T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULU ÇÖZELTİLERİNDEN ASİT EKSTRAKSİYONU VERİMİ ÜZERİNE FARKLI ORGANİK FAZ KARIŞIMLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus Emre SEVİNDİK

DANIŞMAN
Doç. Dr. Aslı GÖK

II. DANIŞMAN
Dr. Melisa LALİKOĞLU

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Temel İşlemler ve Termodinamik Programı

İSTANBUL-2021

Bu çalışma, Tarih girmek için burayı tıklatın. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Temel İşlemler ve Termodinamik Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Doç. Dr. Aslı GÖK (Danışman)
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Prof. Dr. Süheyla ÇEHRELİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Mühendislik Fakültesi

Doç. Dr. Yavuz Selim AŞÇI
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

Unvan Adı SOYADI
Üniversite
Fakülte

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Aslı GÖK'e, tezimin hazırlanışı ve deneysel kısımlarının yapılması sırasında bana her konuda yardımcı olan hocam Sayın Doç. Dr. Yavuz Selim AŞÇI'ya, her fırsatta çalışmamla ilgilenen ikinci danışman hocam Sayın Dr. Melisa Lalikoğlu'na en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Aralık 2021 Yunus Emre SEVİNDİK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiii**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **3**
2.1 AYIRMA İŞLEMLERİ 3
2.2 EKSTRAKSİYON 3
2.2.1 Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu 3
2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon 4
2.2.2.1 Çözücüler *5*
2.3 DAĞILMA KATSAYISI 5
2.4 YÜKLEME FAKTÖRÜ 5
2.5 EKSTRAKSİYON VERİMİ 5
3. MALZEME VE YÖNTEM **7**
3.1 BİTKİSEL YAĞLAR 7
3.1.1 Hint Yağı 7
3.1.2 Susam Yağı 9
3.1.3 Tatlı Badem Yağı 11
3.1.4 Keten Tohumu Yağı 13
3.1.5 Mısır Yağı 14
3.1.6 Ayçiçek Yağı 15
3.2 TRİOKTİLAMİN (TOA) 17
3.3 METİL İZOBÜTİL KETON (MIBK) 17
3.4 SİTRİK ASİT 18
3.4.1 Kullanım Alanları 20
3.5 MALİK ASİT 21
3.5.1 Kullanım Alanları 22

3.6 GLİKOLİK ASİT 22
3.6.1 Kullanım Alanları 23
3.7 DENEYSEL ÇALIŞMALAR 23
3.7.1 Çözeltinin Hazırlanması 23
3.7.2 Sulu Faz ile Organik Fazın Karıştırılması 23
3.7.3 Analiz 24
4. BULGULAR 25
4.1 SİTRİK ASİT 25
4.1.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 25
4.1.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 28
4.1.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi 32
4.2 MALİK ASİT 34
4.2.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 34
4.2.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 37
4.2.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi 40
4.3 GLİKOLİK ASİT 42
4.3.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 42
4.3.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon 46
4.3.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi 49
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 52
5.1 FİZİKSEL EKSTRAKSİYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 52
5.2 REAKTİF EKSTRAKSİYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ 53
5.2.1 Dağılma Katsayısı Verilerinin Değerlendirilmesi 53
5.2.2 TOA Konsantrasyonunun Ekstraksiyona Etkisi 54
5.2.3 Yükleme Faktörü Verilerinin Değerlendirilmesi 54
5.2.4 Ekstraksiyon Verimlerinin Değerlendirilmesi 54
5.2.5 Sıcaklığın Reaktif Ekstraksiyona Etkisi 55
KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 62

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3-1: Risinoleik asidin kimyasal yapısı 9

Şekil 3-2: Hint yağı bitkisi (*Ricinus communis)* [10] 9

Şekil 3-3: Susam bitkisi [13] 10

Şekil 3-4: Tatlı badem ve yağı [17] 11

Şekil 3-5: Keten tohumu ve yağı [20] 13

Şekil 3-6: Mısır bitkisi [25] 14

Şekil 3-7: Ayçiçeği bitkisi [31] 16

Şekil 3-8: Trioktilaminin kimyasal yapısı [37] 17

Şekil 3-9: Metilizobütilketonun kimyasal yapısı [39] 18

Şekil 3-10: Sitrik asidin kimyasal yapısı 19

Şekil 3-11: Malik asidin kimyasal yapısı [43] 22

Şekil 3-12: Glikolik asit kimyasal yapısı [47] 23

Şekil 4-1: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim 27

Şekil 4-2: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim 27

Şekil 4-3: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim 28

Şekil 4-4: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim.....30

Şekil 4-5: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim. 31

Şekil 4-6: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim.....32

Şekil 4-7: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın dağılma katsayısına etkisi.....33

Şekil 4-8: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın yükleme faktörüne etkisi 33

Şekil 4-9: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın ekstraksiyon verimine etkisi 34

Şekil 4-10: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim 36

Şekil 4-11: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim 36

Şekil 4-12: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim 37

Şekil 4-13: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine dağılma katsayısındaki değişim 39

Şekil 4-14: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine yükleme faktöründeki değişim.....39

Şekil 4-15: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine ekstraksiyon verimindeki değişim 40

Şekil 4-16: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın dağılma katsayısına etkisi 41

Şekil 4-17: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın yükleme faktörüne etkisi.....41

Şekil 4-18: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın ektraksiyon verimine etkisi 42

Şekil 4-19: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim 44

Şekil 4-20: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim 45

Şekil 4-21: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim 45

Şekil 4-22: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine dağılma katsayısındaki değişim 47

Şekil 4-23: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine yükleme faktöründeki değişim.....48

Şekil 4-24: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine ekstraksiyon verimindeki değişim 48

