bunlardan biri derilerde kirecin giderilmesidir [8].

Laktik asit ve türevlerinin geniş bir uygulama alanının olduğu gıda alanındaki uygulamaları Tablo 3.6’da özetlenmiştir.

Tablo 3.6: Laktik asit ve türevlerinin gıda alanındaki uygulamaları

BİLEŞİM	UYGULAMA ALANI
Kalsiyum laktat	Tat verici katkı maddesi, katılaştırma reaktifi, stabilizör olarak kullanılır.
Potasyum laktat	Tat verici katkı maddesi ve pH kontrolünde kullanılır.
Sodyum laktat	Tat verici katkı maddesi, pH kontrolünde ve emülsifiyer olarak kullanılır.
Kalsiyum stearoil-2-laktilat	Üretim fırınlarında hamura şekil vermede, yumurta üretimlerindeki reaktifleri hızlandırmada kullanılır.
Sodyum stearoil laktat	Hamur şekillendirici, emülsifiyer, süt ve kremada proseslerin kararlılığına yardımcı kullanılır. Taklit peynirlerde ve dehidrate patateslerde bulunur.

3.3. EKSTRAKTAN OLARAK KULLANILAN AMİNLER

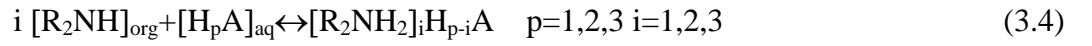
Yapılan çok sayıdaki araştırma uzun zincirli tersiyer aminlerin karboksilik asitler için etkili ekstraktanlar olduğunu göstermiştir. Asit ve amin arasındaki kuvvetli etkileşim ve bunun sonucu olarak oluşan kompleks yapı oldukça yüksek dağılma katsayılarına yol açar. Buna ek olarak organik bir baz olan aminin asite karşı yüksek ilgisi, bir karışımda bulunan asit için karışımdaki diğer asidik olmayan bileşenlere karşı yüksek bir seçicilik sağlar.

3.3.1. Amberlite LA-2

Amberlite LA-2, suda çözünmeyen, bir sekonder amin karışımıdır. Düşük pH değerlerinde yağda çözülebilen anyonik türlü tuzları oluşturulabilir.

Amberlite LA-2 organik veya inorganik bileşiklerin saflaştırılması ve geri kazanımında kullanılır. Çözücü ekstraksiyonu prosesini kullanarak anyon oluşturabilir.

Amberlite LA-2 bazik azot atomu içerir, bu yüzden farklı inorganik ve organik asitlerle amin tuzları oluşturarak reaksiyon verebilir. Bu amin tuzları diğer anyonların varlığında farklı iyon değişimi reaksiyonları verebilirler. Genel reaksiyonlar;



Solvent ekstraksiyonunda reaktif olarak kullanıldığı zaman, Amberlite LA-2 ilk olarak sulu çözeltideki hedef türü ekstrakte eder ve sonra hedef türün elde edilmesi için amin ortamdan sıyrılarak geri kazanılmalıdır. Amin tipi ekstraktanlar çok çeşitli inorganik tuzlarla geri kazanılabilir. Bunlara örnek olarak NaCl, Na₂CO₃ ve (NH₄)₂SO₄ gösterilebilir. Geri kazanımda kullanılacak olan inorganik tuz, tüm geri kazanım prosesine bağlıdır. Birçok durumda anyonik komplekslerin oluşumu ve onların sonraki ekstraksiyonu, anyonik komplekse anyon sağlayıcının konsantrasyonuna bağlıdır [21,22].

3.3.1.1. Amberlite LA-2 nin Fiziksel Özellikleri

Tablo 3.7’de Amberlite LA-2 amin ekstraktanın fiziksel özellikleri belirtilmiştir.

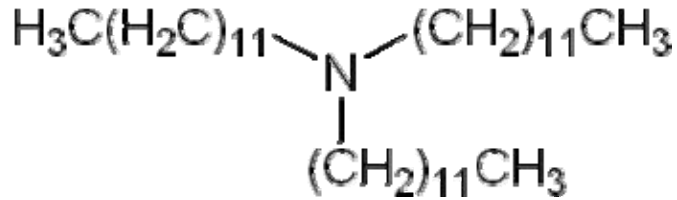
Tablo 3.7: Amberlite LA-2 nin fiziksel özellikleri

Molekül Ağırlığı	353-395* g/mol
Asit bağlama kapasitesi	2.6-2.9 mek/g
Viskozite	18 cp (25°C)
Yoğunluk	0.83 g/ml (20°C)
Sudaki çözünürlük	Çok az (20°C)

* Tavsiye edilen molekül ağırlığı: ortalama 374 g/mol (Sigma Chemicals)

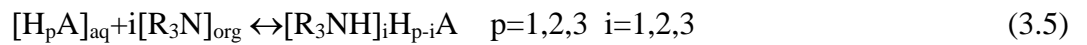
3.3.2. Tridodesilamin (TDA)

Tridodesil amin diğer adı trilavril amin olan tersiyer bir amindir. Şekil 3.6. da yapısal formülü görülmektedir.



Şekil 3.6: TDA nın yapısal formülü

Suda çözünmeyişi ve tersiyer bir amin olması hidroksi karboksilik asit ekstraksiyonunda tercih edilme sebeplerindedir. Tridodesil amin asitlerle reaksiyona girerek kompleks oluşturur. Bu şekilde reaktif ekstraksiyon yöntemiyle asitleri sulu ortamdan çeker. Tridodesil aminin genel kompleks oluşturma reaksiyonu şöyledir [23]:



3.3.2.1. Tridodesilamin' in Fiziksel Özellikleri

Tablo 3.8’de Tridodesilamin’in fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.8. TDA’nın fiziksel özellikleri

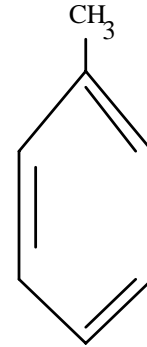
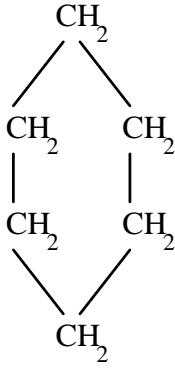
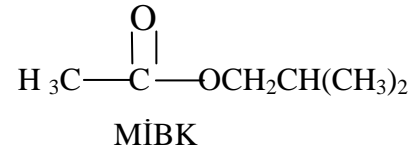
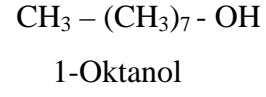
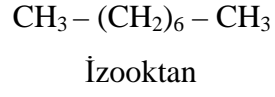
Molekül ağırlığı	522,01 g/mol
Erime noktası	16°C
Kaynama noktası	450°C
Tutuşma sıcaklığı	245°C
Alevlenme noktası	190°C
Yoğunluk	0,82 g/cm ³
Sudaki çözünürlüğü	(20°C) çözünmez

3.4. SEYRELTİCİ OLARAK KULLANILAN ÇÖZÜCÜLER

Bu çalışmada aminleri seyreltmek amacıyla beş farklı çözücü ve üç farklı çözücü karışımı kullanılmıştır. Bu çözücüler; sikloheksan, 1-oktanol, izooktan, metilizobutylketon ve toluendir. Tablo 3.9’da ekstraksiyonda kullanılan çözücülerin fiziksel özellikleri belirtilmiştir. Ayrıca Şekil 3.7’de de kullanılan çözücülerin molekül formülleri gösterilmiştir.

Tablo 3.9: Ekstraksiyonda kullanılan aminleri seyreltmek amacıyla kullanılan çözücülerin fiziksel özellikleri.

	1-oktanol	Sikloheksan	izooktan	Toluen	MİBK
Mol ağırlığı g / mol	130,23	84,16	114,23	92,14	100,16
Yoğunluk kg / L	0,83	0,78	0,69	0,87	0,80
Kaynama noktası °C	195,16	80	99	111	116
Erime noktası °C	-14,8	6	-107	-95	-84
Kırılma indisi 20 °C	1,4295	1,4266	1,3915	1,4961	1,3962
Buhar Basıncı (mmHg) 20 °C	0,1	10,4	3,75	29	20
Viskozite (cp) 20 °C	9	0,94	0,51	0,58	0,59
Dielektrik sabiti 20 °C	10,3	2,0	1,9	2,3	13,1



Şekil 3.7: Aminleri seyreltmek amacıyla çalışmada kullanılan çözücülerin molekül formülleri

3.5. ADSORPSİYONDA KULLANILAN İYON DEĞİŞTİRİCİ VE ADSORBANLAR

3.5.1. AMBERLİTE IRA-67

Amberlite IRA-67 zayıf bazik, tersiyer amin fonksiyonel grubu içeren poliakrilik bir reçinedir. Tablo 3.10’da Amberlite IRA-67’nin fiziksel özellikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.10: Amberlite IRA-67 nin fiziksel özellikleri

Kimyasal formül	Yoktur
Yoğunluk	1.06 g/cm ³
Tutuşma sıcaklığı	427°C

Amberlite IRA-67, organik asitlerle genel olarak şu şekilde reaksiyon verir:



Oluşan reaksiyonda organik asidin sahip olduğu karboksil grubu sayısı kadar amin etkileşime girmiştir. Reaksiyon sonucunda kompleks oluşmuştur. Bu şekilde iyon değiştirici reçine üzerinde kimyasal bir adsorpsiyon meydana gelmiş olur [24].

3.5.2. Aktif Karbon

Yaygın olarak kullanılan endüstriyel adsorbanlar arasında kirliliği kontrol amacıyla kullanılan adsorbanların en önemlisi aktif karbonlardır. Endüstriyel olarak aktif karbonlar organik kökenli maddelerin karbonizasyonu sonucunda çeşitli şekillerde aktivasyonu ile elde edilir. Bu organik maddeler odun, linyit, kömür, fındık kabuğu, pirinç kabuğu gibi maddelerdir. Aktif karbonlarla ilgili üretim yöntemlerine ait patentler 1900’lü yılların başlarında alınmıştır. İki çeşit üretim yöntemi vardır. Bunlar

kimyasal aktivasyon ve gaz aktivasyonudur.

Aktif karbon büyük kristal şekli, geniş iç gözenek yapısı ile karbonlu adsorbanlar ailesini tanımlamada kullanılan genel bir terimdir. Bunlar insan sağlığına zararsız, kullanımı kolay, yüksek gözenekliliğe sahip ve geniş iç yüzey alanı olan maddelerdir. Aktif karbon toz halde, pellet, granül, silindirik, küresel veya fiber halde bulunur.

Bu çalışmada kullanılan organik asitlerle aktif karbon arasında fiziksel adsorpsiyon meydana gelir.

3.6. DENEYSEL YÖNTEM

3.6.1. Sıvı-sıvı Ekstraksiyonu

Denemelerde kullanılan sitrik asit ve laktik asit Merck firmasından sağlanmış olup bu asitlerin %10'luk sulu çözeltileri hazırlanmıştır. Ekstraktan olarak kullanılan Tridodesilamin ve Amberlite LA-2 nin 1-oktanol, sikloheksan, izooktan, toluen ve metilizobütiketon içerisinde ve 6 farklı konsantrasyonda karışımları hazırlanmıştır. Bu konsantrasyonlar sitrik asit ve laktik asit için 2.62, 1.57, 0.94, 0.52, 0.22 mol/L dir. Kullanılan çözücülerin tamamı saf olup Merck firmasından sağlanmışlardır

Hazırlanan ekstraktan karışımları ve % 10'luk sulu asit çözeltisi 1:1 hacim oranında 50 mL' lik erlenlere alınmış ve termostatlı bir çalkalayıcı içerisinde 4 saat karıştırılmıştır.

Literatürde bir maddenin denge dağılımını elde etmek için iki fazın karıştırılması ve ayrılmasında kullanılmak üzere bir çok yöntem verilmiştir. Bununla birlikte birçok araştırmacı bir veya daha fazla saat çalkalamayı önermişlerdir. Bu çalışmada yapılan ön denemeler sonucunda denge derişimi elde etmek için gerekli sürenin 4 saat olduğu belirlenmiştir.

Karıştırma işleminden sonra örneklerin fazlarının tamamen birbirinden ayrılması için 1 saat bekletilmiş ve fazlar ayrılarak her iki fazdaki asit miktarları literatürde önerildiği şekilde 0.1 N NaOH ile titre edilerek analiz edilmiştir. Organik fazdaki asit miktarları kütle denkliğinden bulunarak karşılaştırılmıştır.

3.6.2. Adsorpsiyon

Adsorpsiyon yönteminde, adsorban olarak aktif karbon kullanılmıştır. İlk olarak sitrik asit ve laktik asidin %10'luk hazırlanan sulu çözeltiler ile 7 adet karışım hazırlanmıştır. Bu karışımların içerisinde 0,25 g. aktif karbon ve 5 mL %10'luk sulu asit çözeltisi bulunmaktadır. Daha sonra bu karışımlar sabit sıcaklıkta çalkalayıcı içerisinde yerleştirilmişlerdir. Her yarım saatte bir, bir örnek alınıp, süzülüş ve su fazı analiz edilmiştir. Bu şekilde karışımların dengeye geldiği süre belirlenmiştir. Dengeye gelme süresi belirlendikten sonra farklı aktif karbon konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin belirlenmesi için 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 gramlık örnekler alınarak 5 ml sulu asit çözeltisinde dengeye gelene kadar karıştırma işlemi yapılmış ve su fazı analiz edilmiştir ve bu sonuçlardan optimum aktif karbon miktarı belirlenmiştir.

Bu denemeden sonar, başlangıç asit konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin incelenmesi amacıyla % 2,5; % 5; % 20 lik konsantrasyonlarda sulu asit çözeltileri ile belirlenen optimum aktif karbon miktarı karışım haline getirilip dengeye gelene kadar karıştırılmıştır. Dengeye geldikten sonra su fazı analiz edilmiştir.

3.6.3. İyon Değişimi

İyon değişimi yönteminde, iyon değiştirici reçine olarak Amberlite IRA-67 kullanılmıştır. İlk olarak sitrik asit ve laktik asidin %10'luk hazırlanan sulu çözeltileri ile 7 adet karışım hazırlanmıştır. Bu karışımların içerisinde 1 g. Amberlite IRA-67 ve 5 mL % 10 luk sulu asit çözeltisi bulunmaktadır. Daha sonra bu karışımlar sabit sıcaklıkta çalkalayıcı içerisinde yerleştirilmişlerdir. Her 40 dakikada bir, bir örnek alınarak analiz

edilmiştir. Bu şekilde karışımların dengeye geldiği süre belirlenmiştir. Dengeye gelme süresi belirlendikten sonra farklı Amberlite IRA-67 konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin belirlenmesi için 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ve 2,0 gramlık örnekler alınarak 5 ml sulu asit çözeltisinde dengeye gelene kadar karıştırma işlemi yapılmış ve su fazı analiz edilmiştir. Bu sonuçlardan optimum Amberlite IRA-67 miktarı belirlenmiştir.

Bu denemeden sonra da başlangıç asit konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin incelenmesi amacıyla %2,5; %5; %20'lik konsantrasyonlarda sulu asit çözeltileri ile belirlenen optimum Amberlite IRA-67 miktarı karışım haline getirilip dengeye gelene kadar karıştırılmıştır. Dengeye geldikten sonra su fazı analiz edilmiştir.

3.7. DENEYSEL VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Deneysel olarak elde edilen su ve organik faz asit derişimlerinden D, dağılma katsayısı Z, yükleme değeri ve E, % ekstraksiyon verimi hesaplanmıştır. Hesaplamalarda kullanılan formüller şu şekildedir:

$$D = \frac{C_E}{C_R} \quad (3.7)$$

$$Z = \frac{\text{Organik fazdaki asit Kons. (mol/L)}}{\text{Organik fazdaki amin Kons. (mol/L)}} \quad (3.8)$$

$$E = (1 - (C_a / C_{ao})) \times 100 \quad (3.9)$$

C_a = Ekstraksiyondan sonra su fazındaki asit derişimi

C_{a_0} = Su fazındaki başlangıç asit derişimi

E = % ekstraksiyon verimi

E değerinin % 100 olması sulu fazdaki asidin tamamının organik faza geğtiği anlamına gelir. Diğer bir ifadeyle E sulu fazdaki asidin yüzde kaçının organik faza geğtiğini göstermektedir [3].

Bu şekilde hesaplanan D, Z, E değerleri ve herbir ekstraktan bileşiminin içindeki amin konsantrasyonu ile sulu faz ve organik faz asit derişimleri ile birlikte tablolar halinde sunulmuştur.

4. BULGULAR

Bulgular kısmında laktik asit ve sitrik asidin tridodesilamin ve Amberlite LA-2 ile 5 farklı çözücü ve 3 farklı çözücü karışımı kullanılarak ekstraksiyonunda farklı asit ve amin konsantrasyonlarının etkisini inceleyen denemelere ait deneysel bulgular sunulmuştur. Ayrıca bu asitlerin aktif karbon ve Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna, asit ve amin konsantrasyonlarının etkisi incelenmiştir. Bu adsorpsiyon proseslerinin Langmuir ve Freundlich izotermi hesaplanmıştır. Sonuçlar tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

4.1. LAKTİK ASİT DENEMELERİ

4.1.1. Laktik Asidin Tridodesilaminle Ekstraksiyonu

4.1.1.1. Tridodesilamin–Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları

Bu kısımda laktik asidin, tridodesilamin ile ekstraksiyonunda kullanılan 5 farklı seyreltici için bulunan organik ve sulu faz konsantrasyonları ile Z (Yükleme Değeri), D (Dağılım Katsayısı), E (Yüzde Ekstraksiyon Etkinliği) ve pH değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 4.1: Seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	1,05	0,06	1,79	0,06	0,30	5,85
0,52	0,71	0,39	2,00	0,56	0,75	36,04
0,94	0,54	0,57	2,10	1,05	0,61	51,35
1,57	0,44	0,67	2,13	1,52	0,43	60,36
2,62	0,35	0,76	2,21	2,17	0,29	68,47

Tablo 4.2: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,81	0,30	1,82	0,37	1,36	27,03
0,52	0,61	0,50	1,91	0,84	0,96	45,05
0,94	0,45	0,66	2,06	1,45	0,70	59,46
1,57	0,32	0,79	2,13	2,50	0,50	71,17
2,62	0,21	0,90	2,29	4,25	0,34	81,08

Tablo 4. 3: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar

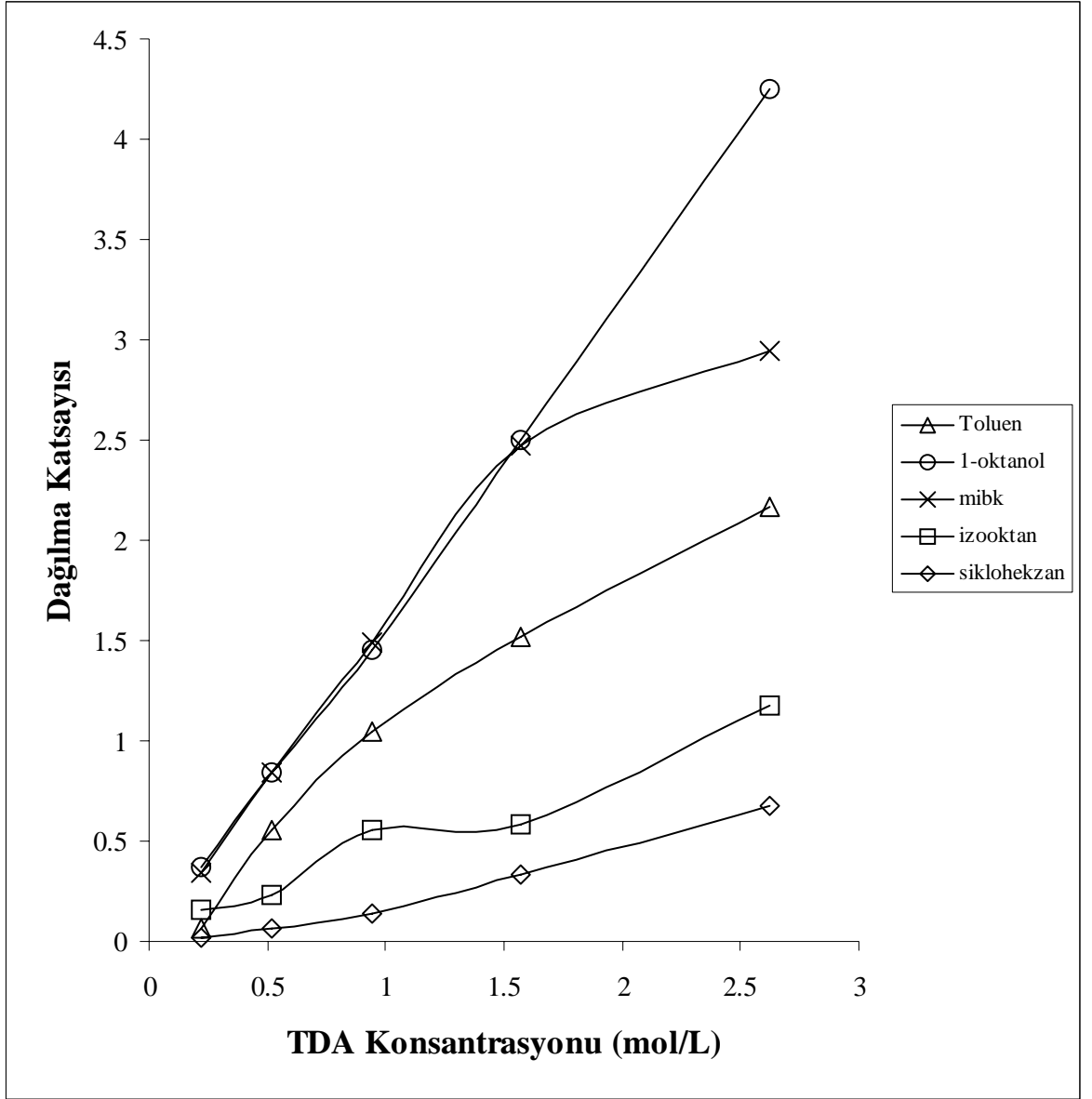
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,83	0,28	1,96	0,34	1,27	25,23
0,52	0,60	0,51	2,05	0,84	0,98	45,95
0,94	0,45	0,66	2,08	1,49	0,70	59,46
1,57	0,32	0,79	2,18	2,47	0,50	28,83
2,62	0,28	0,83	2,32	2,94	0,32	74,77