Şekil 4-25: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının dağılma katsayısına etkisi.....50

Şekil 4-26: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının yükleme faktörüne etkisi 50

Şekil 4-27: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının ektraksiyon verimine etkisi 51

Şekil 5-1: Sitrik asit, malik asit ve glikolik asidin fiziksel ekstraksiyon verimleri 53

Şekil 5-2: Sitrik, malik ve glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda en yüksek verim değerleri 55

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3-1: Hint yağının kimyasal ve fiziksel özellikleri [9] 8

Tablo 3-2: Hint yağının içeriğindeki asitlerin yaklaşık oranları [7].....8

Tablo 3-3: Susam yağının içeriği [12].....10

Tablo 3-4: Bademde bulunan yağ asitlerinin yüzde bileşimi[16].....12

Tablo 3-5: 100 g bademde, vitamin ve mikro besin maddelerinin önerilen besin alımıyla birlikte besin bileşenleri [16].....12

Tablo 3-6: Keten tohumu yağının yağ asidi bileşimi [23].....14

Tablo 3-7: Mısır yağının yağ asidi bileşimi [28].....15

Tablo 3-8: Ayçiçek yağının yağ asidi bileşimi [27, 31, 33] 16

Tablo 3-9: Trioktilaminin fiziksel ve kimyasal özellikleri [35, 36]. 17

Tablo 3-10: Metilizobütilketonun fiziksel ve kimyasal özellikleri [38].....18

Tablo 3-11: Sitrik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri [34] 20

Tablo 3-12: Malik asidin kimyasal ve fiziksel özellikleri [44] 21

Tablo 3-13: Glikolik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri [46].....22

Tablo 4-1: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları.....25

Tablo 4-2: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları 28

Tablo 4-3: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine sıcaklık etkisi.....32

Tablo 4-4: Malik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları 34

Tablo 4-5: Malik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları 37

Tablo 4-6: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi.....40

Tablo 4-7: Glikolik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları. 42

Tablo 4-8: Glikolik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları ($C_{B,org}$=1,145 mol/L) 46

Tablo 4-9: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi.....49

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$C_{A,0}$	: Başlangıç asit konsantrasyonu
$C_{A,aq}$	: Su fazındaki asit konsantrasyonu
$C_{A,org}$	: Organik fazdaki asit konsantrasyonu
$C_{B,org}$	: Organik fazdaki reaktan konsantrasyonu
C_{MIBK}	: MIBK konsantrasyonu
C_{T0A}	: TOA konsantrasyonu
-COOH	: Karboksil grubu
% E	: Ekstraksiyon verimi
K_D	: Dağılma katsayısı
NaOH	: Sodyum hidroksit
R	: Alkil grubu
R_3N	: Tersiyer amin
R_3NHA	: Asit ve tersiyer aminden oluşan kompleks
Z	: Yükleme faktörü

Kısaltmalar	Açıklama
aq	: Su fazı
CAS	: Chemical Abstracts Servise - Kimyasalları tanımlamak için verilen numara
FFA	: Free Fatty Acids – Serbest Yağ Asitleri
K	: Kelvin (sıcaklık birimi)
$m^3.kmol^{-1}.s^{-1}$	: Hız sabiti birimi
MIBK	: Metil izobütil keton
mL	: Mililitre (hacim birimi)
N	: Normalite
org	: Organik faz
TOA	: Trioktilamin

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULU ÇÖZELTİLERİNDEN ASİT EKSTRAKSİYONU VERİMİ ÜZERİNE FARKLI ORGANİK FAZ KARIŞIMLARININ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Yunus Emre SEVİNDİK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Aslı GÖK

II. Danışman : Dr. Melisa LALİKOĞLU

Bu çalışmada, sulu çözeltilerinden asit ekstraksiyonu verimi üzerine farklı organik faz karışımlarının etkisi incelenmiştir. Sitrik asit, malik asit ve glikolik asit ile çalışılmıştır. Reaktif ekstraksiyon çalışmalarında çözücü olarak bitkisel yağlar, reaktan olarak trioktilamin (TOA) kullanılmıştır. Ayçiçek yağı, mısır yağı, keten tohumu yağı, tatlı badem yağı, susam yağı ve hint yağı olmak üzere 6 çeşit bitkisel yağ kullanılmıştır. Bazı çalışmalarda bitkisel yağlara çeşitli oranlarda metilizobütilketon (MIBK) katılarak ekstraksiyona etkisi incelemiştir. Karboksilik asitler ağırlıkça %10'luk konsantrasyonda hazırlanmıştır. Ekstraksiyon çalışmalarında organik faz ile sulu faz oranı 1:1'dir. Çözücü olarak saf bitkisel yağ kullanılarak fiziksel ekstraksiyon denemeleri de yapılmıştır. Deneylerin bitiminde dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi değerleri hesaplanarak tablo ve grafiklerle gösterilmiştir. Reaktif ekstraksiyonda en yüksek verim değerleri çözücü olarak hint yağı ve reaktan olarak TOA kullanımında elde edilmiştir. MIBK ilavesinin ekstraksiyon verimini arttırdığı gözlemlenmiştir.

Aralık 2021, 75. sayfa.

Anahtar kelimeler: Reaktif ekstraksiyon, sitrik asit, malik asit, glikolik asit, trioktilamin, metilizobütilketon, bitkisel yağlar.

SUMMARY

M.Sc. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT ORGANIC PHASE MIXTURE ON THE EFFICIENCY OF ACID EXTRACTION FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Yunus Emre SEVİNDİK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Department of Chemical Engineering

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Aslı GÖK

Co-Supervisor : Dr. Melisa LALİKOĞLU

In this study, the effect of different organic phase mixtures on acid extraction efficiency from aqueous solutions was examined. It has been studied with citric acid, malic acid and glycolic acid. Vegetable oils were used as solvents and trioctylamine (TOA) as reagents were used as solvents in reactive extraction studies. Sunflower oil, corn oil, flaxseed oil, sweet almond oil, sesame oil and castor oil were used in 6 types of vegetable oil. In some studies, methylisobutylketone (MIBK) was added to vegetable oils at various rates and its effect on extraction was examined. Carboxylic acids were prepared at a concentration of 10% by weight. In extraction studies, the ratio of organic phase to aqueous phase is 1:1. Physical extraction experiments were also carried out using pure vegetable oil as solvent. At the end of the experiments, the distribution coefficient, loading factor and extraction efficiency values were calculated and shown in tables and graphics. The highest yield values in reactive extraction were obtained using castor oil as solvent and TOA as reactant. It was observed that the addition of MIBK improved the extraction efficiency.

December 2021, 75. pages.

Keywords: Reactive extraction, citric acid, malic acid, glycolic acid, trioctylamine, methylisobutylketone, vegetable oils.

1. GİRİŞ

Karboksilli asitler polar nitelikli, hidrojen bağı yapabilen, karboksil grubu (R-COOH) içeren bileşiklerdir. İçerdiği karboksil grubu sayısına göre mono, di, tri, tetra karboksilli asit şeklinde isimlendirilir. Asidin fiziksel özellikleri karboksil grubu tarafından belirlenir. [1]

Karboksilli asitler eski çağlardan beri fermentasyon prosesi ile elde edilmektedir. Fermentasyon sonucunda sulu fazda yaklaşık %10 oranında verimle üretilebilmektedir. Suya ilgileri yüksek olan karboksilli asitlerin saflaştırılmaları zordur. Birçok karboksilli asit, artan kullanım alanları sebebiyle fermentasyon yerine organik sentez yöntemleri ile üretilmeye başlanmıştır. Ancak biyoteknoloji alanlarındaki gelişmeler ve petrol fiyatlarında yaşanan artışlar geleneksel yöntemlere ilgiyi tekrar artırmıştır. Gıda sanayiinde kullanılan asitlerin fermentasyonla üretilmesi doğal olması sebebiyle tercih edilmektedir. [2]

Karboksilli asitler başta gıda sanayii olmak üzere birçok sektörde yoğun olarak kullanılmaktadır. Gıda ürünlerinin bozulmasını engellemek ve raf ömrünü uzatmak için faydalanılmasının yanında lezzetlendirici olarak da kullanılmaktadırlar. Gıda dışında da birçok kullanım alanları vardır. Eczacılık, deterjan, plastik, boya, jelatin, kozmetik, metal ve kağıt sektörlerinde kullanılmaktadır. [2]

Karboksilli asitlerin sulu çözeltiden ayırmak için çeşitli metotlar kullanılmaktadır. En eski yöntem ile sulu karboksilli asit çözeltisine kalsiyum hidroksit veya kalsiyum karbonat ilave edilerek kalsiyum tuzu çökeltisi elde edilir. Sülfürik asit ilavesiyle kalsiyum sülfat çökeltisi oluşur. Bu yöntemin handikabı yüksek miktarda bulamaç ile çalışmak ve kalsiyum sülfatın ortaya çıkmasıdır. Sıvı-sıvı ektraksiyonu, aktif karbon ve fonksiyonel gruba sahip kimyasal reçineler, membran, eletrodiyaliz gibi yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak çevre kirliliği, yüksek maliyet, verimsizlik gibi olumsuzlukları vardır. [1]

Uzun zincirli aminler ile kompleks oluşturarak karboksilli asitleri sulu çözeltiden ayırmak yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Reaktif ekstraksiyon adı verilen bu yöntemde aminler organik bir çözücü ile seyreltilmelidir. Çözücüler aminlerin bazik karakterini etkiler ve dolayısıyla ekstraksiyon verimini de değiştirirler. Aminlerin zincir uzunluğu arttıkça ekstraksiyon başarısı da artmaktadır. [2]

Geleneksel çözücülerin bir çoğu insan sağlığına ve çevreye zararlı maddelerdir. Bu çalışmada çözücü olarak insan sağlığına zararı olmayan, gıda olarak tüketilen bitkisel yağlar kullanılmıştır. Deneysel çalışmada ayçiçek, mısır, keten tohumu, tatlı badem, susam ve hint yağı kullanılmıştır. 6 farklı yağ içinde çeşitli oranlarda trioktil amin (TOA) (bazı çalışmalarda TOA+MIBK) eklenmiştir. Ekstraksiyon işlemleri sonucunda karboksilik asitlerin ekstraksiyon verimleri, dağılma katsayıları ve yükleme faktörü değerleri hesaplanmıştır. Sonuçlar tablo ve grafiklerle gösterilmiştir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1 AYIRMA İŞLEMLERİ

İnsanlar eski çağlardan bu yana ihtiyaçları doğrultusunda kimyasal maddeleri ayrıştırma ve saflaştırma yöntemlerini kullanmışlardır. Madencilikte cevherleri ayırmak, faydalı bitkilerin özütlerini elde etmek vb. çalışmalar tarihi kayıtlardan daha eskidir. Ayırma işlemleri saf olmayan bileşiklerin saflaştırılması, karışımların bileşenlerine ayrılması ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması şeklinde tarif edilebilir. Maddelerin fiziksel ve kimyasal farklılıklarından yararlanarak ayırma işlemleri gerçekleştirir.

Ayırma işlemlerini 3 temel başlıkta sınıflandırabiliriz.