Tablo 4. 4: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

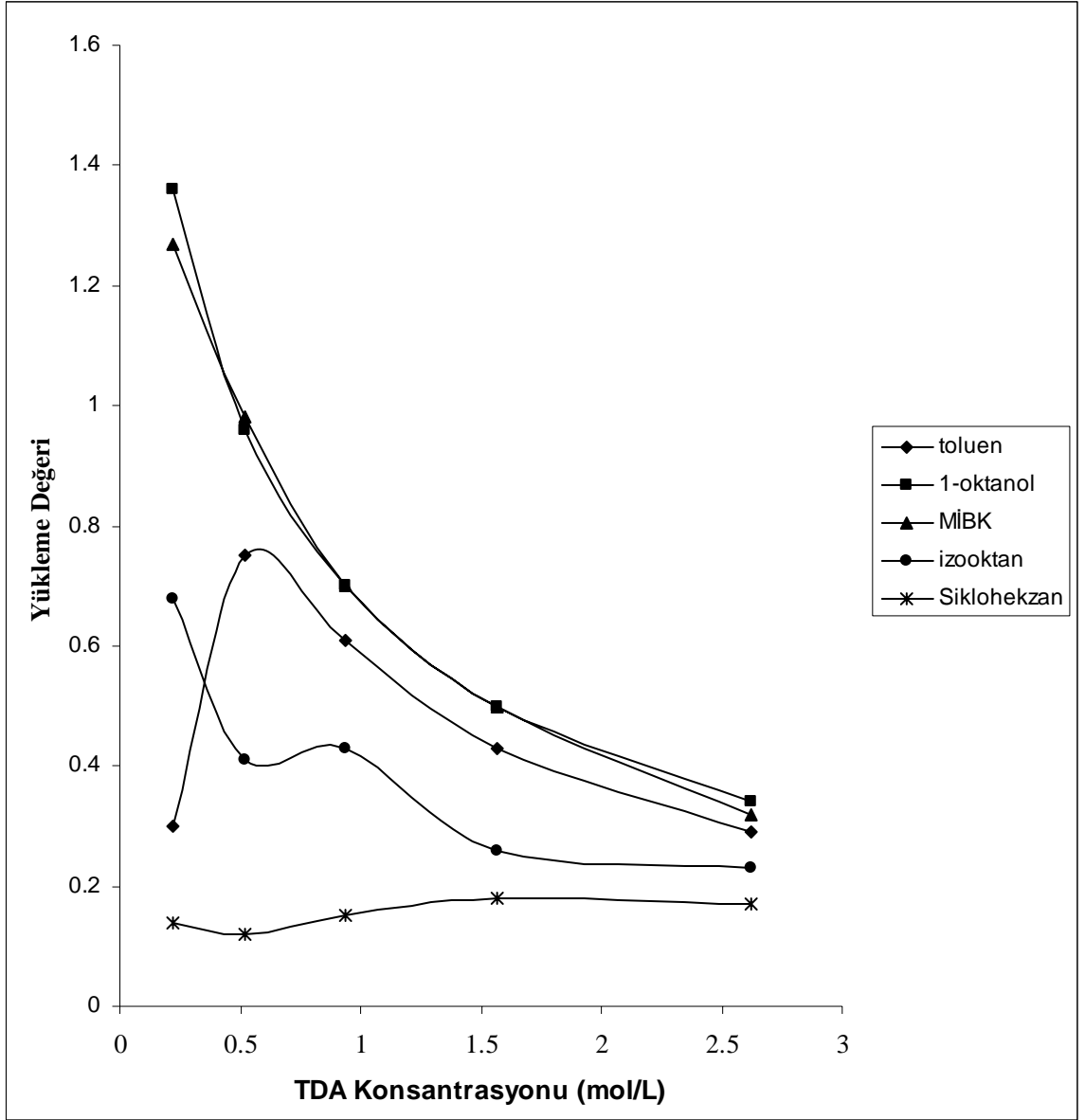
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,96	0,15	1,80	0,16	0,68	13,51
0,52	0,90	0,21	1,84	0,23	0,41	18,92
0,94	0,71	0,40	1,91	0,56	0,43	36,04
1,57	0,70	0,41	2,01	0,58	0,26	36,94
2,62	0,51	0,60	2,09	1,18	0,23	54,05

Tablo 4. 5: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	1,08	0,03	1,83	0,02	0,14	2,70
0,52	1,05	0,06	1,85	0,06	0,12	5,41
0,94	0,97	0,14	1,88	0,14	0,15	12,61
1,57	0,83	0,28	1,94	0,33	0,18	25,23
2,62	0,66	0,45	2,00	0,68	0,17	40,54



Şekil 4. 1: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının TDA derişimi ile değişimi



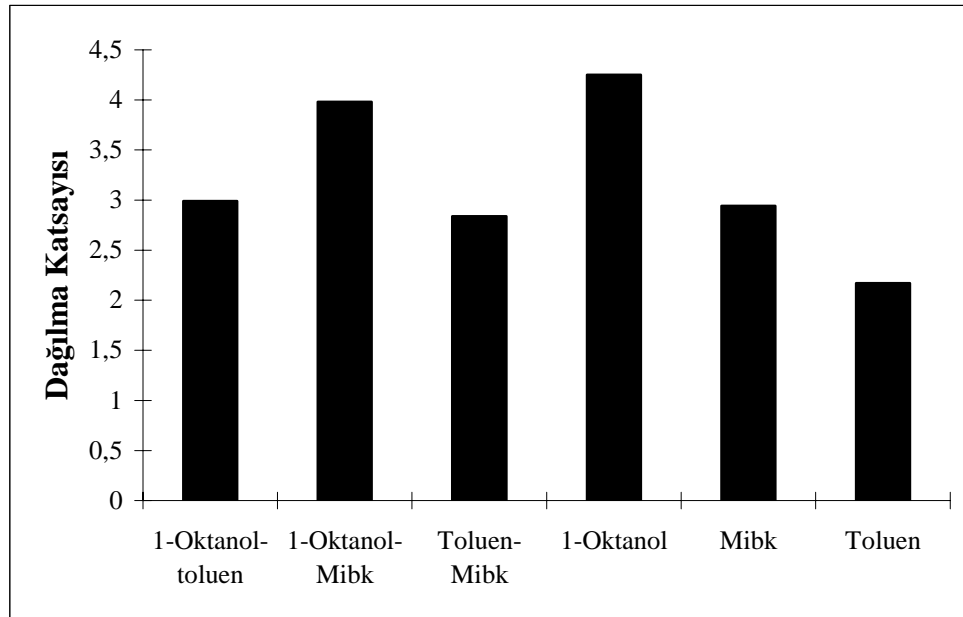
Şekil 4. 2: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerlerinin TDA derişimi ile değişimi.

4.1.1.2. *Laktik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanol – Toluen, 1-Oktanol-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu*

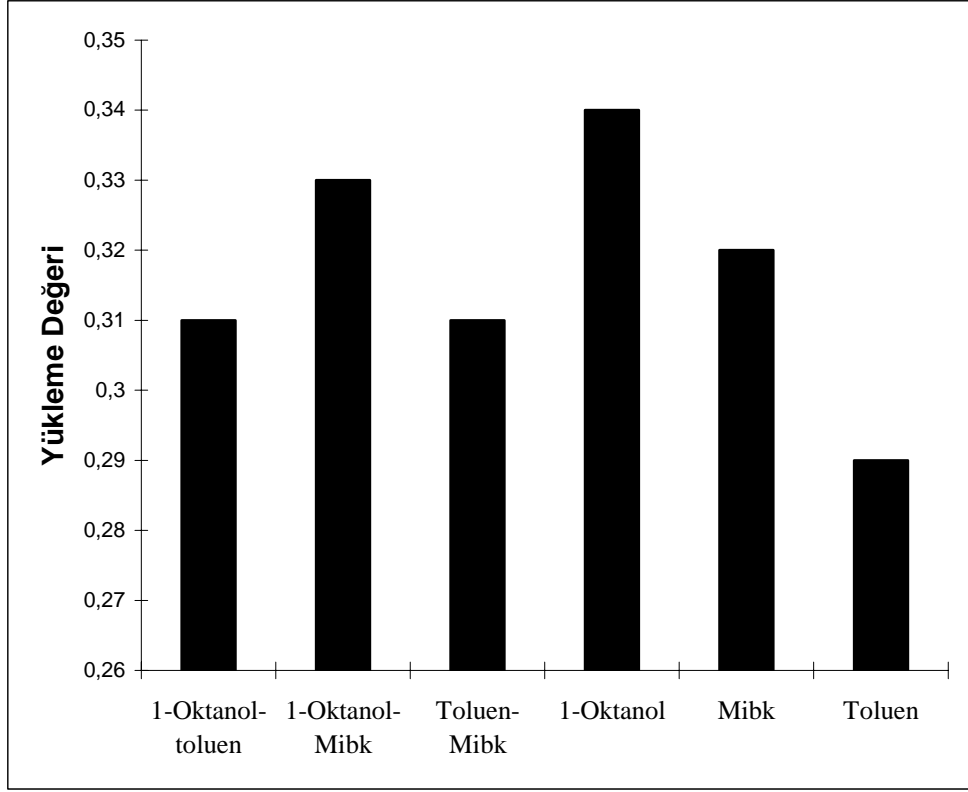
Bu denemede, TDA varlığında en iyi dağılma katsayısı sonuçlarını veren 3 çözücünün karışımları hazırlanmış ve laktik asit ekstraksiyonu yapılmıştır.

Tablo 4.6: Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar

Seyreltici Çözücü Karışımları	C_{eorg} (mol/L)	C_a (mol/L)	C_{aorg} (mol/L)	pH	D	Z	E (%)
1-Oktanol- Toluen	2,62	0,27	0,82	2,52	2,99	0,31	75,23
1-Oktanol- MİBK	2,62	0,22	0,87	2,58	3,98	0,33	79,82
MİBK- Toluen	2,62	0,28	0,81	2,48	2,84	0,31	74,31



Şekil 4. 3: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi



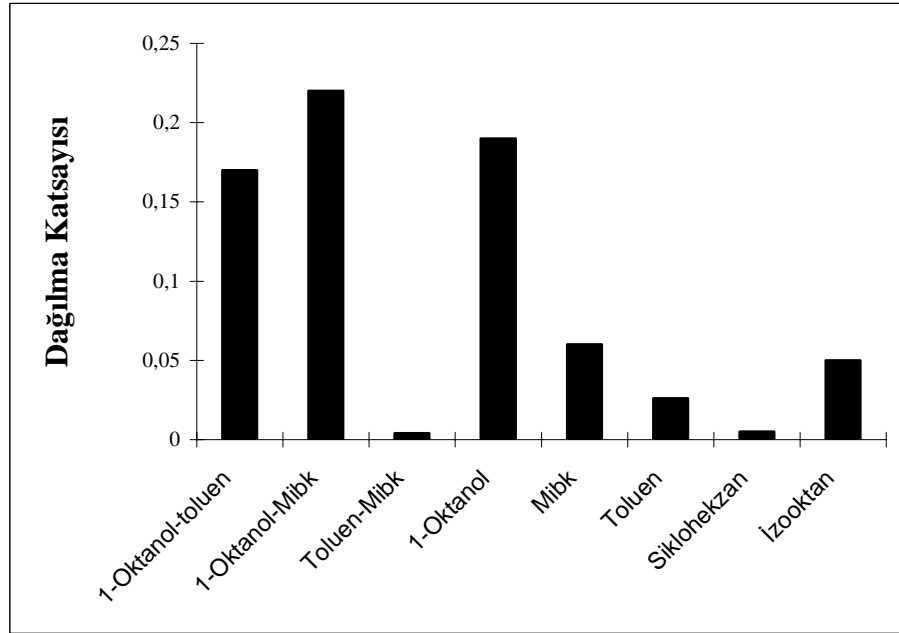
Şekil 4. 4: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi

4.1.1.3. Laktik Asidin Farklı Çözücülerle Elde Edilen Dağılma Katsayıları Sonuçları

Bu kısımda laktik asidin, amin ekstraktan kullanılmadan saf çözücülerle sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri sunulmuştur.

Tablo 4.7: Laktik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri

Çözücü	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	E(%)
Sikloheksan	1,10	0,01	1,76	0,01	0,90
İzooktan	1,05	0,06	1,76	0,05	5,41
MIBK	1,04	0,07	1,89	0,06	6,31
1-oktanol	0,94	0,17	1,74	0,19	15,32
Toluen	1,08	0,03	1,75	0,03	2,70
MIBK – 1-oktanol	0,89	0,21	2,02	0,22	19,09
MIBK-Toluen	1,09	0,01	1,94	0,004	0,91
1-oktanol – Toluen	0,94	0,16	1,98	0,17	14,55



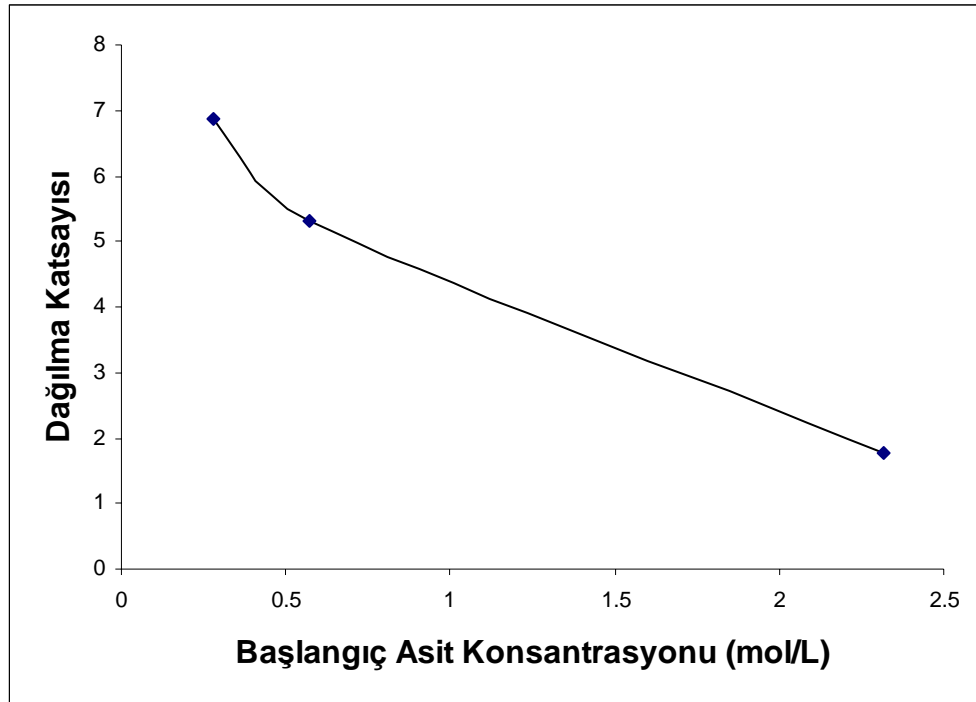
Şekil 4. 5: Laktik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları

4.1.1.4. Laktik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Bu kısımda laktik asidin, farklı başlangıç asit konsantrasyonlarında, 1-oktanol ile sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri sunulmuştur.

Tablo 4. 8: Laktik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

Başlangıç Asit Kons. (mol / L)	$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
2,32	2,62	0,84	1,48	2,01	1,76	0,56	63,8
0,57	2,62	0,09	0,48	2,80	5,31	0,18	84,21
0,28	2,62	0,04	0,24	3,27	6,87	0,09	87,14



Şekil 4. 6: Laktik asidin TDA ile ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

4.1.2. Laktik Asidin Amberlite LA-2 ile Ekstraksiyonu

4.1.2.1. Laktik Asidin, Amberlite LA-2 – Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları

Bu kısımda laktik asidin, Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda kullanılan 5 farklı seyreltici için bulunan organik ve sulu faz konsantrasyonları ile Z (Yükleme Değeri), D (Dağılma Katsayısı) ve E (Yüzde Ekstraksiyon Etkinliği) değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 4. 9: Seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,72	0,37	2,30	0,53	1,16	33,94
0,74	0,52	0,57	2,65	1,12	0,77	52,29
1,33	0,25	0,84	3,10	3,41	0,63	77,06
2,22	0,09	0,99	3,56	10,25	0,45	91,10
3,70	0,06	1,03	4,03	17,86	0,28	94,86

Tablo 4.10: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,68	0,41	2,34	0,60	1,28	37,62
0,74	0,42	0,67	2,76	1,63	0,91	61,47
1,33	0,22	0,87	3,22	4,10	0,65	79,82
2,22	0,06	1,03	3,89	18,22	0,46	94,50
3,70	0,03	1,06	4,32	34,36	0,28	97,16

Tablo 4.11: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar

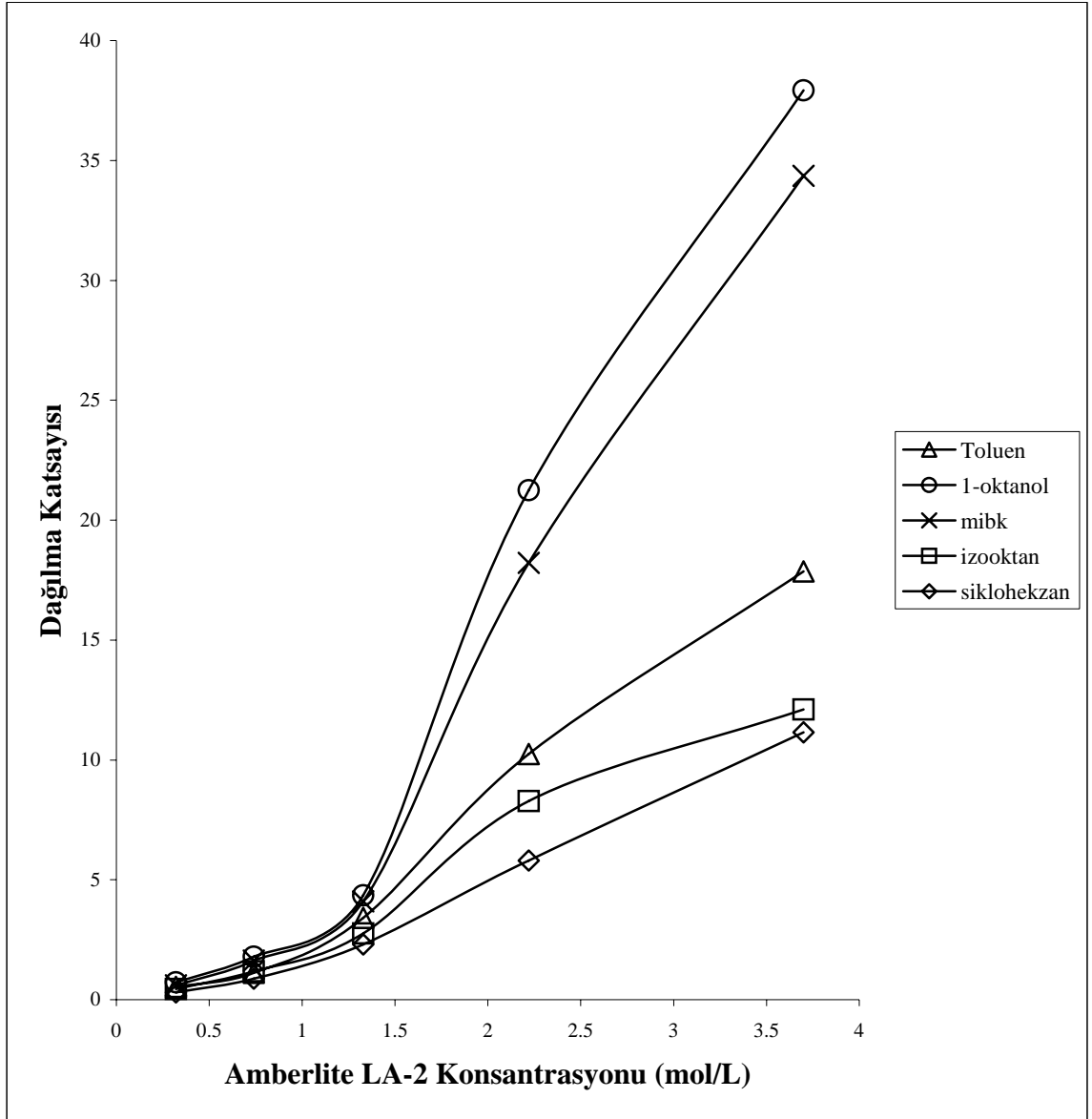
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,64	0,45	2,24	0,72	1,41	41,28
0,74	0,39	0,70	2,60	1,80	0,95	64,22
1,33	0,21	0,88	3,04	4,36	0,66	80,73
2,22	0,05	1,04	4,00	21,25	0,47	95,41
3,70	0,03	1,06	4,57	37,93	0,28	97,43

Tablo 4.12: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

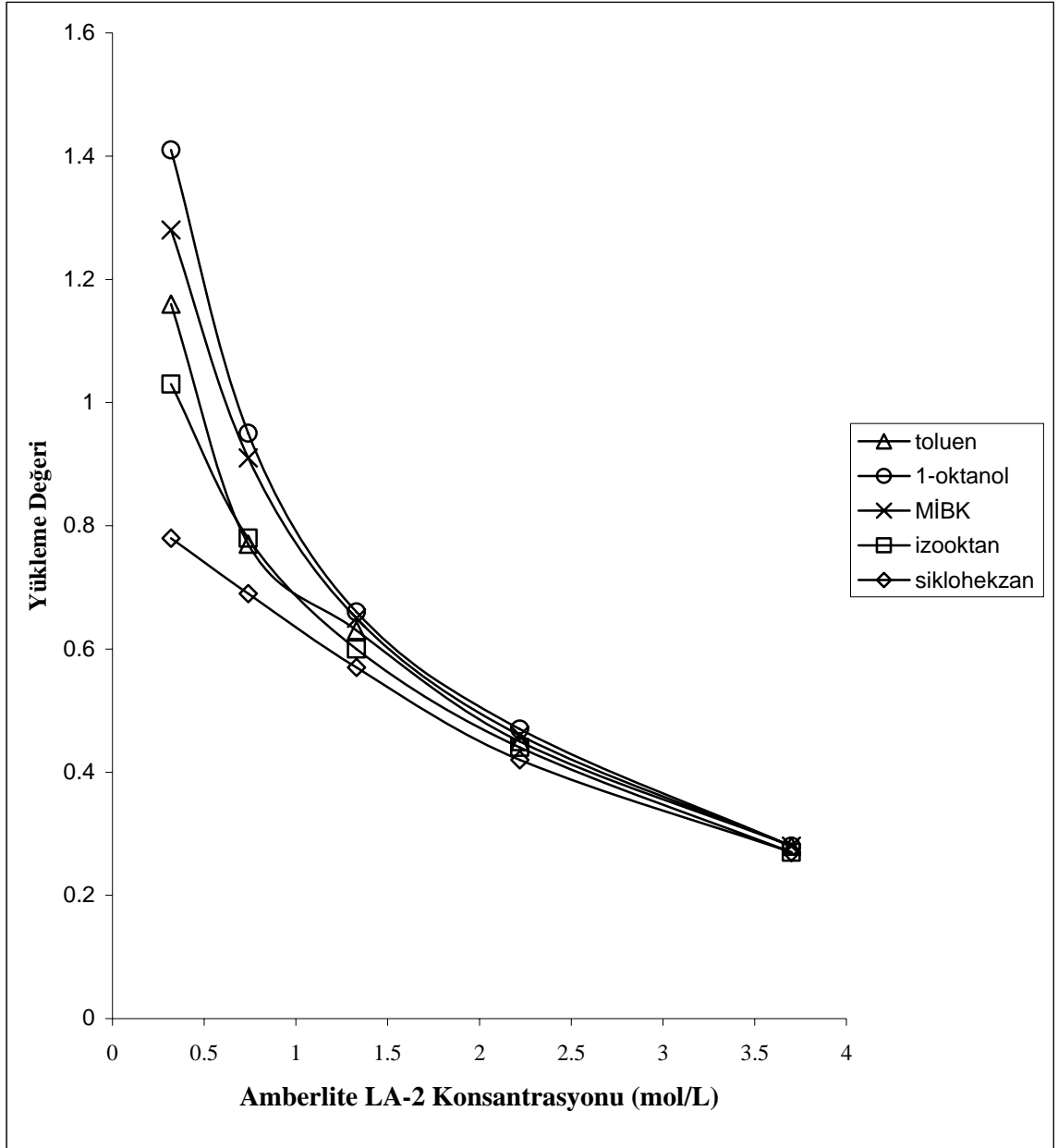
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,76	0,33	2,33	0,45	1,03	30,30
0,74	0,51	0,58	2,66	1,18	0,78	53,21
1,33	0,29	0,80	3,03	2,76	0,60	73,40
2,22	0,12	0,97	3,59	8,29	0,44	88,99
3,70	0,08	1,01	3,95	12,11	0,27	92,30

Tablo 4.13: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,84	0,25	2,28	0,31	0,78	22,94
0,74	0,58	0,51	2,62	0,88	0,69	46,78
1,33	0,33	0,76	2,96	2,30	0,57	69,72
2,22	0,16	0,93	3,36	5,80	0,42	85,32
3,70	0,09	1,00	3,82	11,15	0,27	91,74



Şekil 4. 7: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi

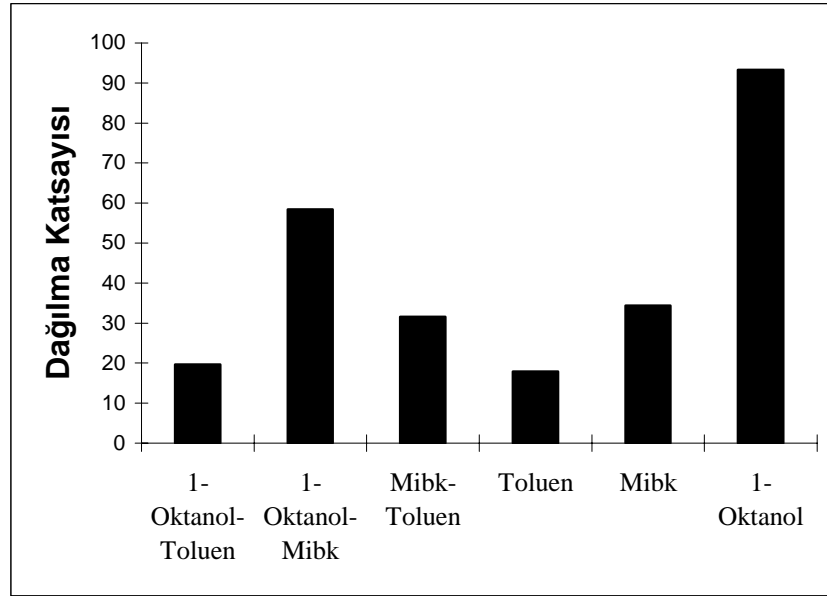


Şekil 4. 8: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yükleme değerinin Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi.

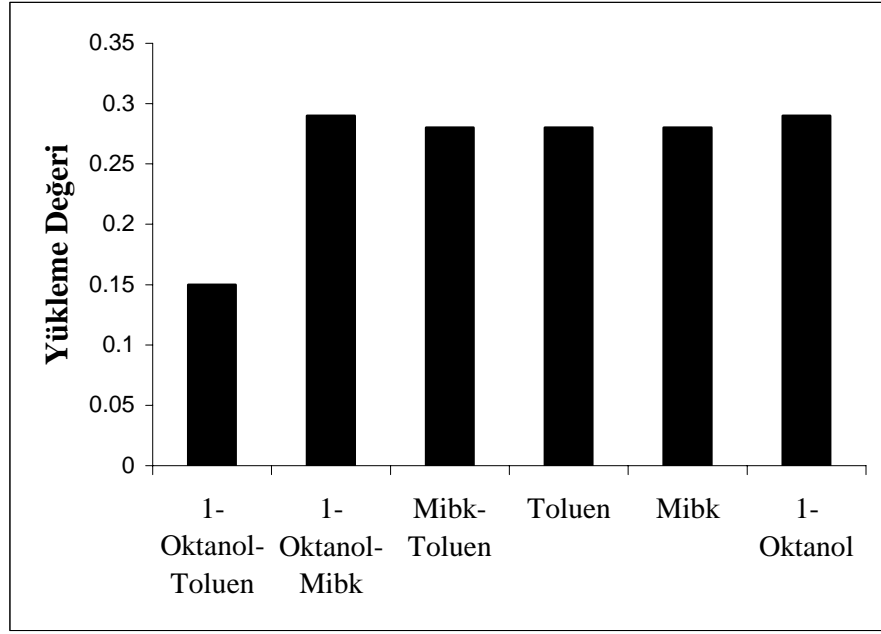
4.1.2.2. *Laktik Asidin Çözücü Karışımları (MIBK – Toluen, MIBK – 1-Oktanol, Toluen – 1-Oktanol) ile Ekstraksiyonu*

Tablo 4.14: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının ve yükleme değerlerinin değişimi.

Seyreltici Çözücü Karışımları	$C_{e\ org}$ (mol/L)	C_a (mol/L)	$C_{a\ org}$ (mol/L)	pH	D	Z	E(%)
1-Oktanol – Toluen	3,70	0,05	0,56	3,97	19,63	0,15	95,14
1-Oktanol- MİBK	3,70	0,02	1,07	4,49	58,40	0,29	98,35
MİBK- Toluen	3,70	0,03	1,06	4,26	31,60	0,28	97,25



Şekil.4.9: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi



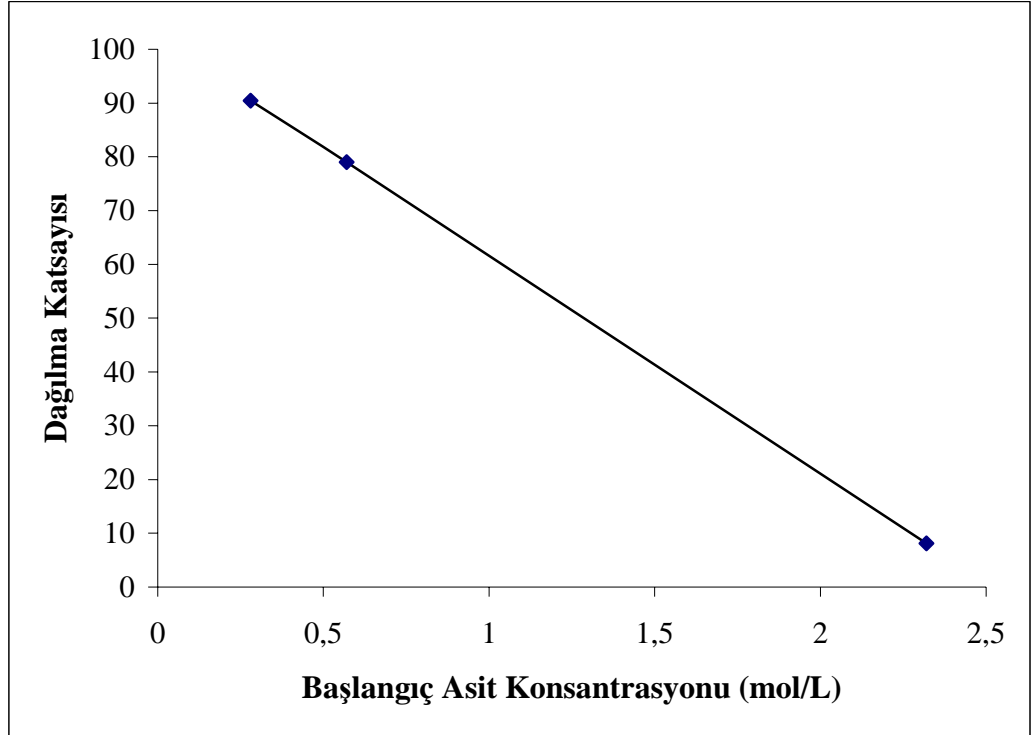
Şekil 4.10: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yüklenme değerlerinin değişimi

4.1.2.3. Laktik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Bu kısımda laktik asidin, farklı başlangıç asit konsantrasyonlarında, 1-oktanol ile, Amberlite LA-2 varlığında sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri sunulmuştur.

Tablo 4.15: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda farklı başlangıç asit konsantrasyonlarının dağılma katsayısı ve yükleme değerine etkisi

Başlangıç Asit Kons. (mol / L)	$C_{e\ org}$ (mol/L)	C_a (mol/L)	$C_{a\ org}$ (mol/L)	pH	D	Z	E(%)
2,32	3,70	0,25	2,07	3,17	8,13	0,56	89,22
0,57	3,70	$7,2 \times 10^{-3}$	0,56	-	79,00	0,98	98,73
0,28	3,70	$3,1 \times 10^{-3}$	0,27	5,77	90,43	0,07	98,89



Şekil 4.11: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda farklı başlangıç asit konsantrasyonlarının dağılma katsayısına etkisi

4.2. SİTRİK ASİT DENEMELERİ

4.2.1. Sitrik Asidin Tridodesilamin ile Ekstraksiyonu

4.2.1.1. Tridodesilamin–Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları

Bu kısımda sitrik asidin, tridodesilamin ile ekstraksiyonunda kullanılan 5 farklı seyreltici için bulunan organik ve sulu faz konsantrasyonları ile Z (Yükleme Değeri), D (Dağılma Katsayısı), E (Yüzde Ekstraksiyon Etkinliği) ve pH değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 4.16: Seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,44	0,07	1,70	0,17	0,32	13,73
0,52	0,27	0,24	1,80	0,90	0,46	47,06
0,94	0,16	0,35	1,99	2,25	0,37	68,63
1,57	0,08	0,43	2,24	5,83	0,27	84,31
2,62	0,04	0,47	2,45	11,80	0,18	92,16

Tablo 4.17: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,36	0,15	1,76	0,43	0,68	29,41
0,52	0,19	0,32	1,87	1,66	0,62	62,75
0,94	0,15	0,36	2,21	2,50	0,38	71,37
1,57	0,07	0,43	2,32	5,66	0,27	85,10
2,62	0,02	0,49	2,78	29,63	0,18	96,86

Tablo 4.18: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar

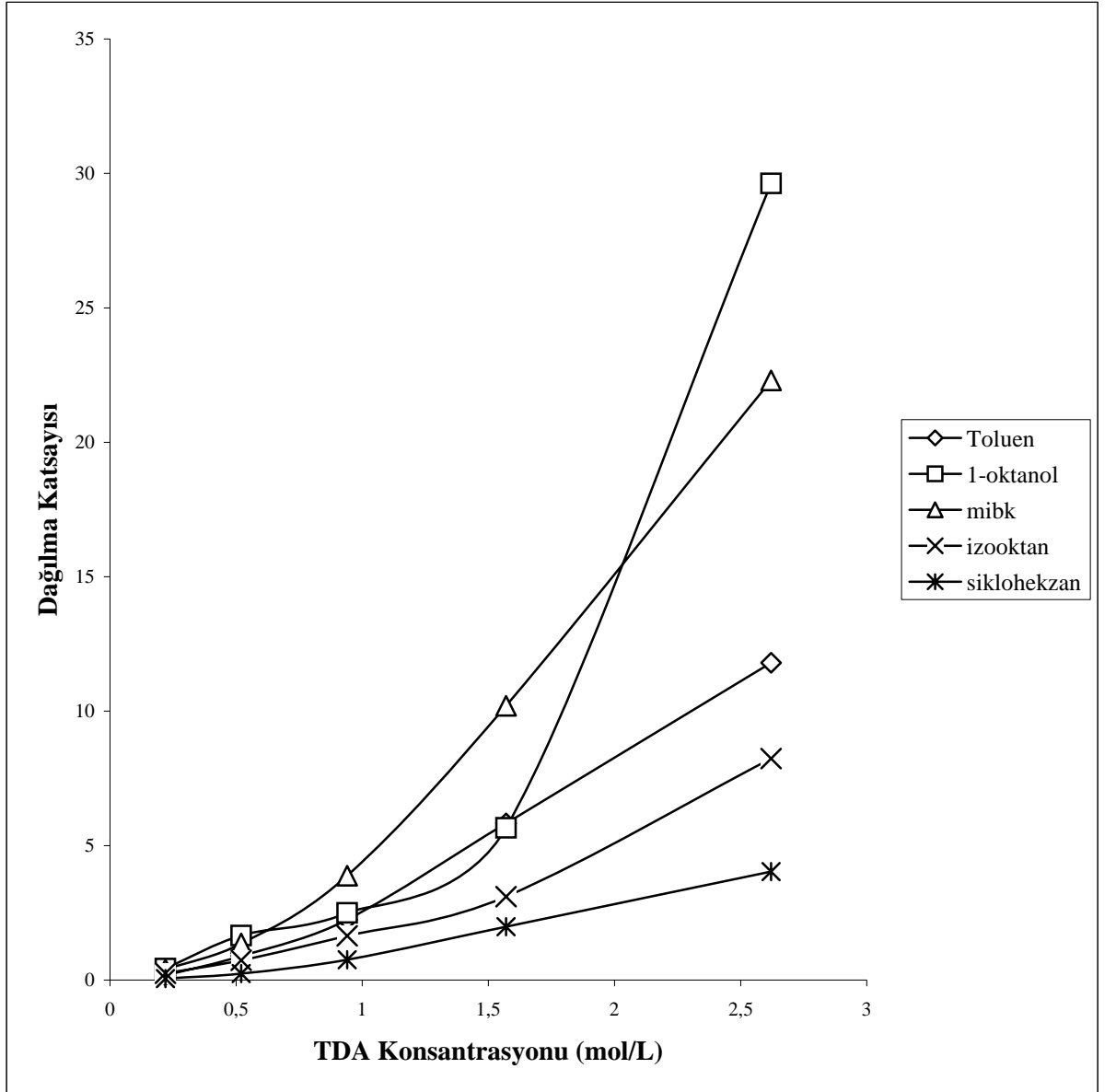
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,37	0,14	1,75	0,39	0,64	27,45
0,52	0,22	0,29	1,88	1,36	0,56	56,86
0,94	0,11	0,40	2,16	3,88	0,43	78,43
1,57	0,05	0,47	2,49	10,20	0,29	91,17
2,62	0,02	0,48	2,81	22,30	0,18	95,68

Tablo 4.19: Seyreltici olarak izooktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

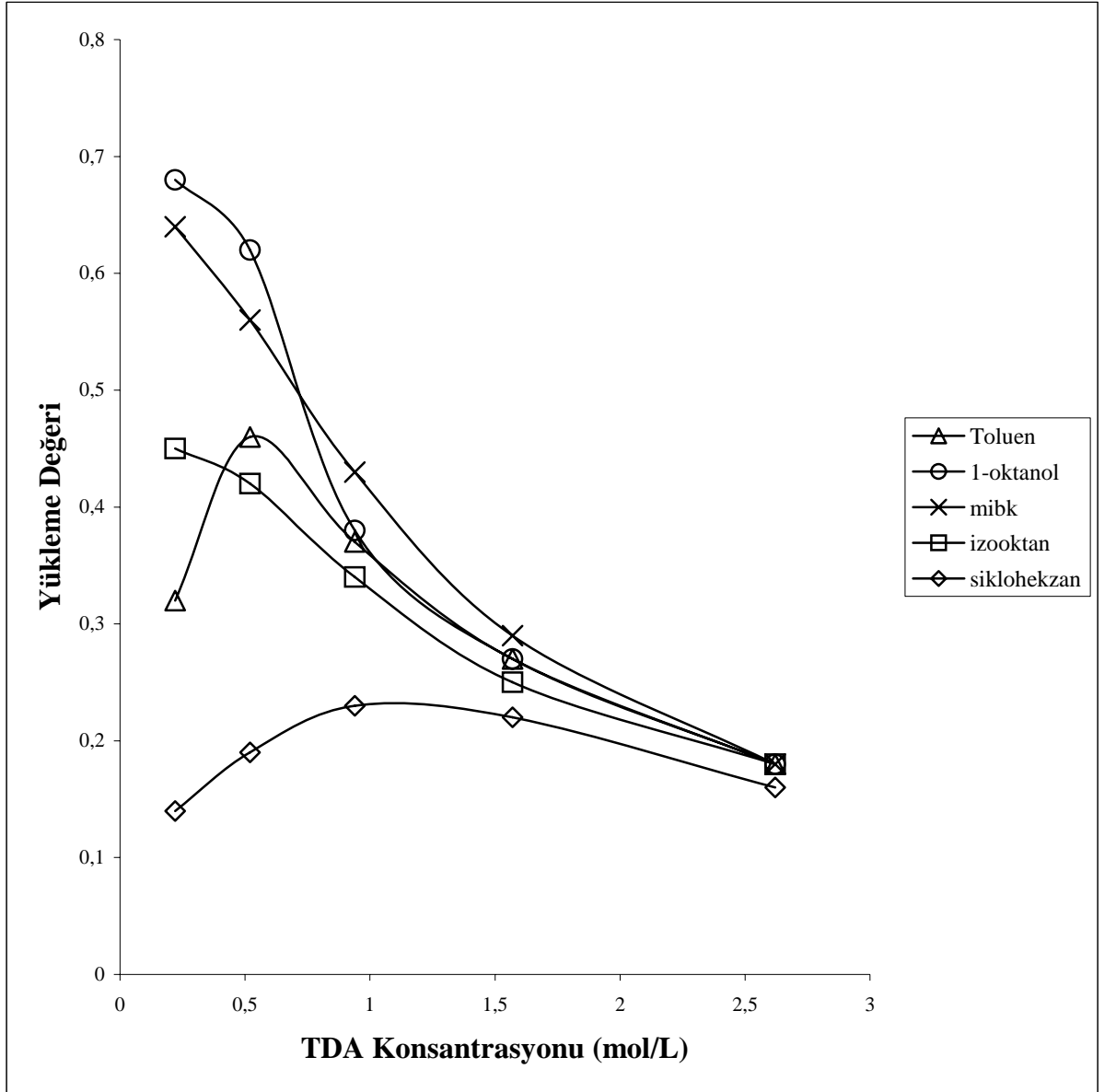
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,41	0,1	1,72	0,25	0,45	19,6
0,52	0,29	0,22	1,82	0,73	0,42	43,14
0,94	0,19	0,32	1,90	1,64	0,34	62,75
1,57	0,125	0,385	2,15	3,10	0,25	75,5
2,62	0,05	0,46	2,28	8,24	0,18	90,19

Tablo 4.20: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,22	0,48	0,03	1,65	0,06	0,14	5,88
0,52	0,41	0,10	1,70	0,24	0,19	19,60
0,94	0,29	0,22	1,82	0,76	0,23	43,14
1,57	0,17	0,34	1,96	1,98	0,22	66,60
2,62	0,10	0,41	2,13	4,03	0,16	80,40



Şekil 4.12: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılım katsayılarının TDA derişimi ile değişimi



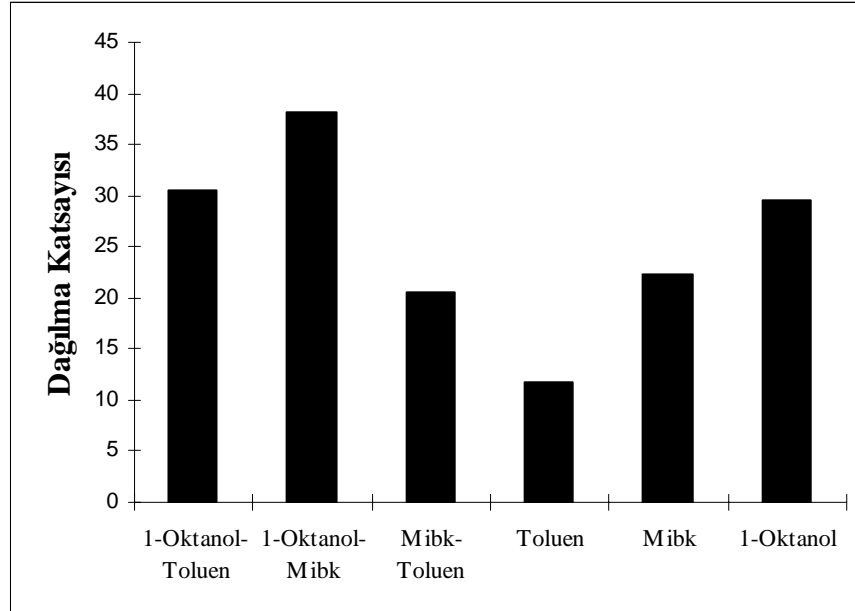
Şekil.4.13: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yüklenme değerlerinin TDA derişimi ile değişimi

4.2.1.2. *Sitrik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanöl – Toluen, 1-Oktanöl-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu*

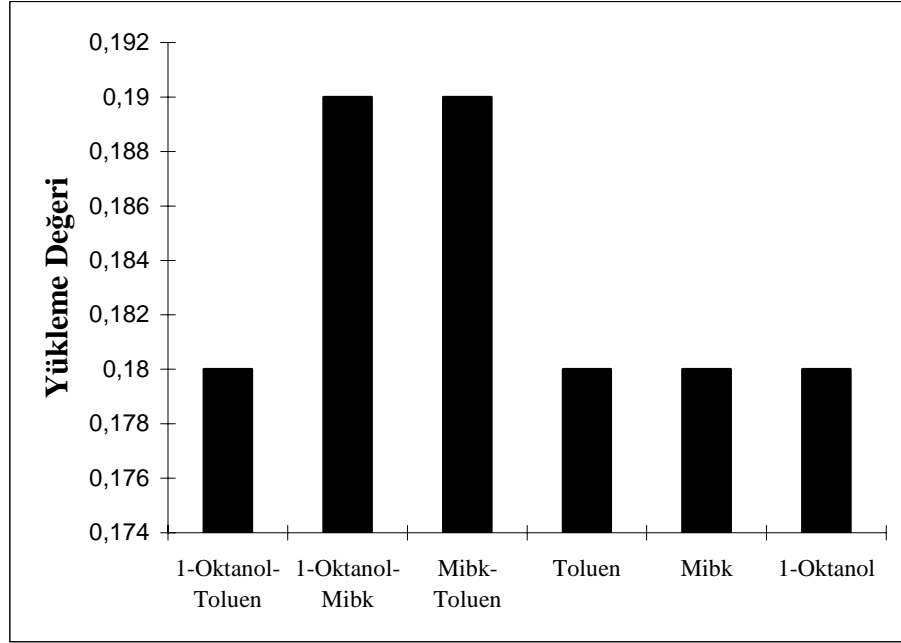
Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda farklı çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar bu bölümde sunulmuştur.