1. Mekanik ayırma: Maddeler arasındaki büyüklük, şekil ve öz kütle farkına dayanarak ayırma. Filtrasyon ve santrifüj işlemleri.
2. Difüzyonal ayırma: Faz değişikliğiyle gerçekleşen ayırma. Destilasyon, absorbsiyon, ekstraksiyon işlemleri.
3. Membran ile ayırma: Yarı geçirgen zar kullanılarak yapılır. Osmos filtrasyon, diyaliz işlemleri [3].

2.2 EKSTRAKSİYON

İki veya daha fazla maddeden oluşan karışımı çözücü veya çözücü karışımları ile faz oluşturarak ayırma işlemine ekstraksiyon denir. Karışım sıvılardan oluşuyorsa sıvı-sıvı ekstraksiyon, katı ve sıvıdan oluşuyorsa katı-sıvı ekstraksiyon adı verilir [1]. Ekstraksiyon oda sıcaklığına yapılır. Ancak yüksek ve düşük sıcaklıklarda da yapılabilir. Bu durumlarda sıcaklık çözücünün kaynama noktasında yukarıda olmamalıdır. Düşük sıcaklıkta yapılan ekstraksiyon çalışmalarında ise çözücünün donma noktasından yüksek sıcaklıklarda çalışılmalıdır [2].

2.2.1 Sıvı-Sıvı Ekstraksiyonu

Solvent ekstraksiyonu da denir. Karışım ve çözücünün karıştırılmasıyla çözünen maddenin çözücü kısmına geçmesi ve oluşan fazların ekstrakt ve rafinat olarak ayrılmasıyla gerçekleştirilen ekstraksiyon metodudur. Ekstrakt fazından hedeflenen madde alınır [1].

Kaynama noktaları birbirine yakın, düşük uçuculuğa sahip, yüksek sıcaklıkta bozunan, bulunduğu karışımda çok düşük konsantrasyonda olan maddelerin ayrılmasında kullanılan ayırma yöntemidir.

Çözücünün hedeflenen maddeye ilgisi yüksek, diğer maddelere ise düşük olması istenir. Bu duruma seçicilik denir. Başka bir deyişle, karışımı oluşturan maddelerden sadece birini iyi çözmeli, diğer maddeleri ise hiç çözmemeli ya da çok az miktarda çözmelidir. Çözücü ekstraksiyon işleminden sonra tekrar kullanılabilir olmalı. Geri kazanılan çözücü hem maliyeti düşürür hem de çevre kirliliğinin engellenmesi açısından tercih edilir. Genellikle çözücüler destilasyon işlemi ile ayrılarak tekrar kullanılmaktadır. Fazlar arası yoğunluk farklarının yüksek olması faz ayrımının daha hızlı olmasını sağlar. Bu durum üretim kapasitesini olumlu yönde etkiler [4].

2.2.2 Reaktif Ekstraksiyon

Ekstrakte edilmek istenen bir maddenin, bir çözücü içinde seyreltilen reaktan madde ile reaksiyona girerek ayrılması işlemine reaktif ekstraksiyon denir. Fiziksel ekstraksiyonla arasındaki fark, reaktan ile çözünen maddenin reaksiyona girerek kompleks oluşturmasıdır. Fiziksel ekstraksiyona kıyasla daha verimli bir yöntemdir. Reaktan olarak alifatik aminler veya fosfor içerikli organik bileşikler tercih edilir [2, 5].

Reaktif ekstraksiyon aşamaları:

1. Karboksilli asidin ayrışması.

$$HA \leftrightarrow H^+ + A^- \qquad \textbf{(2-1)}$$

2. Reaktan olarak kullanılan amine proton bağlanması.

$$R_3N + H^+ \leftrightarrow R_3NH^+ \qquad \textbf{(2-2)}$$

3. Karboksilli asit ile amin kompleks oluşturması.

$$R_3NH^+ + A^- \leftrightarrow R_3NHA \qquad \textbf{(2-3)}$$

4. Ekstraksiyon işleminin genel reaksiyonu (2-4)'te gösterilmiştir.

$$R_3N + HA \leftrightarrow R_3NHA \quad \textbf{(2-4)}$$

Reaktif ekstraksiyon sürecinde pH düşmediği için mikroorganizmaların aktivitesi devam eder. Bu durum fermentasyonun devamlılığına katkı sağlar [6]. Yüksek molekül ağırlığına sahip alifatik aminler ve tersiyer aminler en etkili reaktanlardandır [1].

2.2.2.1 Çözücüler

Reaktif ekstraksiyonda kullanılan reaktanlar yüksek viskoziteye sahip olduğundan uygun bir çözücü içinde çözülmesi gerekmektedir. Çözücüler ekstraksiyonun başarısına önemli ölçüde etki ederler. Çözücüler genellikle çevreye zararlı kimyasallardır [4]. Bu çalışmada çözücü olarak bitkisel yağlar kullanılmıştır.

2.3 DAĞILMA KATSAYISI

Birbirine karışmayan sıvıların her ikisinde de çözünen reaktan, denge durumunda her iki fazda da farklı konsantrasyonlarda bulunur. Fazlardaki konsantrasyonlarının birbirine oranı dağılma katsayısını verir. Dağılma katsayısının yüksek olması ekstraksiyon başarısının da yüksek olduğunu gösterir. 2-5 ile gösterilen denklem ile hesaplanır [1].

$$K_D = \frac{C_{A,org}}{C_{A,aq}} \quad \textbf{(2-5)}$$

2.4 YÜKLEME FAKTÖRÜ

Kullanılan reaktanın birim miktarının ekstraksiyon kapasitesini tespit etmek amacıyla hesaplanır. Denge halindeki organik fazdaki asit konsantrasyonunun $C_{A,org}$, organik fazdaki reaktan konsantrasyonuna $C_{B,org}$ oranıdır. Z ile gösterilir. 2-6 ile gösterilen denklem ile hesaplanır [1].