Tablo 4.21. Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar

Seyreltici Çözücü Karışımları	$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
1-Oktanöl – Toluen	2,62	0,02	0,49	2,86	30,60	0,18	96,86
1-Oktanöl- MİBK	2,62	0,01	0,49	2,96	38,20	0,19	97,45
MİBK- Toluen	2,62	0,02	0,48	2,77	20,50	0,19	95,30



Şekil 4.14: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılma katsayılarının değişimi



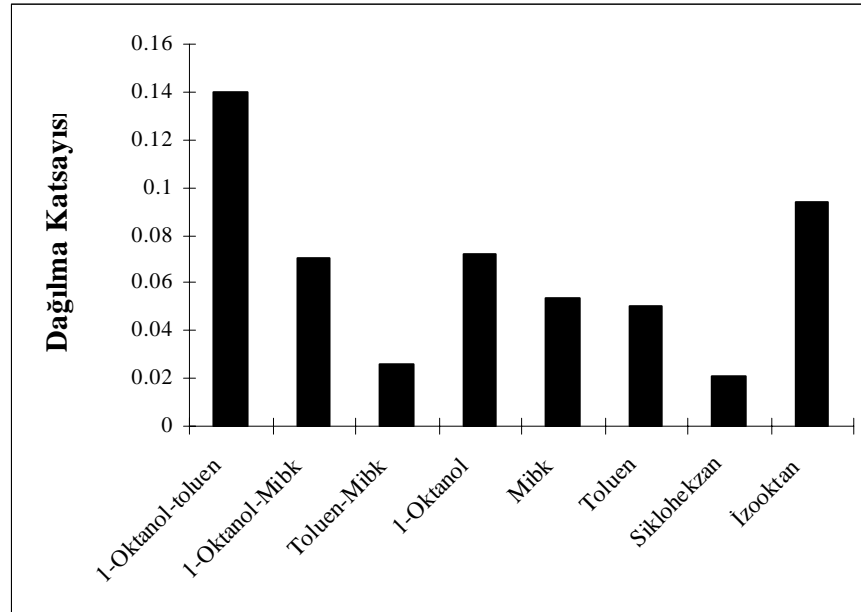
Şekil 4.15: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yükleme değerlerinin değişimi

4.2.1.3. Sitrik Asidin Farklı Çözücülerle Elde Edilen Dağılma Katsayıları Sonuçları

Bu kısımda sitrik asidin, amin ekstraktan kullanılmadan saf çözücülerle sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri sunulmuştur.

Tablo 4.22: Sitrik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları ve ekstraksiyon etkinlikleri

Çözücü	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	D	E(%)
Sikloheksan	0,49	0,02	0,02	3,92
Izooktan	0,46	0,05	0,09	9,80
MIBK	0,48	0,03	0,05	5,88
1-oktanol	0,47	0,04	0,07	7,84
Toluene	0,48	0,03	0,05	5,88
1-oktanol-Toluene	0,45	0,06	0,14	11,76
MİBK – 1-oktanol	0,47	0,04	0,07	7,84
Toluene – MİBK	0,50	0,01	0,03	1,96



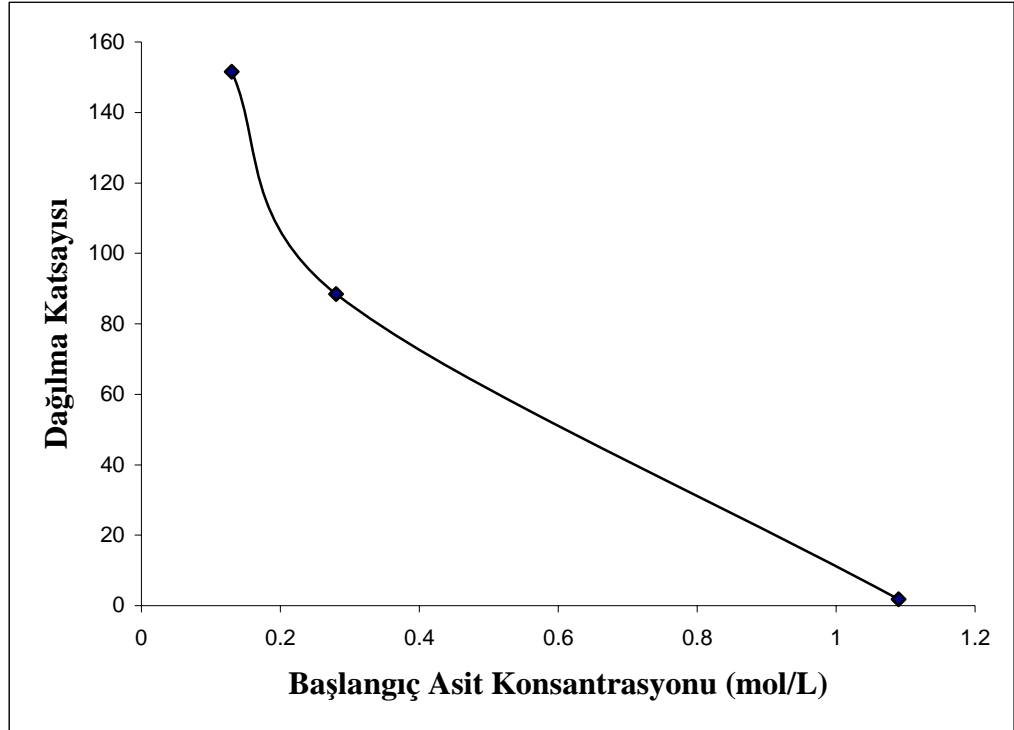
Şekil 4. 16: Sitrik asidin saf çözücülerle ve saf çözücü karışımlarıyla sulu çözeltilerinden ekstraksiyonuna ilişkin dağılma katsayıları

4.2.1.4. Sitrik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Bu denemede, ağırlıkça %2,5; %5 ve %20'lik sitrik asit çözeltilerinin, en yüksek amin konsantrasyonunda ve en iyi dağılma katsayısını veren çözücü olan 1-oktanol ile ekstraksiyonu yapılmıştır.

Tablo 4.23: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

Başlangıç Asit Konsantrasyonu (mol / L)	$C_{e\ org}$ (mol/L)	C_a (mol/L)	$C_{a\ org}$ (mol/L)	D	Z	E(%)
1,09	2,62	0,38	0,71	1,85	0,27	65,14
0,28	2,62	$3,1 \times 10^{-3}$	0,27	88,45	0,10	98,84
0,13	2,62	$8,5 \times 10^{-4}$	0,13	151,58	0,05	99,34



Şekil 4.17: Sitrik asidin TDA ile ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

4.2.2. Sitrik Asidin Amberlite LA-2 ile Ekstraksiyonu

4.2.2.1. Sitrik Asidin, Amberlite LA-2 – Tek Çözücü Karışımı ile Yapılan Ekstraksiyon Deneylerinin Sonuçları

Bu kısımda sitrik asidin, Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda kullanılan 5 farklı seyreltici için bulunan toluen ve sulu faz konsantrasyonları ile Z (Yükleme Değeri) , D (Dağılıma Katsayısı), E (Yüzde Ekstraksiyon Etkinliği) ve pH değerleri tablolar halinde sunulmuştur.

Tablo 4.24: Seyreltici olarak toluen kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol/L)	C_a (mol/L)	$C_{a\ org}$ (mol/L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,42	0,09	1,83	0,20	0,28	17,65
0,74	0,13	0,39	2,24	3,08	0,53	75,49
1,33	0,03	0,48	3,57	15,19	0,36	93,73
2,22	0,03	0,48	4,44	18,03	0,22	94,70
3,70	0,01	0,49	4,89	43,50	0,13	97,65

Tablo 4.25: Seyreltici olarak MİBK kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol/L)	C_a (mol/L)	$C_{a\ org}$ (mol/L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,28	0,23	2,01	0,82	0,72	45,10
0,74	0,08	0,43	2,69	5,16	0,58	83,73
1,33	0,03	0,48	3,59	15,89	0,36	94,12
2,22	0,01	0,49	4,61	44,60	0,22	97,84
3,70	$5,5 \times 10^{-3}$	0,51	5,06	92,30	0,14	98,93

Tablo 4.26: Seyreltici olarak 1-oktanol kullanıldığında elde edilen sonuçlar

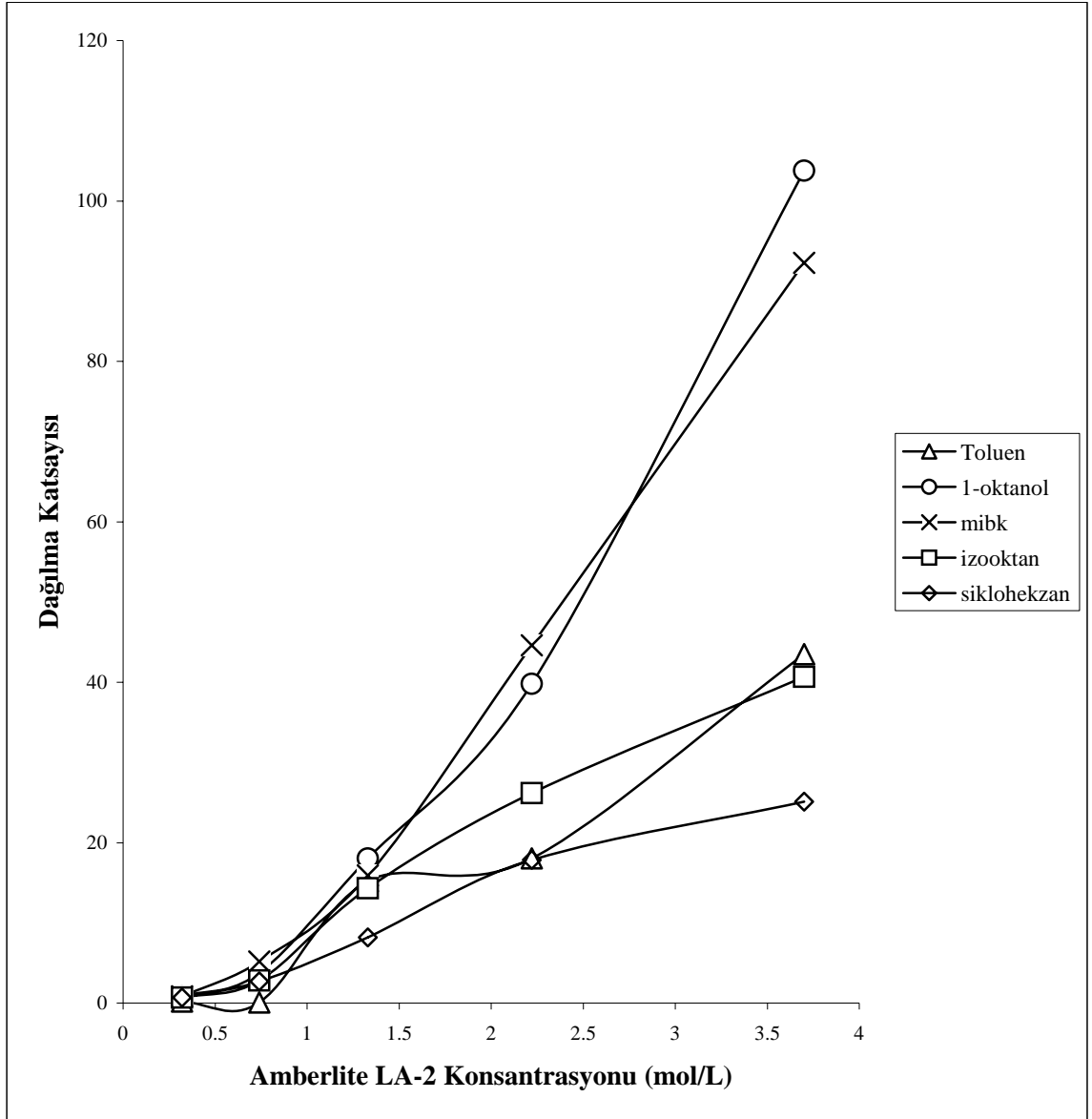
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,28	0,23	2,02	0,81	0,72	45,10
0,74	0,11	0,40	2,42	3,76	0,54	78,43
1,33	0,03	0,48	3,34	18,03	0,36	94,71
2,22	0,01	0,48	4,62	39,80	0,22	97,45
3,70	$4,8 \times 10^{-3}$	0,51	5,20	103,80	0,14	99,05

Tablo 4.27: Seyreltici olarak izo-oktan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

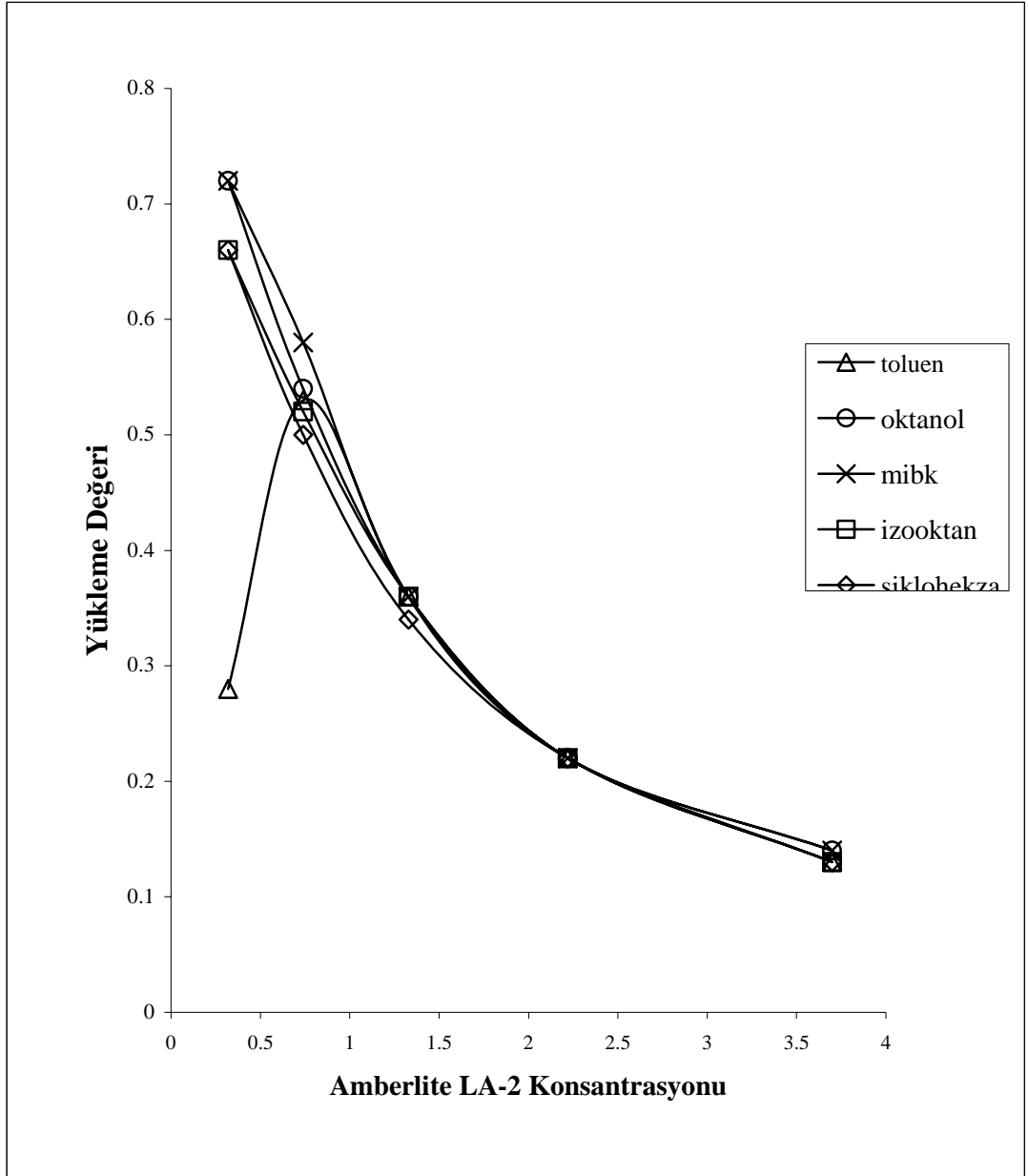
$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,30	0,21	2,04	0,70	0,66	41,17
0,74	0,13	0,38	2,48	2,80	0,52	74,51
1,33	0,03	0,48	3,23	14,30	0,36	94,12
2,22	0,02	0,49	4,11	26,20	0,22	96,47
3,70	0,01	0,49	4,62	40,70	0,13	97,65

Tablo 4.28: Seyreltici olarak sikloheksan kullanıldığında elde edilen sonuçlar

$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
0,32	0,3	0,21	2,06	0,70	0,66	41,17
0,74	0,14	0,37	2,46	2,72	0,50	72,55
1,33	0,05	0,45	3,17	8,20	0,34	89,22
2,22	0,03	0,48	4,08	17,85	0,22	94,71
3,70	0,02	0,49	4,56	25,13	0,13	96,27



Şekil 4.18: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için dağılma katsayılarının Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi



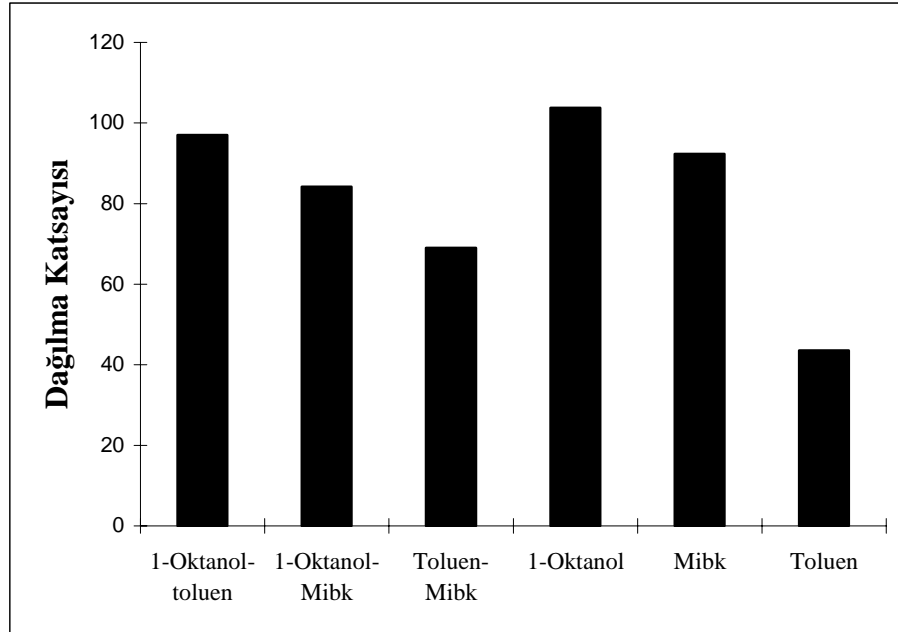
Şekil 4.19: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak kullanılan farklı çözücüler için yüklenme değerlerinin Amberlite LA-2 derişimi ile değişimi

4.2.2.2. *Sitrik Asidin Çözücü Karışımları (1-Oktanol – Toluen, 1-Oktanol-MİBK, Toluen – MİBK) ile Ekstraksiyonu*

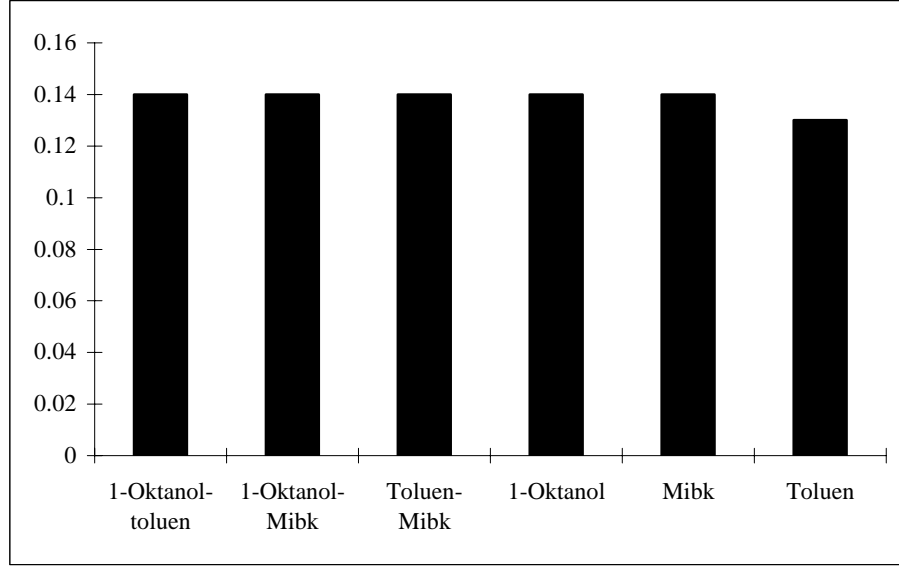
Bu bölümde sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda farklı çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Tablo 4.29: Seyreltici olarak çözücü karışımları kullanıldığında elde edilen sonuçlar

Seyreltici Çözücü Karışımları	$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	D	Z	E(%)
1-Oktanol – Toluen	3,70	$5,2 \times 10^{-3}$	0,51	97,00	0,14	98,98
1-Oktanol- MİBK	3,70	$5,9 \times 10^{-3}$	0,50	84,20	0,14	98,83
MİBK- Toluen	3,70	$7,3 \times 10^{-3}$	0,50	69,00	0,14	98,57



Şekil 4.20: Sitrik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan dağılım katsayılarının değişimi



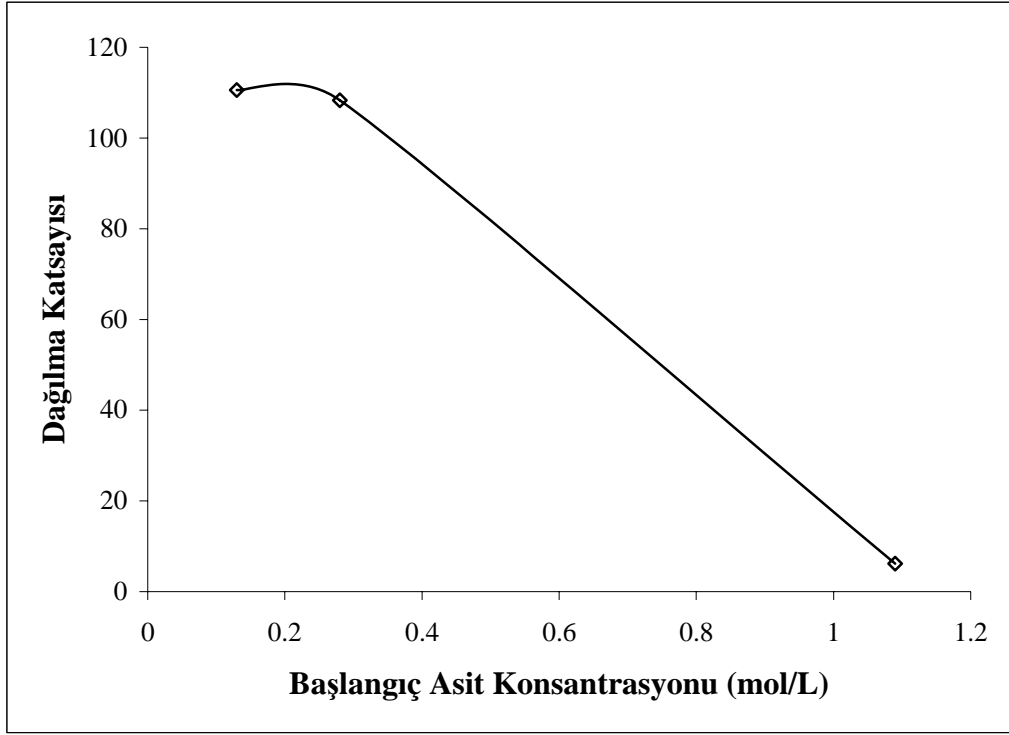
Şekil 4.21: Laktik asidin Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda seyreltici olarak farklı karışımlar kullanıldığında bulunan yüklenme değerlerinin değişimi

4.2.2.3. Sitrik Asidin Ekstraksiyonuna Farklı Başlangıç Asit Konsantrasyonunun Etkisi

Bu denemede, en yüksek amin konsantrasyonunda, en iyi sonuçları veren çözücü olan 1-oktanol kullanılmıştır. Hazırlanan asitlerin konsantrasyonları ise ağırlıkça %2,5; %5 ve %20'lidir.

Tablo 4.30: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

Başlangıç Asit Konsantrasyonu (mol / L)	$C_{e\ org}$ (mol / L)	C_a (mol / L)	$C_{a\ org}$ (mol / L)	pH	D	Z	E(%)
1,09	3,70	0,15	0,94	2,62	6,12	0,25	86,24
0,28	3,70	$2,6 \times 10^{-3}$	0,28	5,88	108,31	0,08	99,07
0,13	3,70	$1,2 \times 10^{-3}$	0,13	5,41	110,6	0,04	90,09



Şekil 4.22: Sitrik asidin ekstraksiyonuna farklı başlangıç asit konsantrasyonunun etkisi

4.3. ADSORPSİYON DENEMELERİ

Bu bölümde, kullandığımız asitlerin, Amberlite IRA-67 adlı zayıf bazik iyon değiştirici ve aktif karbon ile adsorpsiyon denemelerinin sonuçları sunulmuştur. Bu denemeler sırasında öncelikli olarak asitlerin zamanla adsorpsiyon etkinlikleri incelenmiş ve ne kadar sürede sistemin dengeye geldiği belirlenmiştir. Daha sonra farklı adsorban konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisi incelenmiştir. Bu denemeler sırasında belirlenen dengeye gelme süreleri göz önüne alınmıştır. En son olarak optimum adsorban miktarları belirlenmiş ve bu miktarlar üzerinden başlangıç asit konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisi incelenmiştir.

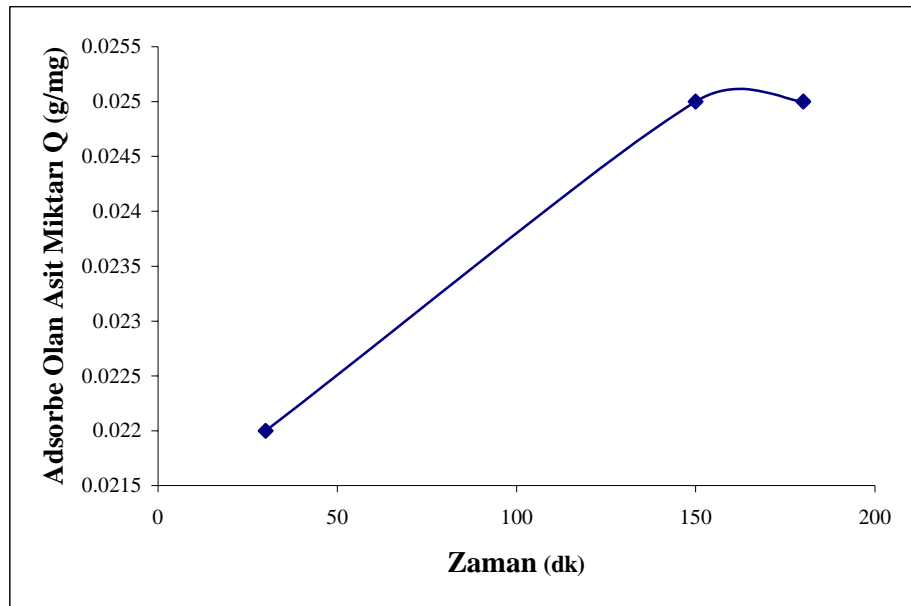
4.3.1. Laktik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu

4.3.1.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi

Bu denemede 0,25 g. aktif karbon ile 5 mL. %10'luk laktik asit karışımları hazırlanmış ve 30 dakikalık zaman aralıklarıyla su fazındaki asit konsantrasyonu analiz edilmiş ve sistemin dengeye ne kadar sürede geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4.31: Laktik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

Başlangıç kons. (mol /L)	Başlangıç kons. (%w/w)	Aktif karbon miktarı (g)	Zaman (dakika)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe olan asit miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
1,1	10	0,25	30	93,68	0,02	5,45	2,35
1,1	10	0,25	150	93,05	0,03	6,09	2,25
1,1	10	0,25	180	92,78	0,03	6,36	2,33



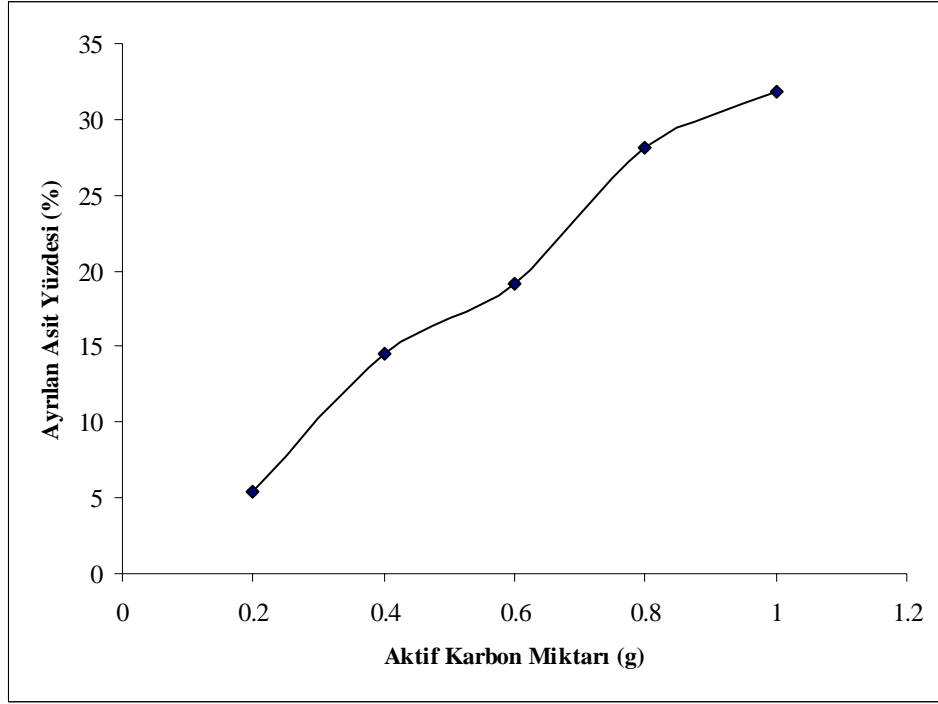
Şekil. 4.23: Laktik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

4.3.1.2. Farklı Aktif Karbon Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede farklı adsorban konsantrasyonlarının etkilerinin incelenmesi amacıyla %10'luk sulu asit çözeltisine 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 g. aktif karbon eklenmiştir. 180 dakika çalkalanma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra su fazı alınarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.32: Farklı adsorban miktarlarının adsorpsiyona etkisi

Başlangıç Kons. (mol / L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Aktif Karbon Miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan Asit Miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
1,1	10	0,2	93,68	0,03	5,45	2,27
1,1	10	0,4	84,68	0,04	14,53	2,45
1,1	10	0,6	80,17	0,03	19,09	2,64
1,1	10	0,8	71,16	0,04	28,18	2,79
1,1	10	1,0	67,56	0,03	31,81	2,89



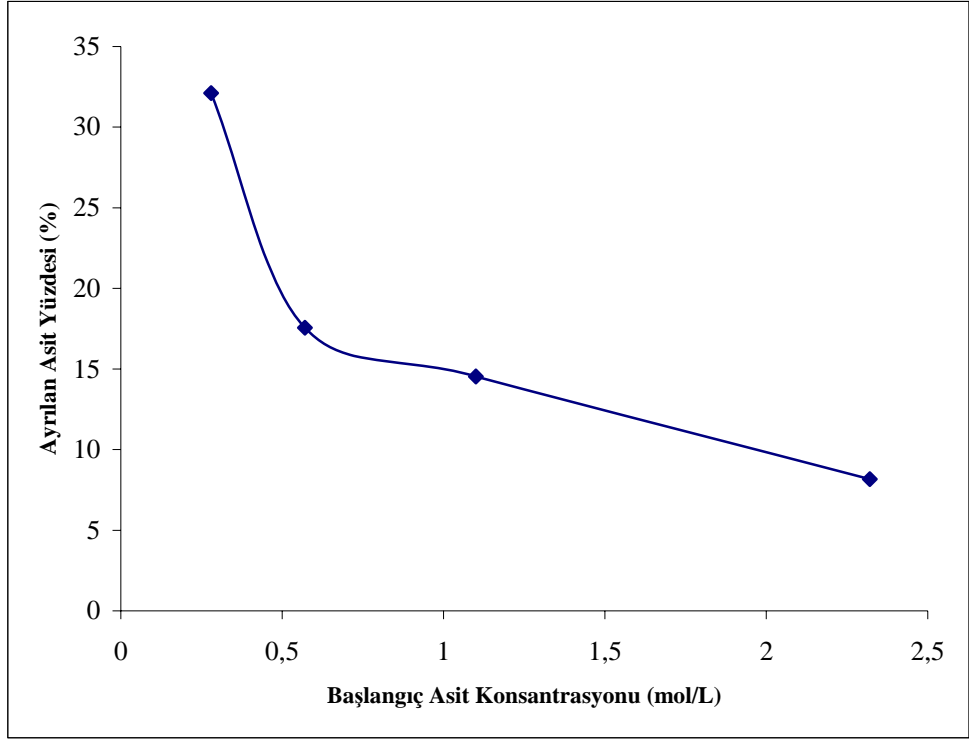
Şekil 4.24: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının adsorpsiyon üzerine etkisi

4.3.1.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede laktik asidin %2,5; %5 ve %20 lik çözeltileri hazırlanmış ve optimum aktif karbon miktarı olan 0,4 g. adsoban ile işleme tabi tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 4.36' da gösterilmiştir.

Tablo 4.33: Başlangıç asit konsantrasyonunun adsorpsiyonun etkinliği üzerine etkisi

Başlangıç Kons. (mol / L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Aktif Karbon Miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan Asit Miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,28	2,50	0,4	17,12	0,02	32,12	3,28
0,57	5,00	0,4	42,34	0,02	17,55	2,77
1,10	10,00	0,4	84,67	0,04	14,54	2,45
2,32	20,00	0,4	191,87	0,04	8,18	2,09



Şekil 4.25: Başlangıç asit konsantrasyonunun adsorpsiyonun etkinliği üzerine etkisi

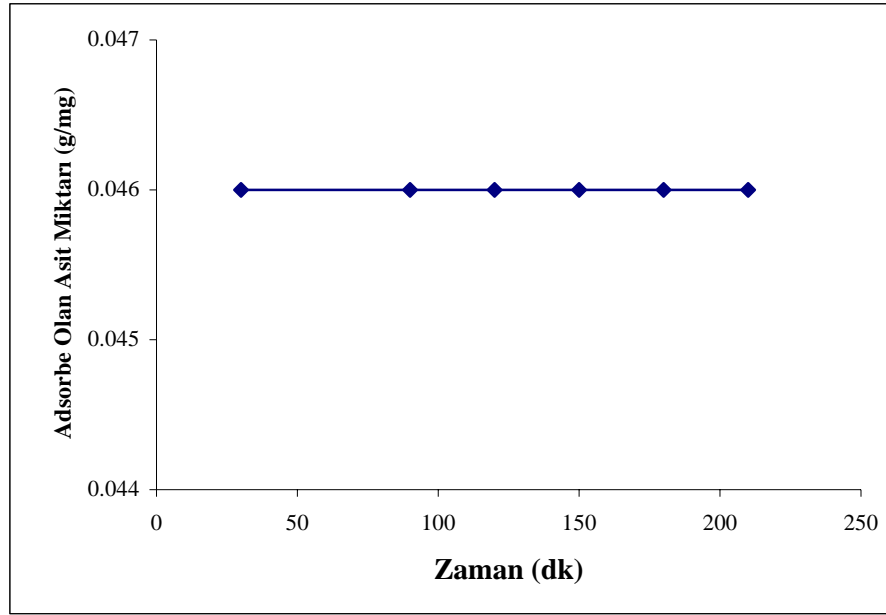
4.3.2. Sitrik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu

4.3.2.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi

Bu denemede 1 g. aktif karbon ile 5 mL. %10'luk sitrik asit karışımları hazırlanmış ve 30 dakikalık zaman aralıklarıyla su fazındaki asit konsantrasyonu analiz edilmiş ve sistemin dengeye ne kadar sürede geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4.34: Sitrik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

Başlangıç kons. (mol /L)	Başlangıç kons. (%w/w)	Aktif karbon miktarı (g)	Zaman (dakika)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe olan asit miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,51	10	0,25	30	86,40	0,046	11,76	2,01
0,51	10	0,25	90	86,40	0,046	11,76	2,01
0,51	10	0,25	120	86,40	0,046	11,76	2,00
0,51	10	0,25	150	86,40	0,046	11,76	2,04
0,51	10	0,25	180	86,40	0,046	11,76	2,01
0,51	10	0,25	210	86,40	0,046	11,76	2,03



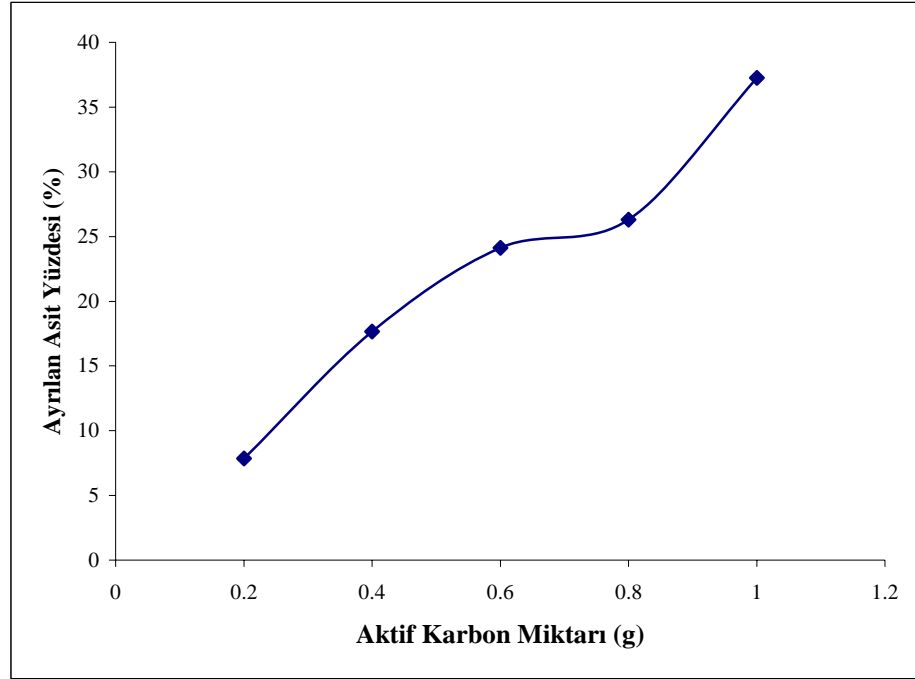
Şekil 4.26: Sitrik asidin, aktif karbon ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

4.3.2.2. Farklı Aktif Karbon Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede farklı adsorban konsantrasyonlarının etkilerinin incelenmesi amacıyla %10'luk sulu asit çözeltisine 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 g. aktif karbon eklenmiştir. 120 dakika çalkalanma işlemine tabi tutulmuştur. Daha sonra su fazı alınarak analiz edilmiştir.

Tablo 4.35: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının sitrik asit adsorpsiyonuna etkisi

Başlangıç Kons. (mol/ L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Aktif Karbon Miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan Asit Miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,51	10	0,2	90,24	0,04	7,84	1,94
0,51	10	0,4	80,64	0,04	17,65	2,12
0,51	10	0,6	74,30	0,04	24,12	2,28
0,51	10	0,8	72,19	0,03	26,30	2,39
0,51	10	1,0	61,44	0,04	37,25	2,52



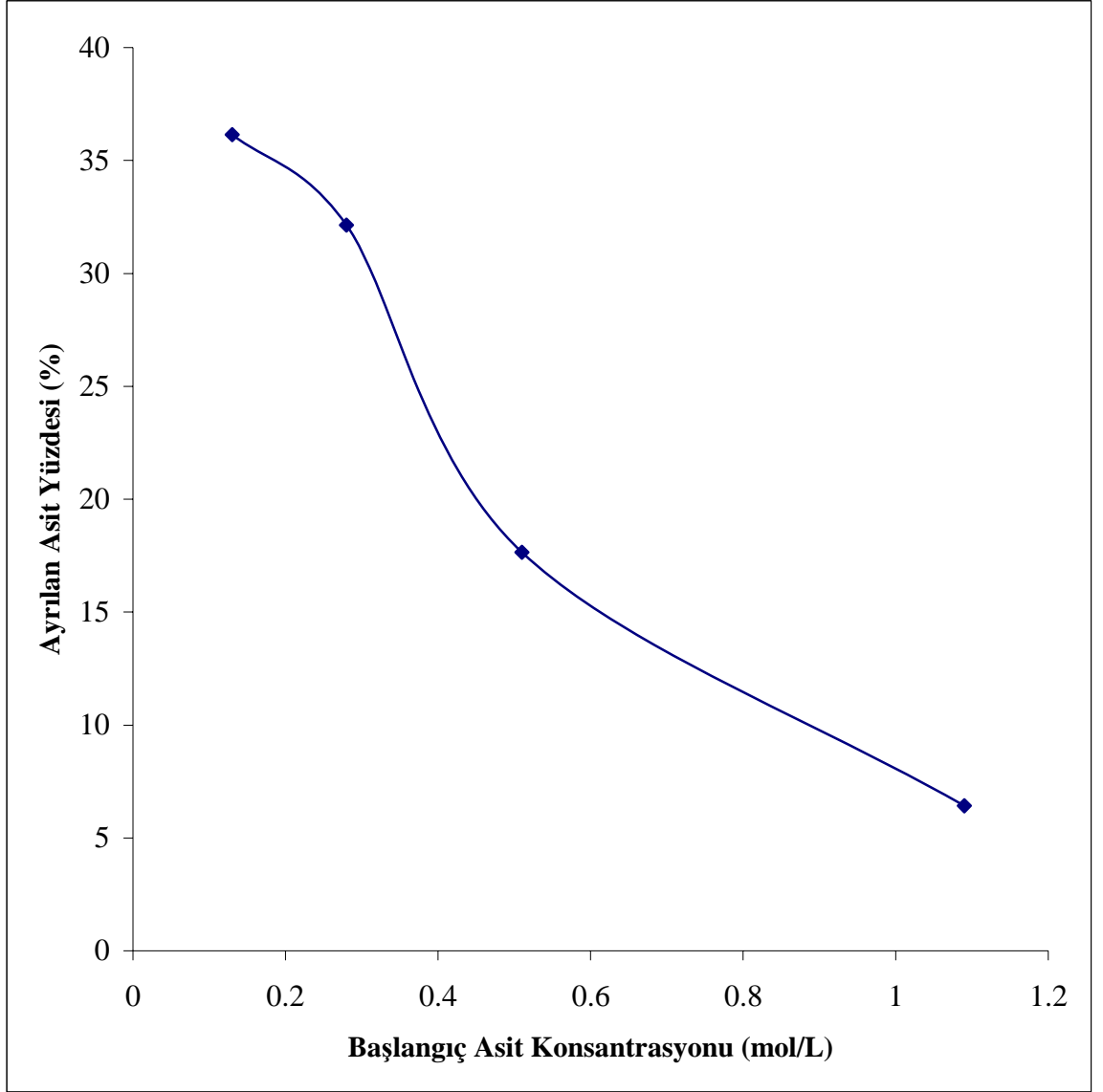
Şekil 4.27: Farklı aktif karbon konsantrasyonlarının sitrik asit adsorpsiyonuna etkisi

4.3.2.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede sitrik asidin % 2,5 ; % 5 ve % 20 lik çözeltileri hazırlanmış ve optimum aktif karbon miktarı olan 0,4 g. adsorban ile işleme tabi tutulmuştur. Sonuçlar Tablo 4.39'da gösterilmiştir.