$$Z = \frac{C_{A,org}}{C_{B,org}} \quad \textbf{(2-6)}$$

2.5 EKSTRAKSİYON VERİMİ

Başlangıç konsantrasyonuna göre asidin sulu fazdan organik faza geçen kısmının yüzdesidir. 2-7 numaralı denklem ile hesaplanır.

$$\%\boldsymbol{E} = \left(\mathbf{1} - \frac{\boldsymbol{C_{A,aq}}}{\boldsymbol{C_{A0}}}\right).\mathbf{100} \qquad \textbf{(2-7)}$$

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 BİTKİSEL YAĞLAR

3.1.1 Hint Yağı

Sütleğengiller (*Euphorbiaceae*) familyasından *Ricinus communis* bitkisinin tohumlarının sıkılmasıyla elde edilen renksiz ya da açık sarı renkli, lezzetsiz, hafif kokusu olan, yüksek viskoziteye sahip sıvı yağ. Kastor yağı olarak da adlandırılır. Tropikal iklim şartlarına yetişen bu bitki 10 m'ye kadar boylanarak ağaç özelliği gösterir. Tropikal olmayan iklim şartlarında genellikle 1-1,5 m boyunda yıllık otsu bitki olarak yetiştirilir. Büyük yaprakları ve koyu kırmızı renkli dikenli meyveleri vardır. En önemli üretim merkezlerinden biri yağa adını veren Hindistan'dır. Diğer üretici ülkeler Çin ve Brezilya'dır. En büyük tüketici ise Çin'dir. Hint fasulyesi adı verilen lekeli tohumları *risin* ve *risinin* içerdiğinden dolayı zehirlidir. Akdeniz çevresinde yüksek verimle üretilebilir. Gösterişli bir bitki olmasından dolayı çevre düzenlemesi ve peyzaj çalışmalarında da kullanılmaktadır. Hint yağının %90'ı müshil etkili olan *risinoleik* asitten oluşmaktadır. Zehirli maddeden arındırılan Hint yağı müshil olarak kullanılmaktadır. Sanayide plastik, vernik, yumuşatıcı, yakıt, suni elyaf ve reçine üretiminde kullanılmaktadır. Ayrıca kozmetik ürünler, sabunlar, yağlayıcılar, hidrolik sıvıları, gresler, mantar ilaçları, matbaa mürekkepleri, boya katkı maddelerinin üretiminde kullanılmaktadır. [7]

Hint yağının sülfürik asitle reaksiyonundan Türkiye Kırmızısı yağı üretilir ve boyalarda katkı maddesi olarak kullanılır. [8]

Tablo 3-1' de hint yağının fiziksel özellikleri görülmektedir. Tablo 3-2' de görüleceği üzere hint yağının %90'ı risinoleik asitten oluşmaktadır.

Tablo 3-1: Hint yağının kimyasal ve fiziksel özellikleri [9].

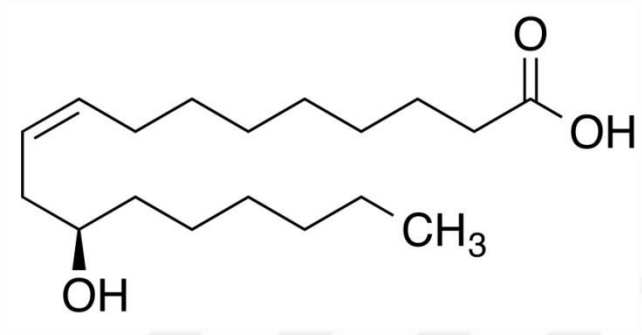
Fiziksel Özellikler	**Değer**
Viskosite (mm^2/s)	889,3
Yoğunluk (g/mL) 25 °C	0,959
Isı iletkenliği (W/m°C)	4,727
Özgül ısı (kJ/KgK)	0,089
Parlama noktası (°C)	145
Akışkan kalabileceği en düşük sıcaklık (pour point) (°C)	2,7
Erime noktası (°C)	-2 ila -5 arasında
Kırılma indisi	1,480

Tablo 3-2: Hint yağının içeriğindeki asitlerin yaklaşık oranları [7].

Yağ asidi	**%**
Risinoleik asit	89 – 90,2
Linoleik asit	4,2 – 4,4
Oleik asit	2,8 – 3
Stearik asit	0,9 – 1
Palmitik asit	0,7 – 1
Linoleik asit	0,2 – 0,3
Diğer	0,8 – 1,5

Şekil 3-1'de Risinoleik asidin kimyasal yapısı görülmektedir. Yapısındaki hidroksil grubu polar özellik kazandırır ve viskozitesinin yüksek olmasını sağlar. Çift bağa sahip olması sebebiyle kimyasal reaksiyonlara girmesine ve farklı ürünler elde etmemize imkân verir. [7]

Şekil 3-1: Risinoleik asidin kimyasal yapısı.





Şekil 3-2: Hint yağı bitkisi (*Ricinus communis)* [10].

3.1.2 Susam Yağı

Susam bitkisi 5000 yıllık köklü geçmişe ve geniş bir kullanım alanına sahiptir. Tohumları %50-60 oranında yağ içerir. Susamgiller familyasından (*Pedaliaceae)* bir yıllık otsu bitki olan susam, 0,5 m ila 2 m arasında boya ulaşabilmektedir. On altı cins ve altmış türü bulunan susamın otuz yedi türü *Sesamum* cinsindendir. Kültürü yapılan türü ise sadece *Sesamum İndicum L*. cinsidir. [11]

Susam yağı, büyük oranda oleik asit ve linoleik asitten oluşmaktadır. Tablo 3-3 de susam yağının içeriğinde bulunan asitlerin yaklaşık oranları görülmektedir. Susam yağı ayrıca magnezyum, kalsiyum, sodyum, fosfor, demir, potasyum, niasin, B1, B2 ve karoten içerir [12].