Tablo 4.36: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi

Başlangıç Kons. (mol / L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Aktif Karbon Miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan asit Miktarı Q (g/mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,13	2,5	0,4	15,94	0,02	36,14	2,93
0,28	5,0	0,4	36,48	0,04	32,14	2,46
0,51	10	0,4	80,64	0,04	17,65	2,12
1,09	20	0,4	195,84	0,03	6,42	1,68



Şekil 4.28: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisinin gösterilmesi

4.4. İYON DEĞİŞİMİ DENEMELERİ

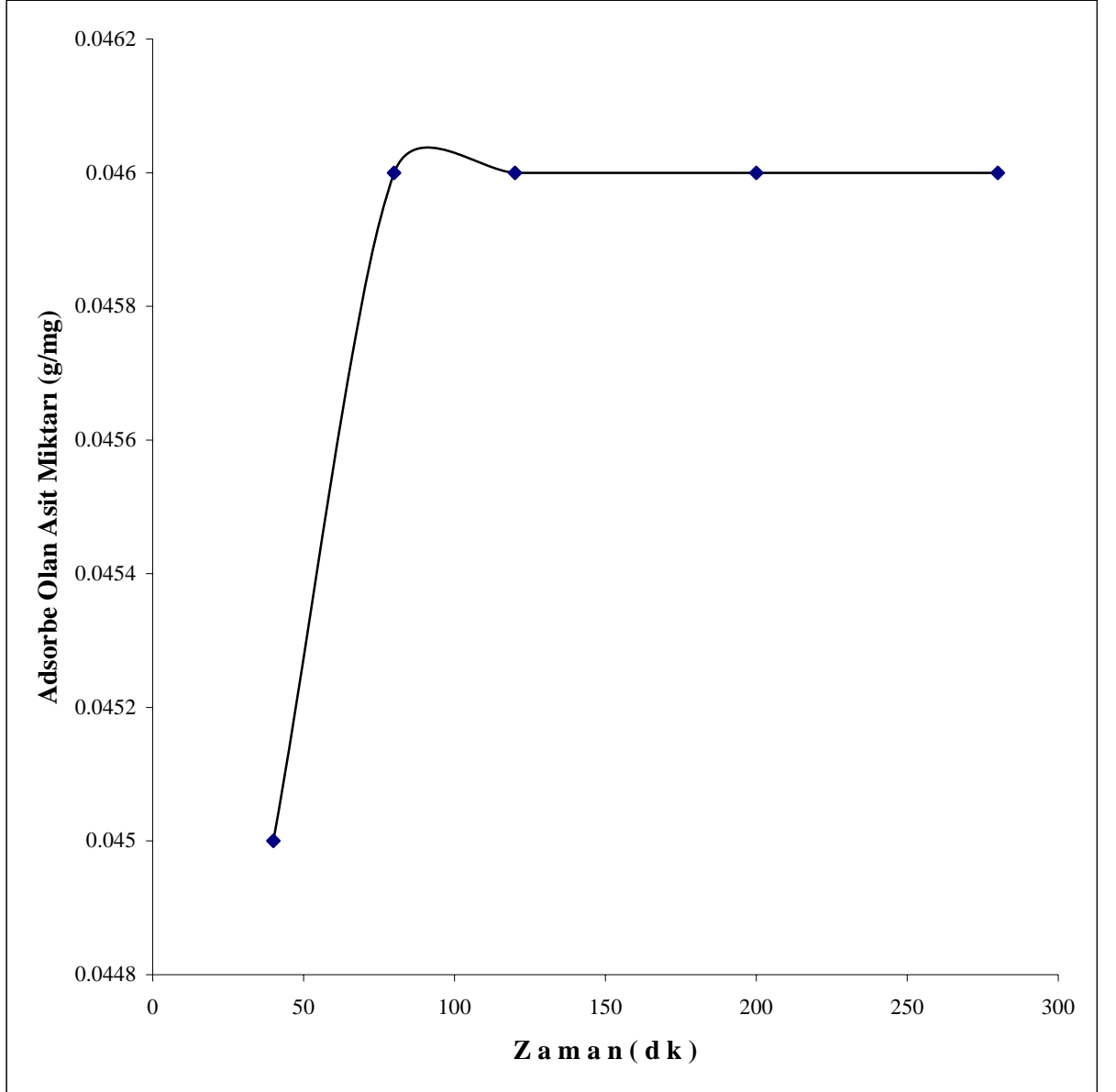
4.4.1. Laktik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu

4.4.1.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi

Bu denemede 1 g. Amberlite IRA-67 ile 5 mL. %10'luk laktik asit karışımları hazırlanmış ve 40 dakika zaman aralıklarıyla su fazındaki asit konsantrasyonu analiz edilmiş ve sistemin dengeye ne kadar sürede geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4.37: Laktik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

Başlangıç kons. (mol /L)	Başlangıç kons. (%w/w)	Amber. IRA-67 (g)	Zaman (dakika)	Denge kons. C (g/L)	Adsorbe olan asit miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
1,1	10	1,00	40	53,59	0,045	45,90	2,36
1,1	10	1,00	80	52,97	0,046	46,54	2,35
1,1	10	1,00	120	53,06	0,046	46,45	2,34
1,1	10	1,00	240	53,15	0,046	46,45	2,35
1,1	10	1,00	280	53,06	0,046	46,45	2,34



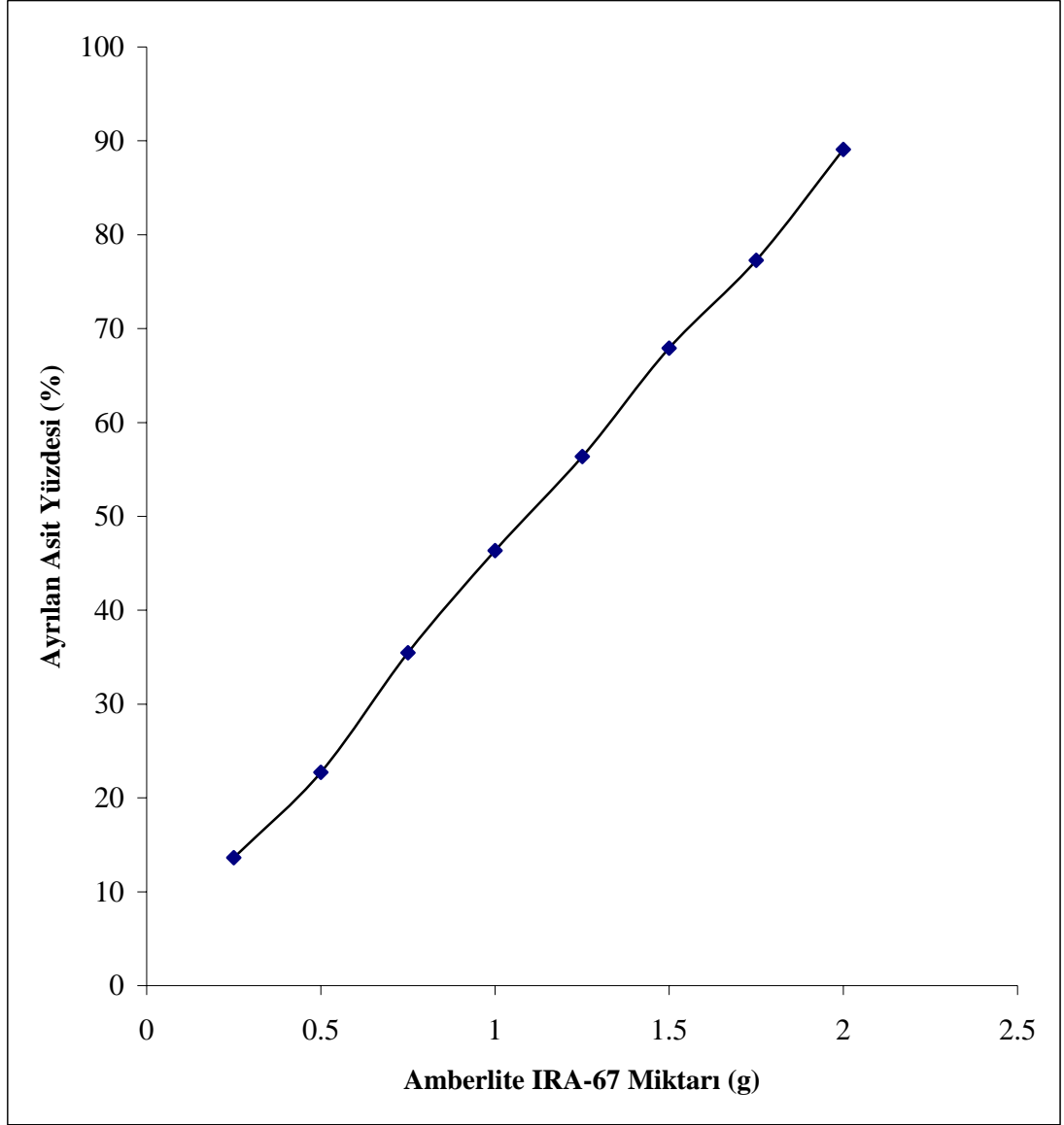
Şekil 4.29: Laktik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

4.4.1.2. Farklı Amberlite IRA-67 Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi

Bu çalışmada farklı iyon değiştirici konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin incelenmesi amacıyla %10'luk laktik asit çözeltilisine 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ve 2,0 g. Amberlite IRA-67 eklenmiştir. 180 dakika çalkalandıktan sonra su fazları analiz edilmiştir.

Tablo 4.38: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarına etkisi

Başlangıç Kons. (mol/ L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Amberlite IRA-67 miktarı (g)	Denge Kons. C, (g / L)	Adsorbe Olan Asit Miktarı Q, (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
1,1	10	0,25	85,57	0,054	13,64	2,07
1,1	10	0,50	76,57	0,045	22,72	2,15
1,1	10	0,75	63,95	0,047	35,46	2,23
1,1	10	1,00	53,15	0,046	46,36	2,35
1,1	10	1,25	43,24	0,045	56,36	2,48
1,1	10	1,50	31,78	0,045	67,93	2,66
1,1	10	1,75	22,52	0,044	77,27	2,87
1,1	10	2,00	10,81	0,044	89,09	3,27



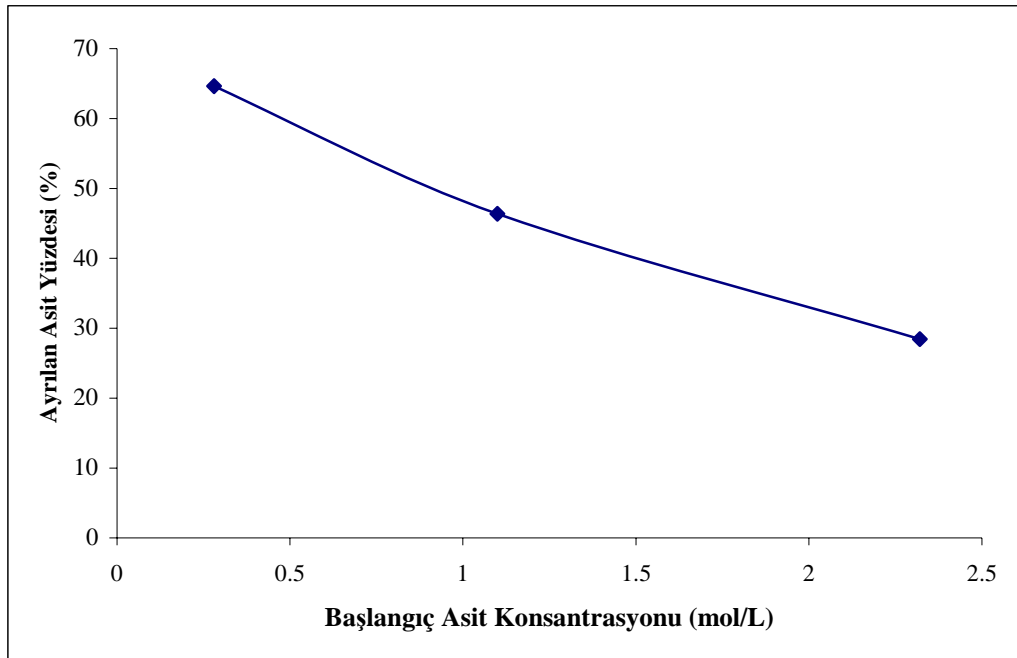
Şekil 4.30: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarının etkisi

4.4.1.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede laktik asidin % 2,5 ; % 5 ve % 20 lik çözeltileri hazırlanmış ve optimum Amberlite IRA-67 miktarı olan 1 g. adsorban ile işleme tabi tutulmuştur.

Tablo 4.39: Başlangıç laktik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi

Başlangıç Kons. (mol / L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Amberlite IRA-67 miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan asit Miktarı Q (g/mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,28	2,5	1	8,92	0,016	64,63	5,30
1,1	10	1	53,15	0,046	46,36	2,35
2,32	20	1	149,53	0,060	28,45	1,93



Şekil 4.31: Başlangıç laktik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi

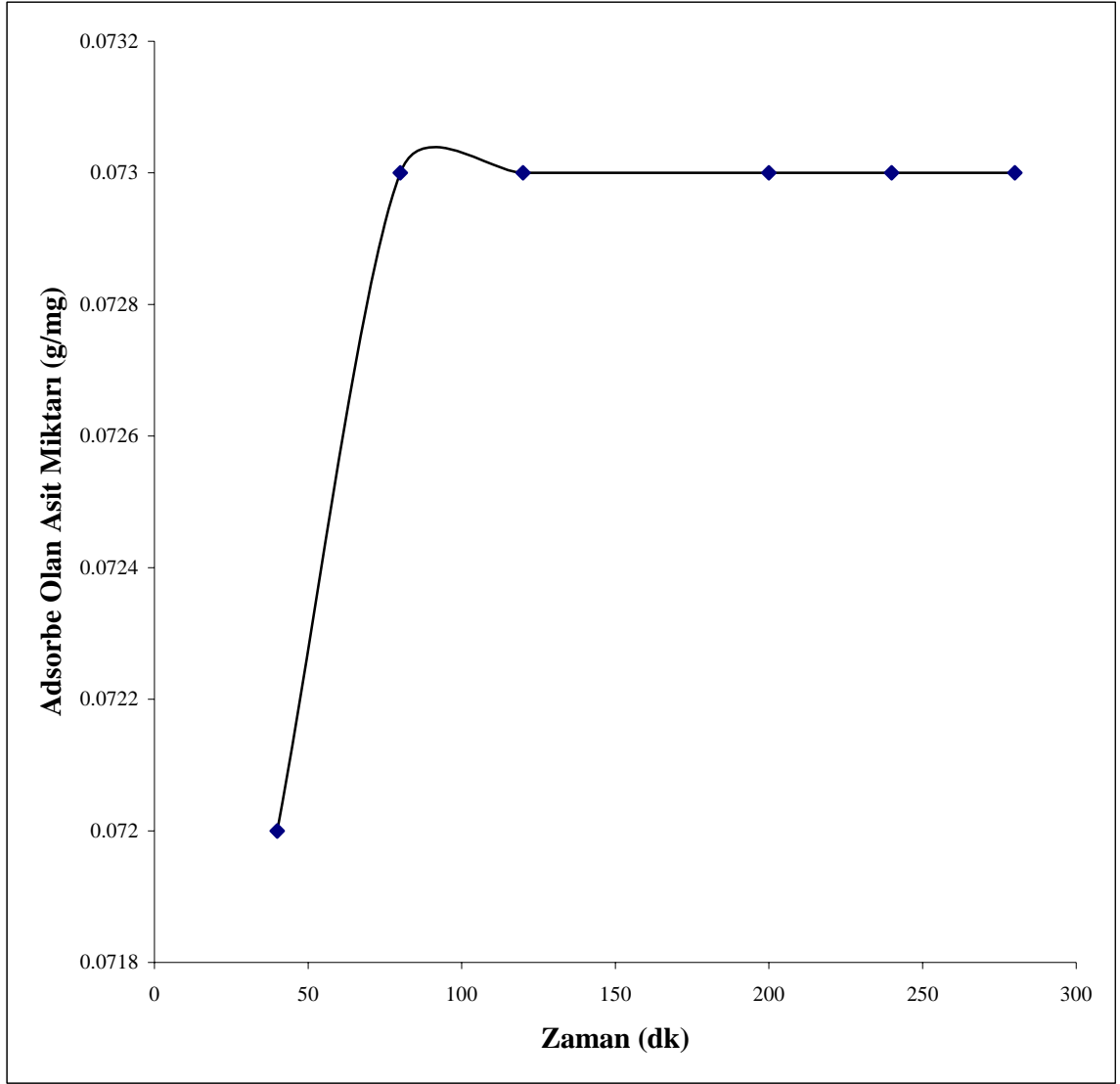
4.4.2. Sitrik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu

4.4.2.1. Adsorpsiyonun Zaman ile Değişimi

Bu denemede 1 g. Amberlite IRA-67 ile 5 mL. %10'luk sitrik asit karışımları hazırlanmış ve 40 dakika zaman aralıklarıyla su fazındaki asit konsantrasyonu analiz edilmiş ve sistemin dengeye ne kadar sürede geldiği belirlenmiştir.

Tablo 4.40: Sitrik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

Başlangıç kons. (mol /L)	Başlangıç kons. (%w/w)	Amber. IRA-67 (g)	Zaman (dakika)	Denge kons. C (g/L)	Adsorbe olan asit miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,49	9,33	1,00	40	22,27	0,072	76,33	2,31
0,49	9,33	1,00	80	21,12	0,073	77,55	2,29
0,49	9,33	1,00	120	21,50	0,073	77,15	2,36
0,49	9,33	1,00	200	21,31	0,073	77,35	2,35
0,49	9,33	1,00	240	21,50	0,073	77,15	2,35
0,49	9,33	1,00	280	21,31	0,073	77,35	2,35



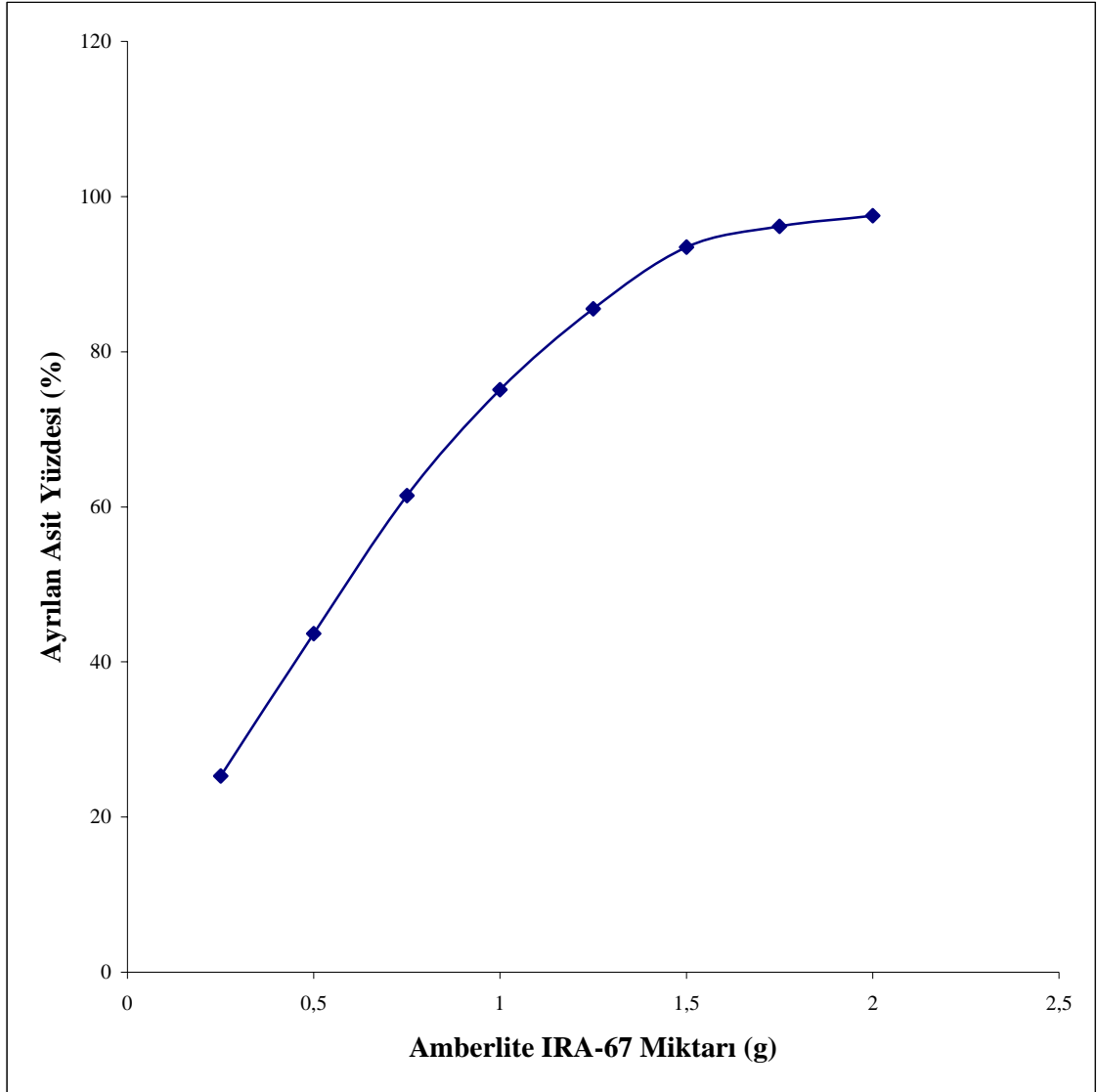
Şekil 4.32: Sitrik asidin, Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunun zamanla değişimi

4.4.2.2. Farklı Amberlite IRA-67 Konsantrasyonlarının Adsorpsiyona Etkisi

Bu çalışmada farklı iyon değiştirici konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisinin incelenmesi amacıyla %10'luk sitrik asit çözeltilisine 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; 1,5; 1,75 ve 2,0 g. Amberlite IRA-67 eklenmiştir. 180 dakika çalkalandıktan sonra su fazları analiz edilmiştir.

Tablo 4.41: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarının etkisi

Başlangıç Kons. (mol/ L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Amberlite IRA-67 miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan Asit Miktarı Q (g /mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,49	9,33	0,25	70,27	0,10	25,31	1,86
0,49	9,33	0,50	52,99	0,08	43,67	1,99
0,49	9,33	0,75	36,28	0,07	61,44	2,16
0,49	9,33	1,00	23,42	0,07	75,11	2,33
0,49	9,33	1,25	13,63	0,06	85,51	2,60
0,49	9,33	1,50	6,14	0,06	93,47	3,05
0,49	9,33	1,75	3,61	0,05	96,16	3,53
0,49	9,33	2,00	2,34	0,05	97,51	3,95



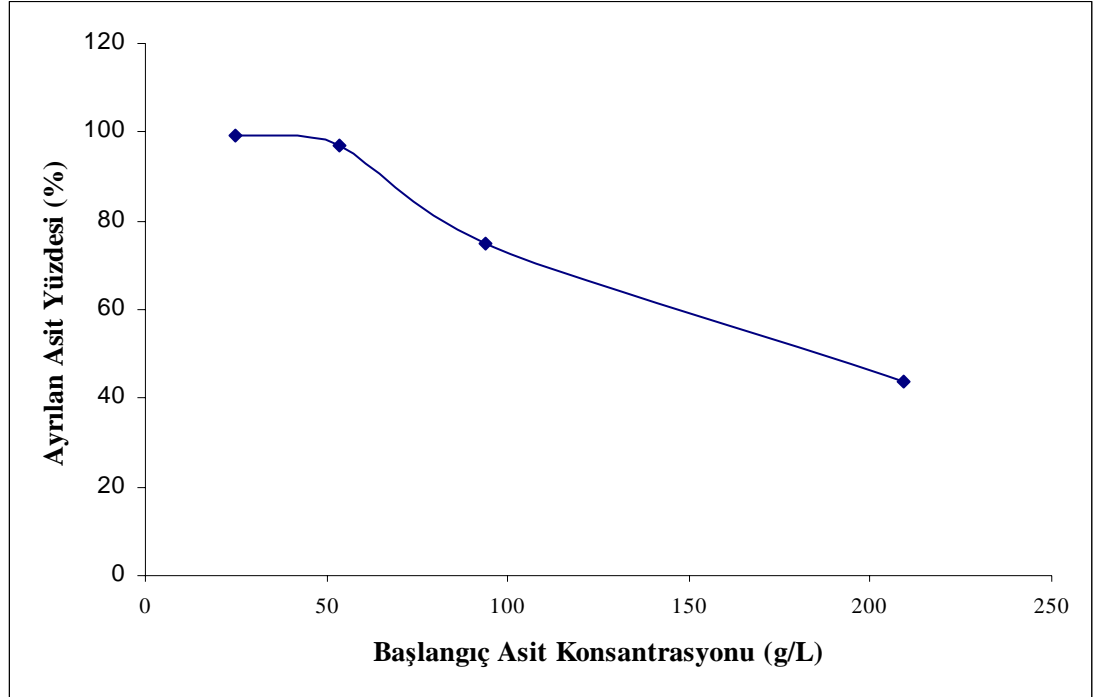
Şekil.4.33: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna farklı adsorban konsantrasyonlarının etkisi

4.4.2.3. Başlangıç Asit Konsantrasyonu Değişiminin Adsorpsiyona Etkisi

Bu denemede sitrik asidin % 2,5 ; % 5 ve % 20 lik çözeltileri hazırlanmış ve optimum Amberlite IRA-67 miktarı olan 1 g. adsorban ile işleme tabi tutulmuştur.

Tablo 4.42: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi

Başlangıç Kons. (mol / L)	Başlangıç Kons. (%w/w)	Amberlite IRA-67 miktarı (g)	Denge Kons. C (g / L)	Adsorbe Olan asit Miktarı Q (g/mg)	Uzaklaştırılan Asit Yüzdesi (%)	pH
0,13	2,50	1,00	0,15	0,03	99,42	-
0,28	5,00	1,00	1,69	0,05	96,86	3,53
0,49	9,33	1,00	23,50	0,07	75,02	2,33
1,09	20,00	1,00	117,70	0,09	43,76	1,73



Şekil 4.34: Başlangıç sitrik asit konsantrasyonlarının adsorpsiyon etkinliğine etkisi

4.5. ADSORPSİYON İZOTERMLERİ

4.5.1. Amberlite IRA-67 ile Yapılan Adsorpsiyon İzotermi

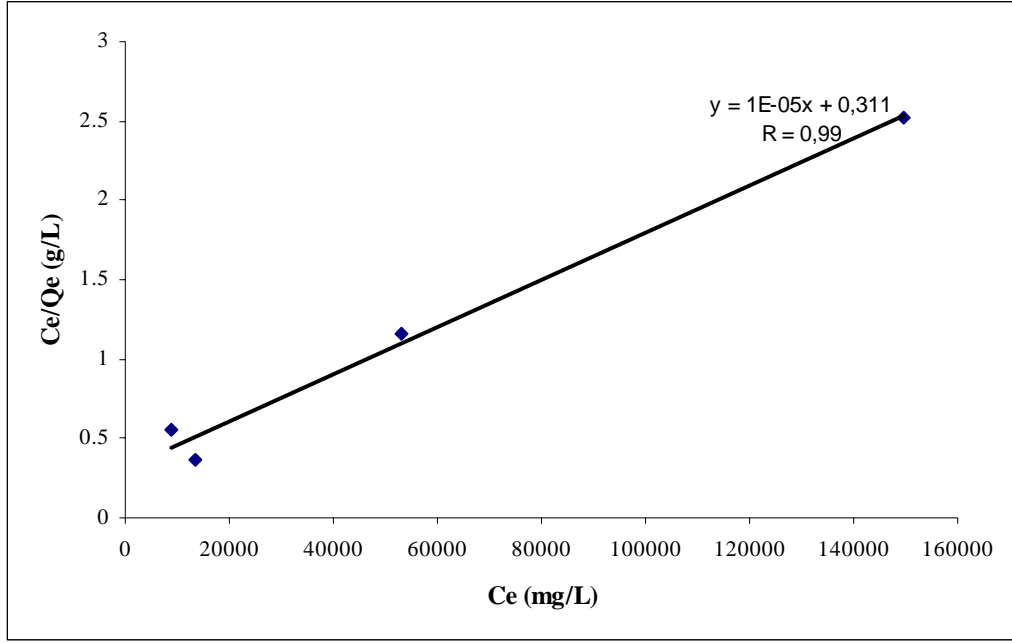
4.5.1.1. Laktik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu

1. Langmuir İzotermi

$$C_e / Q_e = K_L / Q_0 + C_e / Q_0$$

Tablo 4.43: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri

Başlangıç Asit Kons. (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	C_e / Q_e (g/L)
25220	8920	16300	0,55
51350	13510	37840	0,36
99080	53150	45930	1,16
208980	149530	59450	2,52



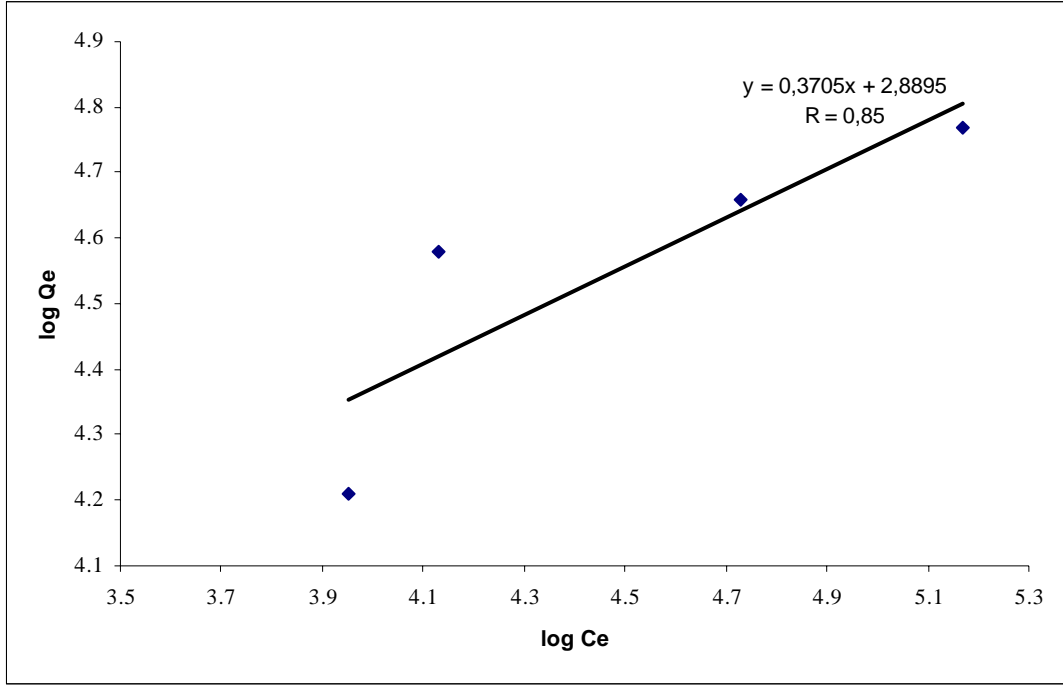
Şekil.4.35: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği

2. Freundlich İzotermi

$$\log Q_e = \log K_f + 1/n \log C_e$$

Tablo 4.44: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri

C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	$\log Q_e$	$\log C_e$
8920	16300	4,21	3,95
13510	37840	4,58	4,13
53150	45930	4,66	4,73
149530	59450	4,77	5,17



Şekil.4.36: Laktik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği

Tablo 4.45: Laktik asidin Amberlite IRA-67 iyon değiştirici reçinesi üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri

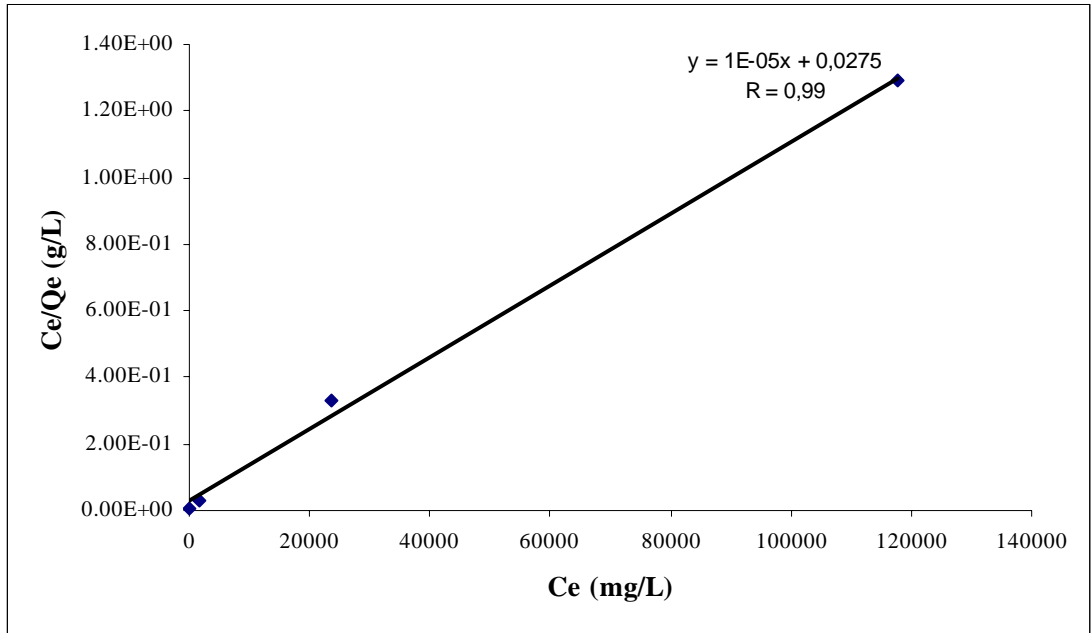
Freundlich parametreleri				Langmuir parametreleri			
Log K_f (mg / g)	1/n	K_f	n	1/ Q_0	K_L / Q_0	Q_0	K_L
2,89	0,37	776,25	2,70	1×10^{-5}	0,31	100000	31000

4.5.1.2. Sitrik Asidin Amberlite IRA-67 ile Adsorpsiyonu

1. Langmuir İzotermi

Tablo 4.46: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri

Başlangıç Asit Kons. (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	C_e / Q_e (g/L)
24960	145	24815	$5,84 \times 10^{-3}$
53760	1690	52070	0,03
94080	23500	70580	0,33
209280	117700	91580	1,29

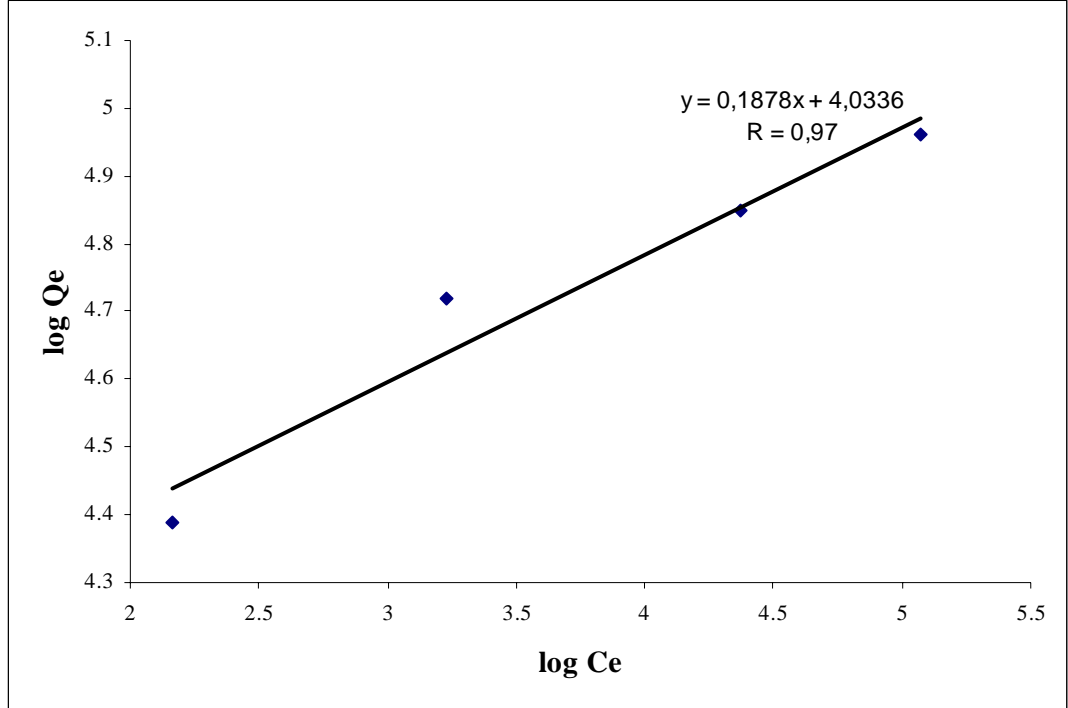


Şekil 4.37: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği

2. Freundlich İzotermi

Tablo 4.47: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri

C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	$\log Q_e$	$\log C_e$
145	24815	4,39	2,16
1690	52070	4,72	3,23
23500	70580	4,85	4,37
117700	91580	4,96	5,07



Şekil.4.38: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği

Tablo 4.48: Sitrik asidin Amberlite IRA-67 iyon değiştirici reçinesi üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri

Freundlich parametreleri				Langmuir parametreleri			
Log K_f (mg / g)	1/n	K_f	n	1/ Q_0	K_L / Q_0	Q_0	K_L
4,03	0,18	10814,34	5,32	1×10^{-5}	0,03	100000	3000

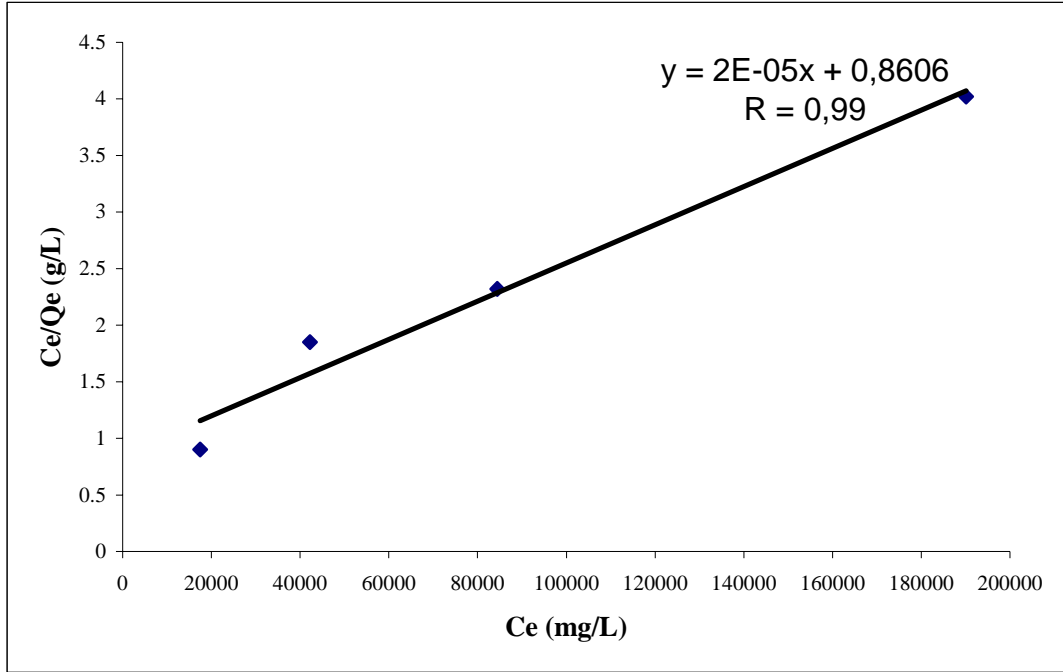
4.5.2. Aktif Karbon ile Yapılan Adsorpsiyon İzotermi

4.5.2.1. Laktik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu

1. Langmuir İzotermi

Tablo 4.49: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri

Başlangıç Asit Kons. (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	C_e / Q_e (g/L)
25220	17470	19375	0,90
51350	42240	22775	1,85
99080	84480	36500	2,32
208980	190080	47250	4,02

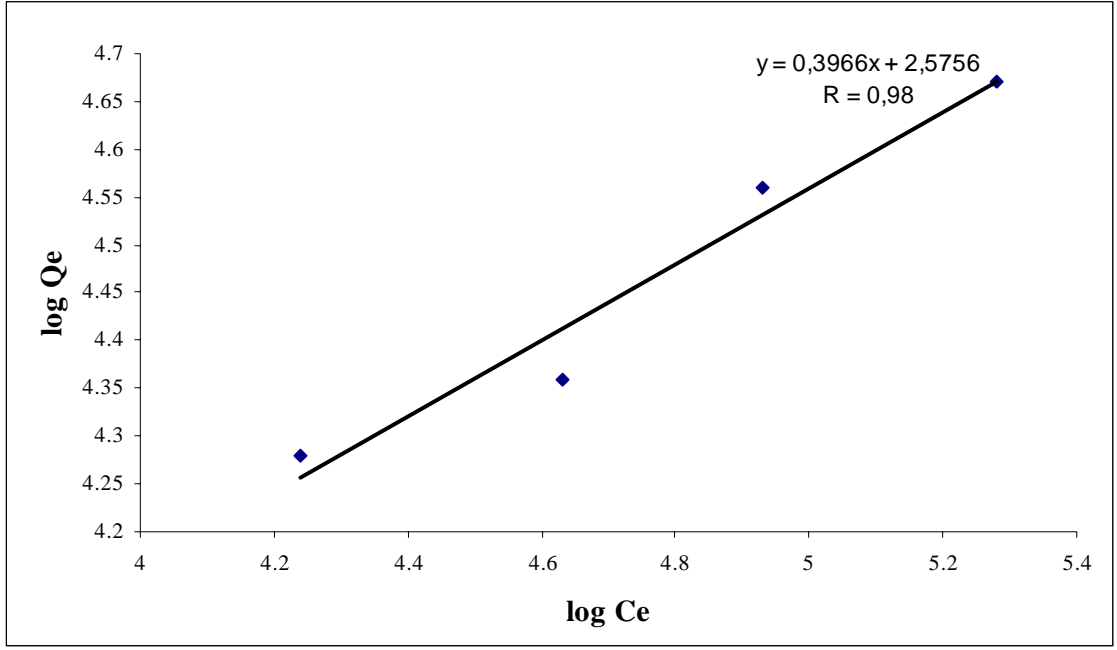


Şekil.4.39: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği

2. Freundlich İzotermi

Tablo 4.50: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri

C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	$\log Q_e$	$\log C_e$
17470	19375	4,28	4,24
42240	22775	4,36	4,63
84480	36500	4,56	4,93
190080	47250	4,67	5,28



Şekil.4.40: Laktik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Freundlich izoterm grafiği

Tablo 4.51: Laktik asidin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri

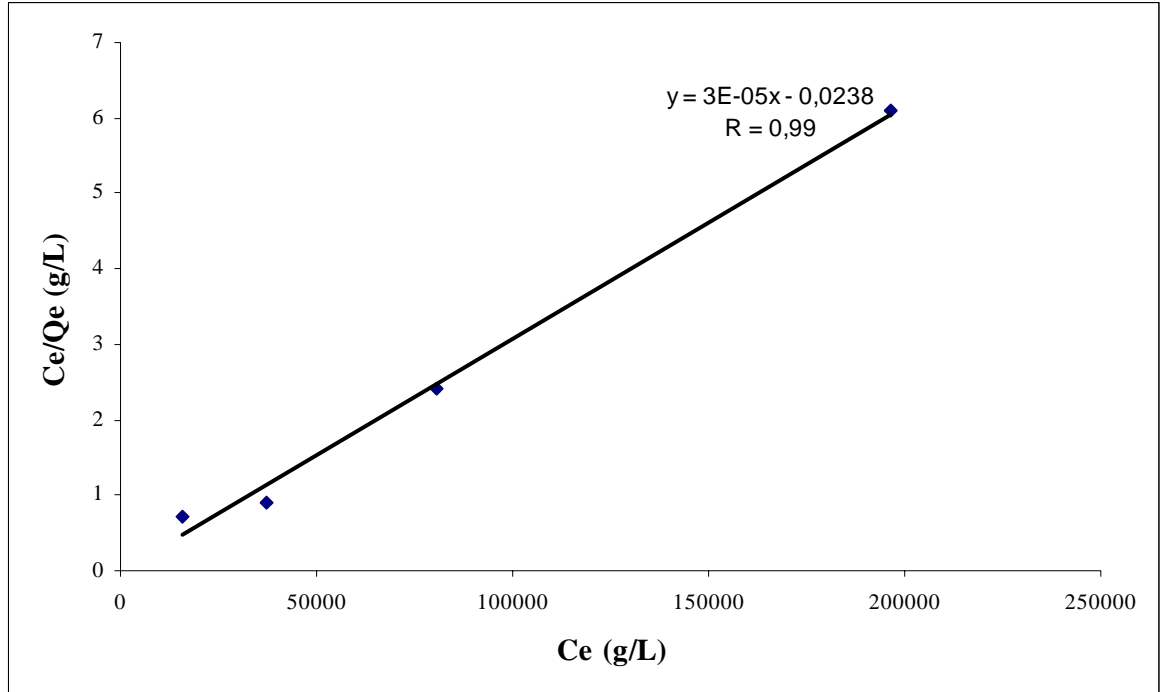
Freundlich parametreleri				Langmuir parametreleri			
Log K_f (mg / g)	1/n	K_f	n	1/ Q_0	K_L / Q_0	Q_0	K_L
2,58	0,39	380,19	2,56	2×10^{-5}	0,86	50000	43000