Tablo 3-3: Susam yağının içeriği [12].

Yağ asidi	**%**
Linoleik asit	41,5 – 47,9
Oleik asit	35,9 – 42,3
Palmitik asit	7,9 – 10,2
Stearik asit	4,8 – 6,1
Linelenik asit	0,3 – 0,4
Araşidik asit	0,3 – 0,6



Şekil 3-3: Susam bitkisi [13].

3.1.3 Tatlı Badem Yağı

Gıda endüstrisinde başta kuruyemiş olarak tüketilmesinin yanında farklı kullanım alanları da bulan tatlı badem *(Prunus dulcis Mill.) Rosaceae* familyasının *Prunoideae* alt familyasında yer alan bir meyve türüdür [14]. Türkiye ve İran'dan Hindistan ve Nepal'e kadar uzanan Sahra ovalarında bulunan badem, sıcak iklimlere özgüdür. Bademlerin büyüklüğü ortalama 3 ila 6 cm uzunluğundadır. Ülkemizde badem neredeyse her yerde tohum olarak ekilebilen veya yetiştirilebilen bir ağaç meyvesidir [15]. Bitkinin kurutulmuş çekirdeğinden tatlı badem yağı elde edilir (Şekil 3-4) [16].



Şekil 3-4: Tatlı badem ve yağı [17].

Soğuk pres, çözücü ekstraksiyonu veya süperkritik ekstraksiyon gibi farklı yöntemler ile elde edilen yağı en az meyvesi kadar faydalıdır. Orjinine göre değişmekle birlikte tatlı bademin yaklaşık %50 oranında yağ içerdiği ve bu yağın omega 9 ve omega 6 yağ asitleri bakımından zengin olduğu ifade edilmiştir [18]. Badem yağının dermatolojik, anti-enflamatuar, anti-hepatotoksisite ve anti-kanser etkilerinin olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca kolesterolü düşürdüğü ve kardiyovasküler hastalıklarda da etkili olduğu belirtilmiştir [14] [16]. Badem, esansiyel yağ asitleri, karbonhidrat ve proteinin zengin bir kaynağıdır ve son derece besleyici bir vitamin ve mineral kaynağıdır (Tablo 3-4, Tablo 3-5). Badem yağı toksik olmayan, tahriş edici olmayan, duyarlı olmayan ve kondojenik olmayan, suda çözünmeyen, kolayca emülsifiye edilebilir bir esterdir [16].

Tablo 3-4: Bademde bulunan yağ asitlerinin yüzde bileşimi [16].

Yağ asidi	**%**
Oleik asit	64 – 82
Linoleik asit	8 – 28
Palmitik asit	6 – 8

Tablo 3-5: 100 g bademde, vitamin ve mikro besin maddelerinin önerilen besin alımıyla birlikte besin bileşenleri [16].

Badem, Ham (100 g bazında)			
Enerji	2420 kJ	Tiamin (B1)	0,24 mg (%0,18)
Karbonhidratlar	20 g	Riboflavin (B2)	0,8 mg (%53)
- Şekerler	5 g	Niasin (B3)	4 mg (%27)
- Diyet lifi	12 g	Pantotenik Asit (B5)	0,3 mg (%6)
Yağ	51 g	B6 vitamini	0,13 mg (%10)
- Doymuş	4 g	Folat (B9)	29 µg (%7)
- Tekli doymamış	32 g	C vitamini	eser miktarda
- Çoklu doymamış	12 g	Kalsiyum	248 mg (%25)
Protein	22 g	Demir	4 mg (%32)
		Magnezyum	275 mg (%74)
		Fosfor	474 mg (%68)
		Potasyum	728 mg (%15)
		Çinko	3 mg (%30)

3.1.4 Keten Tohumu Yağı

Keten *(Linum usitatissimum),* 30-100 cm boyunda, mavi çiçekli ve tek yıllık bir kültür bitkisidir. Keten, Mısırlılardan beri tarımı yapılan ve çok değişik amaçlarla kullanılan bir bitkidir. Tohumları, 4-6 mm uzunlukta, yumurta biçiminde, yassı, parlak, kırmızımtırak esmer renkli, kokusuz, yağlı ve lezzetlidir (Şekil 3-5) [19].



Şekil 3-5: Keten tohumu ve yağı [20].

Keten tohumu yağı, yüksek linolenik asit içeriğine sahip elverişli bir yağ asidi bileşimine sahiptir. Keten tohumu yağı yaklaşık %60 α-linolenik asit içerirken, genellikle bitki yağları için %25'tir. Kuzey enlemlerinde yetişen keten tohumunda linolenik asit ve omega-3 yağ asitlerinin içeriğinin yüksek olduğu bildirilmektedir. Farklı çalışmalarda bildirilen yağ asitlerinin, özellikle doymamış yağ asitlerinin bileşimi keten tohumu yağı için önemli ölçüde değişmektedir. Bu varyasyon esas olarak incelenen çeşitlerdeki farklılıklara ve endüstriyel işleme işlemlerine bağlıdır [21]. İnsan sağlığı üzerine olumlu etkilerine rağmen, ALA (omega-3) bakımından zengin keten tohumu yağı oksidasyon reaksiyonlarından olumsuz etkilenmektedir. Oksidasyon sonucunda, insan vücudunda toksik etkiler gösterebilecek, tat bozukluklarına ve serbest radikallere neden olan uçucu bileşikler oluşmaktadır [22]. Tablo 3-6'da keten tohumu yağının yağ asidi bileşimi verilmiştir.

Tablo 3-6: Keten tohumu yağının yağ asidi bileşimi [23].

Yağ asidi	**%**
Palmitik asit	6 – 7
Stearik asit	3 – 6
Oleik asit	14 – 24
Linoleik asit	14 – 19
Linolenik asit	48 – 60

3.1.5 Mısır Yağı

Mısır *(Z. mays L.)*, sarı veya beyaz taneli meyve ile ortalama 2,5 m yüksekliğinde yıllık bir bitkidir (Şekil 3-6). *Zea* cinsine, *Poaceae* ailesine (otlar) ve *Cyperales* düzenine aittir. Mısır tüm dünyada yaygın olarak yetiştirilmektedir ve her yıl üretimi diğer tahıl ürünlerine göre daha fazla artmaktadır. Mısır esas olarak hayvan yemi, sanayide hammadde olarak ve daha az ölçüde insan gıdası olarak (özellikle gelişmekte olan ülkelerde) kullanılır [24].



Şekil 3-6: Mısır bitkisi [25].

Mısır yağı, Amerika Birleşik Devletleri'nde ve diğer birçok ülkede popüler bir bitkisel yağdır. Hoş aroması, iyi stabilitesi ve margarin yapımındaki popülaritesi nedeniyle mısır yağı uzun bir

zamandır birinci sınıf bir bitkisel yağ olarak kabul edilir. Tüm bitkisel yağlar arasında mısır yağı, yıllık üretim açısından onuncu sırada yer almakta ve dünya çapında üretilen bitkisel yağın yaklaşık %2'sini temsil etmektedir [26]. Başlıca mısır yağı üreticileri Amerika Birleşik Devletleri, Meksika, Rusya, Belçika, Fransa, İtalya, Almanya, İspanya ve Birleşik Krallık'tır [24]. Yağ içeriği seviyesi %6'nın üzerinde olan mısır 'yüksek yağlı mısır' olarak belirlenmiştir. Mısırdaki yağın büyük çoğunluğu özünde ya da tohumda konsantre edilmektedir [27]. Mısır tohumu %35-56 yağ içerir, linoleik asit en yaygın yağ asididir (Tablo 3-7). Ek olarak, mısır tohumu yaklaşık %1-3 fosfatitler, %1 steroller ve %1,5 FFA içerir [24].

Tablo 3-7: Mısır yağının yağ asidi bileşimi [28].

Yağ asidi	**%**
Palmitik asit	9 – 17
Stearik asit	1 – 11
Oleik asit	12 – 49
Linoleik asit	36 – 70
Linolenik asit	1 – 3

3.1.6 Ayçiçek Yağı

Kuzey Amerika kökenli en eski yağlı türlerden biri olan ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*), Compositae (*Asteraceae*) familyasına ve *Helianthus* cinsine aittir. Ayçiçeği, 1-3 metre yüksekliğe ulaşan yıllık bir üründür (Şekil 3-7). Ayçiçekleri, ağırlıklı olarak 20 °C ila 25 °C sıcaklık aralığında, ılıman iklimlerde yetişir. Kuru, güneşli iklimlerde ve bol su sağlayabilen derin topraklarda gelişirler [29]. Dünyada ayçiçeği ekimi yapılan başlıca ülkeler; Rusya, Ukrayna, Arjantin, Macaristan, Fransa, İspanya, Hindistan ve Türkiye'dir. Ülkemizde özellikle Trakya ve Marmara bölgelerimizde ayçiçeği bitkisinin tarımı önemli bir yer tutmaktadır [27]. Yüksek yağlı tohumlu ayçiçeği, ortalama olarak %40 yağ ve %23 kabuk içerir. Şekerleme, kuruyemiş ve kuşyemi pazarlarında kullanılan düşük yağlı tohum %30 yağ ve %43 kabuk içerir [30].



Şekil 3-7: Ayçiçeği bitkisi [31].

Ayçiçek yağı insan beslenmesinde yaygın olarak kullanılması ve birçok endüstriyel üretimde yağ asidi bileşimine bağlı olması nedeniyle önemli bir bitkisel yağdır [32]. Ayçiçek yağı %15 doymuş, %85 doymamış yağ asidi içermekte; doymamış yağ asitlerinin %14-43'ünü oleik asit, %44-75'ini de linolenik asit oluşturmaktadır (Tablo 3-8). Ülkemizde yetiştirilen ayçiçeği çeşitleri linoleik asit oranının yüksek olduğu linoleik tip hibrit ayçiçeği çeşitleridir. Ayçiçeği ülkemizde en fazla ekim alanı ve üretime sahip yağlı tohumlu bitkidir [27]. Ayçiçek yağı, ayçiçek tohumlarından, presleme ve ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilir. Ham ayçiçek yağı açık kehribar renklidir, rafinasyon ile rengi açık sarıya dönmektedir [33].

Tablo 3-8: Ayçiçek yağının yağ asidi bileşimi [27, 31, 33].

Yağ asidi	**%**
Palmitik asit	5 – 8
Stearik asit	3 – 5
Oleik asit	14 – 43
Linoleik asit	44 – 75
Linolenik asit	0,2 – 0,5

Çoğu bitkisel yağ gibi, ayçiçek yağları da ağırlıklı olarak triaçilgliserollerden (%98-99) oluşur [29]. Bunun yanında minimum miktarlarda fosfolipid, tokoferol, sterol ve vaks da içerir [33].

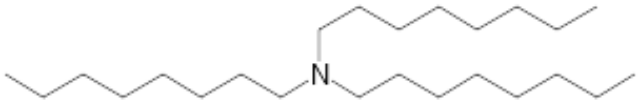
Başlıca fosfolipidlerin bileşimi, yüksek yağlı çeşitlerde %52 fosfotidilkolin (lesitin), %19,7 fosfatidiletanolamin (sefalin), %26 fosfaidilinositol ve %2,2 fosforik asittir [30]. Ayçiçek yağındaki esas tokoferol E vitaminin en aktif formu olan α- tokoferoldür [30, 33].