4.5.2.2. Sitrik Asidin Aktif Karbon ile Adsorpsiyonu

1. Langmuir İzotermi

Tablo 4.52: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Langmuir izotermi verileri

Başlangıç Asit Kons. (mg/L)	C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	C_e / Q_e (g/L)
24960	15940	22550	0,71
53760	37250	41275	0,90
94080	80640	33600	2,40
209280	196400	32200	6,09

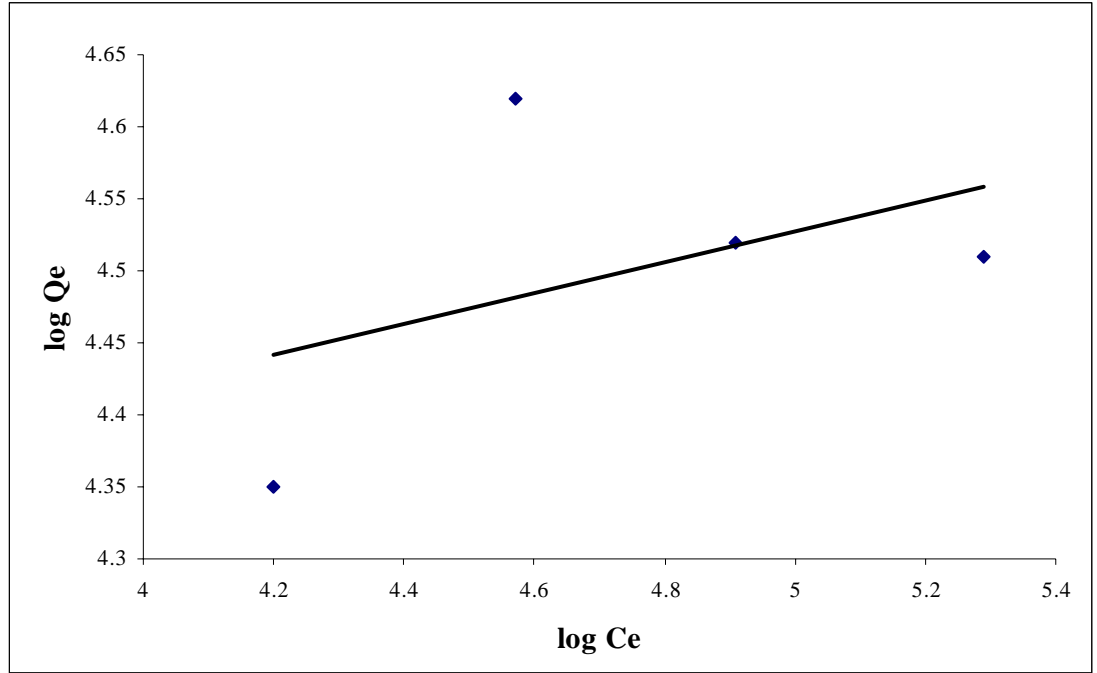


Şekil.4.41: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonunda Langmuir izoterm grafiği

2. Freundlich İzotermi

Tablo 4.53: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonuna ilişkin Freundlich izotermi verileri

C_e (mg/L)	Q_e (mg/g)	$\log Q_e$	$\log C_e$
15940	22550	4,35	4,20
37250	41275	4,62	4,57
80640	33600	4,52	4,91
196400	32200	4,51	5,29



Şekil.4.42: Sitrik asidin aktif karbon ile adsorpsiyonu için Freundlich izoterm grafiği

Tablo 4.54: Sitrik asidin aktif karbon üzerinde adsorpsiyonunun Langmuir ve Freundlich izoterm parametreleri

Freundlich parametreleri				Langmuir parametreleri			
Log K_f (mg / g)	1/n	K_f	n	1/ Q_0	K_L / Q_0	Q_0	K_L
-	-	-	-	3×10^{-5}	-0,02	33333,3	-666,7

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

1. Ekstraktan konsantrasyonu ve dağılma katsayısı arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi:

Sitrik asit ve laktik asitle yapılan tüm ekstraksiyon çalışmalarının sonucunda, tridodesilamin (TDA) ve Amberlite LA-2 konsantrasyonları arttıkça dağılma katsayısının arttığı gözlemlenmiştir (şekil 4.1). Bu da Ricker ve diğ. [5] tarafından bulunan; uzun zincirli alifatik aminlerin, karboksilik asitleri sulu çözeltilerinden ekstraksiyonunda etkili ekstraktanlar olduğu sonucunu doğrulamaktadır.

2. Aminlerin ekstraksiyon üzerindeki etkinliklerinin karşılaştırılması:

Yapılan ekstraksiyon denemelerinde kullanılan ekstraktanlardan TDA tersiyer bir amin ve Amberlite LA-2 ise sekonder amindir. Bu iki ekstraktanın dağılma katsayıları arasında bir karşılaştırma yapıldığında Amberlite LA-2'nin TDA'ya göre daha etkin olduğu görülmektedir. Buna örnek olarak; laktik asit, 1,5 mL 1-oktanol ve 2,5 mL ekstraktan karışımıyla ekstrakte edildiğinde dağılma katsayılarının; TDA kullanıldığında 4,25 ve Amberlite LA-2 kullanıldığında ise 93,3 olduğu görülmüştür (şekil 4.1 ve 4.7). Bu sonuç karboksilik asitlerin ekstraksiyonunda primer ve tersiyer aminlerle karşılaştırıldığında sekonder aminlerin en iyi seçim olduğunun kanıtıdır. Bu saptama literatür ile uyumludur [22].

3. Aminleri seyreltmek için kullanılan çözücülerin ekstraksiyon üzerine etkisi:

Aminleri seyreltmek için kullanılan organik çözücülerin, dağılma katsayıları üzerine büyük bir etkiye sahip olduğu yapılan denemelerde görülmüştür. Bunun sebebi; ekstraksiyon esnasında asit ile amin bir kompleks oluşturur, oluşan bu kompleks ve çözücü arasında karşılıklı etkileşimler meydana gelir. Bu etkileşimler “genel çözünme” ve “spesifik etkileşimler” olarak iki grupta incelenebilir.

Bu çalışmada yapılan denemeler sonucunda ekstraksiyon üzerinde en yüksek etkiye

sahip olan çözücünün 1-oktanol olduğu anlaşılmıştır. 1-oktanol'ü MİBK, toluen, izo-oktan ve sikloheksan takip etmektedir.

MİBK, kullanılan çözücüler içinde en yüksek dielektrik sabitine sahiptir ($\epsilon=13,1$). Bu özellik MİBK'nın, oluşan iyon çifti için iyi bir çözünme ortamı sağlamasını ve oluşan iyon çiftinin stabilitesini sağlamasına yardımcı olur. Yani “genel çözünme etkisi” nin bir sonucudur.

En yüksek dağılma katsayısını ise 1-oktanol verir. Bu çözücünün dielektrik sabiti 10,3 dür. Buna rağmen MİBK'dan daha iyi sonuçlar vermesini şu şekilde açıklayabiliriz: Yapılan araştırmalarda alkollerin beklenilenden daha yüksek denge sabitleri verdiği gözlemlenmiştir. Çözücünün protonuyla, asit-amin kompleksi arasında oluşan spesifik hidrojen bağları, alkollere fazladan çözme gücü kazandırmaktadır. Bu da “spesifik etkileşimler” in bir sonucudur.

En yüksek üçüncü dağılma katsayısını da toluen vermektedir. Toluenin en yüksek üçüncü dielektrik sabitine ($\epsilon=2,3$) sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat toluen, sikloheksan ($\epsilon=2,0$) ve izo-oktanın ($\epsilon=1,9$) dielektrik sabiti değerlerinin birbirine çok yakın olmasına karşın toluenin beklenilenden daha yüksek değerler vermesinin sebebi; toluenin sahip olduğu aromatik π elektronlarının kompleksle etkileşim içerisinde olmasının bir sonucu olarak açıklanabilir. Bu da başta sözü edilen “spesifik etkileşimler”in bir sonucudur.

İzo-oktan ve sikloheksan inert, apolar çözücülerdir. Bu çözücüler asit-amin arasında oluşan polar kompleksle çok az etkileşim gösterirler ve çok düşük çözünme sağlarlar.

4. Deney Sonuçlarının Yükleme Değerlerinin Gösterdiği Eğilim Açısından Değerlendirilmesi:

Yükleme değeri, birim ekstraktan başına organik fazdaki asit miktarı olarak tanımlanabilir. Yapılan denemelerde amin konsantrasyonu artmasıyla yükleme değerlerinin genel olarak azaldığı görülmüştür. Bu durum amin konsantrasyonu arttıkça ekstrakte edilen asit miktarının artmasına rağmen, birim amin tarafından ekstrakte edilen asit miktarının azaldığını göstermektedir. Yapılan araştırmalarda, kompleks

stokiyometrisinde seyreltici içeren sistemlerde; amin konsantrasyonu arttıkça yükleme değerinin azaldığı görülmüştür [9].

5. Dağılma Katsayısı ve Yükleme Değerinin Birlikte Değerlendirilmesi:

Yapılan deneylerde de görüldüğü gibi, karboksilli asitlerin ekstraksiyonunda, amin konsantrasyonu arttıkça dağılma katsayısı artmış fakat yükleme değeri azalmıştır. Bu durum göz önüne alınarak şu şekilde bir tespit yapılabilir:

- Öncelikli hedefin, yüksek konsantrasyonda asit eldesi olan ve maliyetin gözardı edildiği bir durumda, maksimum seviyede amin kullanılmalıdır.
- Öncelikli hedef, az miktarda aminle yüksek seviyede asit ekstrakte etmek ise yükleme değerinin en yüksek olduğu noktalar dikkate alınmalıdır.

6. Aktif Karbon ile Amberlite IRA-67'nin Adsorpsiyon Etkinlikleri Açısından Karşılaştırılması:

Amberlite IRA-67, zayıf bazik, tersiyer amin fonksiyonel grubuna sahip poliakrilik bir reçinedir. Bu reçine ile karboksilik asitlerin adsorpsiyonunda gerçekleşen reaksiyonda, asit tarafından reçinenin iyonik kısımları protonlanır. Bu şekilde kimyasal bir adsorpsiyon gerçekleşir. Aktif karbon ile asitler arasında ise fiziksel adsorpsiyon meydana gelir [19,25]. Bu sebepten Amberlite IRA-67, aktif karbona oranla daha iyi sonuçlar vermektedir. Örneğin, 1g. aktif karbon ile % 10'luk sulu laktik asit çözeltisinin %31,8'i adsorbe edilirken, 1g. Amberlite IRA-67 ile %46,36'sı adsorbe edilmektedir.

7. Laktik asit ve Sitrik Asidin Etkinliklerinin Karşılaştırılması:

Dikarboksilik ve trikarboksilik asitler, monokarboksilik asitlere oranla aminlerle konsantrasyon oluşturmaya daha yatkındırlar. Bunun sebebi trikarboksilik asitlerin üç tane karboksil grubu bulunduğu için birden fazla amini bağlayabilmesidir. Böylece diğer amin ve asitlerin arasında bir bağlayıcı rol oynar ve geniş bir kompleks oluşturur. Monokarboksilik asitlerin sadece bir karboksil grubu bulunduğu için iki amini birlikte

bağlayamaz. Bu sebeplerden dolayı sitrik asit, laktik asite oranla daha etkindir [23].

8. Karboksilik Asitlerin Saflaştırma Yöntemlerinin Birbirleriyle Karşılaştırılması:

Bu çalışmada karboksilik asitler; ekstraksiyon, adsorpsiyon ve iyon değişimi yöntemleri kullanılarak saflaştırılmaya çalışılmıştır. Bu yöntemlerden biri olan ekstraksiyonda kullanılan ekstraktanlardan Amberlite LA-2 ile en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Adsorpsiyonda ise Amberlite IRA-67 ile yüksek değerlere ulaşılmıştır. Bu iki yöntemin karşılaştırılmasında temel olarak, kullanılan ekstraktan ve iyon değiştirici reçinenin aynı miktarında yüzde olarak ne kadar asit çektikleri dikkate alınmıştır. Bu sebeple 2 g. Amberlite LA-2 ile % 10'luk laktik asit ve sitrik asit sırasıyla %97,43; %99,05 oranında ekstrakte edilmiştir. Aynı şekilde 2 g. Amberlite IRA-67 ile % 10'luk laktik asit ve sitrik asit sırasıyla %89,09 ve %97,51 oranında adsorbe edilmiştir.

Bu sonuçlara bakarak, çözücü olarak 1-oktanol ve ekstraktan olarak Amberlite LA-2 kullanılarak yapılan ekstraksiyonun bu çalışmada en başarılı yöntem olduğu görülmektedir.

9. Çalışmanın amaca uygunluk açısından değerlendirilmesi

Bu çalışmanın amacı ilk olarak laktik asit ve sitrik asidin TDA ve Amberlite LA-2 ile ekstraksiyonunda ekstraktan, asit ve seyrelticilerin ekstraksiyona etkilerinin incelenmesidir. İkinci olarak da aktif karbon ve Amberlite IRA-67 ile adsorpsiyona adsorban miktarlarının ve başlangıç asit konsantrasyonlarının etkilerinin incelenmesidir. Ekstraksiyon denemelerinde sikloheksan, toluen, 1-oktanol, MİBK ve izooktan çözücü olarak kullanılmıştır. Ekstraksiyon denemeleri, amin kullanarak tek çözücü+asit, çözücü karışımı+asit ve çözücü+farklı başlangıç asit konsantrasyonları şeklinde hazırlanan karışımlardan, bir asit ve bir amin için 31 adet deneme yapılmıştır. Denemelerde iki amin ve iki asit kullanıldığı için 124 adet ekstraksiyon gerçekleştirilmiştir. Ayrıca amin kullanılmadan sadece çözücü+asit ve çözücü karışımları+asit olmak üzere her bir asit için 8 deneme yapılmıştır. Toplamda 140 adet ekstraksiyon denemesi gerçekleştirilmiştir.

Bu denemelerde elde edilen dağılım katsayıları, ekstraksiyon etkinlikleri ve yükleme

değerleri değişimleri tablolar ve grafikler halinde sunulmuştur.

Adsorpsiyon denemelerinde, adsorbanın dengeye gelme süresi, farklı adsorban miktarlarının adsorpsiyona etkisi ve farklı başlangıç asit konsantrasyonlarının adsorpsiyona etkisi incelenmiştir. Her asit için Amberlite IRA-67 ile 19'ar deneme ve aktif karbon için de 16'şar deneme yapılmıştır. Toplamda 70 tane adsorpsiyon denemesi yapılmıştır.

Bu denemelerde elde edilen bulgular ve hesaplanan veriler tablo ve grafikler halinde sunulmuştur. Ayrıca bu adsorbanların Langmuir ve Freundlich adsorpsiyon izotermi hesaplanmış ve grafikler halinde sunulmuştur.

10. Gelecek çalışmalar için yol gösterme

Çevresel ve ekonomik durum göz önünde bulundurularak yapılan karşılaştırmada reaktif ekstraksiyonun daha başarılı bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır. Yayınlanan bazı araştırmalarda adsorpsiyon maliyetinin tahmin edilemediği belirtilmiştir. Bunun sebebi de asidin adsorpsiyon işleminden sonra adsorbandan geri kazanımı sırasında çok miktarda asit ve alkali kullanılması gereksinimidir. Bu hem maliyeti arttırmakta hem de çevreye daha fazla zararlı atık üretilmesine sebep olur. Buna karşılık reaktif ekstraksiyon daha ekonomiktir ve kullanılan solvent ve aminin büyük bir çoğunluğu geri kazanılabildiği için zararlı atık oranı adsorpsiyonunki kadar fazla olmaz. Ekonomik açıdan en başarılı olanı kalsiyum laktat'ın çöktürülmesi yöntemidir. Fakat bu yöntem çevreye çok miktarda CaSO_4 atılmasına neden olur. En pahalı yöntem ise elektrodiyaliz yöntemidir. Fakat bu yöntem de fermentasyon karışımının pH'ı aynı seviyede tutularak asit sürekli bir şekilde ortamdan alınabilir.

Fermentasyon karışımından ekstraktif fermentasyonla daha etkin, ekonomik ve çevreye zarar vermeyecek şekilde saflaştırma yapmak için, gelecekte mikroorganizmaların düşük pH'ta işlevlerini devam ettirmesi ve ekstraktanların zehirliliklerine karşı dayanıklılıklarının sağlanması için çalışmalar yapılmalıdır [5].

KAYNAKLAR

1. İNCİ, İ., (2000), “Bazı hidroksi karboksilik asitlerin sulu çözeltilerinden ekstraksiyonlarının incelenmesi ”, Doktora tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
2. İNCİ, İ., (2007), “LSER modeling and kinetic studies on reactive extraction of succinic acid by TDA dissolved in MIBK”, *Biotechnol. Prog.*, 23, 1171-1179.
3. USLU, H., (2005), “Bazı organik asitlerin sulu çözeltilerinden ayrılmasının incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
4. AYHAN, S. T., (2005), “Glukonik asidin sulu çözeltilerinden ekstraksiyonunun incelenmesi ”, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
5. JOGLEKAR, H.G., RAHMAN, İ., BABU,S., KULKARNİ, B.D., JOSHI, A.,(2006), “Comparative assessment of downstream processing options for lactic acid”, *Separation and purification technology*, 52, 1-17.
6. LİN, J., ZHOU, M., ZHAO, X., LUO, S., LU, Y., (2007), “Extractive fermentation of L Lactic acid with immobilized *Rhizopus oryzae* in a three-phase fluidized bed ”, *Chemical Engineering and Processing*, 46, 369-374.
7. DEMİRAL, Funda, ALTINOK, Ecem, BATIR, Deniz, KÜRKCÜ, Tülin, (2001), “Fermentasyonla sitrik asit üretimi”, Bitirme ödevi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi.
8. GÜNAY, Burcu, AK, Hatice, DAĞHAN, Nilüfer, YURDAER, Sevda, (2006), “Laktik asit üretimi”, Bitirme ödevi, İ.Ü. Mühendislik Fakültesi.
9. TAMADA, J.A., KERTES, A.S., KING, C.J., (1990), “Extraction of carboxylic acids with amine extractants. 1. Equilibria and law of mass action modeling”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 1319-1326.
10. HONG, Y. K., HONG, W. H., (2000), “Extraction of succinic acid with 1-octanol/ n-heptane solutions of mixed tertiary amine”, *Bioprocess and biosyst. Eng.*, 23, 535-538.
11. ŞAHİN, S., (2006), “Karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden ekstraksiyonunda sıvı faz denge verilerinin incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
12. TAMADA, J.A., KING, C.J., (1990), “Extraction of carboxylic acids with amine extractants. 3. Effect of Temperature, Water Coextraction and Process Considerations”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 1333-1338.
13. BERKEM,A.R., BAYKUT, S., BERKEM, M., (1994), “Fizikokimya” , İ.Ü. Basımevi ve film merkezi, İstanbul.

14. İNCİ, İ., HASDEMİR, M., BİLGİN, M., AYDIN, A., (2000), “Laktik asidin Alamine-336 ile çeşitli seyreltici çözücüler kullanılarak ekstraksiyonunun incelenmesi”, *Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 24, 45-51.
15. PETERS, M.S., TIMMERHAUS, K. D., WEST, R. E., (2003), “*Plant design and economics for chemical engineers*” , 5th edition, McGraw-Hill Company, Inc., New York, 0-07-119872-5.
16. AŞÇI, Y. S., (2007), “Çeşitli karboksilli asitlerin sulu çözeltilerinden hidrojel ile uzaklaştırılmasının incelenmesi”, Yüksek lisans tezi, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
17. CAO, X., YUN, H. S., KOO, Y. M., (2002), “Recovery of L-(+)-lactic acid by anion resin Amberlite IRA-400”, *Biochemical Engineering Journal*, 11, 189-196.
18. MOLDES, A. B., ALONSO, J. L., PARAJO, J. C., (2003), “Recovery of lactic acid from simultaneous saccharification and fermentation media using anion exchange resins”, *Bioprocess Biosyst. Eng.*, 25, 357-363.
19. BHANDARI, V. M., JUVEKAR, V.A., PATWARDHAN, S.R., (1992), “Sorption studies on ion-exchange resins. 1. Sorption of strong acids on weak base resins”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 31, 1060-1073.
20. BUCHOLZ, F. L., GRAHAM, A. T., (1998), “*Modern superabsorbent polymer technology*”, 2nd ed., Wiley-VCH, 0-471-19411-5.
21. *Ion transfer technology Amberlite LA-2*, Cognis Corporation Mining Chemical, http://www.bsibusiness.com/pdfs/Amberlite_r_LA-2_E.PDF
22. JUANG, R.S., LİN, Y.S., (1998), “Investigation on interfacial reaction kinetics of penicilin G and Amberlite LA-2 from membrane flux measurements”, *Journal of Membrane Science*, 141, 19-30.
23. TAMADA, J.A., KING, C.J., (1990), “Extraction of carboxylic acids with amine extractants. 2. Chemical Interactions and Interpretation of data”, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 29, 1327-1333.
24. GLUSZCZ, P., JAMROZ, T., SENCIO, B., LEDAKOWICZ, S., (2004), “Equilibrium and dynamic investigations of organic acids adsorption onto ion-exchange resins”, *Bioprocess Biosyst. Eng.*, 26, 185-190.
25. TAKATSUJI, W., YOSHIDA, H., (1997), “Adsorption of organic acids on weakly basic ion-exchanger: equilibria”, *Chem. Eng. Japan*, 30, No:3, 396-405.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Elazığ'da doğdum. Lise öğrenimimi Florya Tevfik Ercan Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'nde tamamladıktan sonra 2001 yılında İstanbul Üniversitesi Kimya Mühendisliği bölümüne girdim. 2006 yılında lisans eğitimimi tamamladım. Aynı yıl Temel işlemler ve Termodinamik anabilim dalında yüksek lisans eğitimime başladım. Hala bu bölümde eğitimime devam etmekteyim.