3.2 TRİOKTİLAMİN (TOA)

Suda çözünmeyen, renksiz, berrak, uzun zincirli, tersiyer amindir. Diğer isimleri: N, N-dioktil oktanamin, trikaprilamindir [34].

Tablo 3-9: Trioktilaminin fiziksel ve kimyasal özellikleri [35, 36].

Kimyasal formülü	$C_{24}H_{51}N$
Molekül ağırlığı	353,7 g/mol
Yoğunluk (25°C)	0,80746 g/cm^3
Kaynama noktası	366 ºC
Erime noktası	-34,6 ºC
Parlama noktası	147,4 °C
CAS numarası	1116-76-3



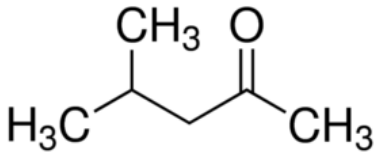
Şekil 3-8: Trioktilaminin kimyasal yapısı [37].

3.3 METİL İZOBÜTİL KETON (MIBK)

Renksiz, berrak görünümdedir. Ekstraksiyon işlemlerinde, boya, vernik, yapıştırcılar ve nitro selüloz için çözücü olarak kullanılır. Diğer isimleri: 4-metil 2-pentanon, izopropilasetondur [38]. Tablo 3-10'da MIBK'nın fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Tablo 3-10: Metilizobütilketonun fiziksel ve kimyasal özellikleri [38].

Kimyasal formülü	$C_6H_{12}O$
Molekül ağırlığı	100,16 g/mol
Yoğunluk (25 °C)	0,7965 g/cm^3
Kaynama noktası (760 mmHg)	116,5 °C
Erime noktası	-84,7 °C
Parlama noktası	14 °C
CAS numarası	108-10-1



Şekil 3-9: Metilizobütilketonun kimyasal yapısı [39].

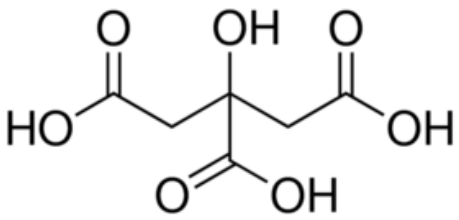
3.4 SİTRİK ASİT

Sitrik asit, $(HOOCCH_2)_2C(OH)COOH$ kimyasal formülü ile gösterilir. Sitrik asit, limon, portakal, mandalina, çilek, üzüm vs. tüm turunçgillerin yapısında bulunan trikarboksilik asittir. İsmi Latince narenciye anlamına gelen *citrus* kelimesinden türetilmiştir. Oda sıcaklığında katıdır. Suda iyi çözünür, renksizdir, toksik değildir. Ekşi ve hoş bir tada sahiptir. Sitrik asidin %70'i gıda, %12'si ilaç, %18'i ise diğer sektörlerde kullanılmaktadır [40].

Sitrik asit, geçmişte limon suyundan elde edilmiştir. Turunçgil suyu üzerine kireç (kalsiyum oksit) ilave edilerek, Kalsiyum sitrat çökeltisi oluşturulur. Çökelti üzerine sülfirik asit eklenerek sitrik asit elde edilir. Bu şekilde üretim yapıldığında, 100 kilo narenciye suyundan 2,5-3 kilo sitrik asit elde edilebiliyor. Bu dönemde narenciye tarımında verimli topraklara sahip olan İtalya tekel durumundaydı [1,41].

Günümüzde sitrik asidin tamamına yakını fermentasyonla üretilmektedir. Fermentasyon prosesinde nişasta veya sakkarozun yanında *Aspergillus Niger* adı verilen mikroorganizma kullanılır. Üretim sırasında çeşitli mikroorganizmalar, organik asitler ve yan ürünleri bulunduğundan dolayı sitrik asidin saflaştırılması önemli bir işlemdir. Çevreye zarar vermeden, düşük maliyetle ve yüksek verimle saf ürün elde etmek amaçlanır [4].

Büyük ölçekte sitrik asit üretim tesisi ilk olarak Belçika'da faaliyete geçmiştir. Societe des Produits Organiques de Tirlemont adlı tesis 1919 yılında kurulmuştur [41]. Türkiye'de Tezkim Kimya tarafından 2020 yılında Adana'da kurulan sitrik asit tesisi yıllık 55.000 ton üretim kapasitesine sahiptir. Tesis ihtiyaç halinde yıllık 110.000 ton kapasitesine çıkabilecek şekilde tasarlanmıştır. Üretimde Türkiye'de yetiştirilen mısır kullanılmaktadır. Tesis Türkiye'nin sitrik asit ihtiyacının tamamını karşılayabilmektedir [42].



Şekil 3-10: Sitrik asidin kimyasal yapısı.

Şekil 3-10'da sitrik asidin kimyasal yapısı, Tablo 3-11'de fiziksel ve kimyasal özellikleri görülmektedir.

Tablo 3-11: Sitrik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri [34].

Kimyasal formülü	$C_6H_8O_7$
IUPAC adı	2-hidroksipropan-1,2,3-trikarboksilik asit
Gıda katkı maddesi kodu	E330
Yoğunluk (kg/m^3) 20 °C	1,665
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	192,12
Erime noktası (°C)	153
Parçalanma sıcaklığı (°C)	175
Renk	Renksiz veya yarı saydam kristal
Tat	Ekşi lezzetli
Koku	Kokusuz
Suda çözüne bilirlik (w/w) 20°C	%59,2
CAS no	77-92-9

3.4.1 Kullanım Alanları

Gıda sektöründe içecek üretimi, aroma verici, pH tamponlayıcı ve koruyucu olarak kullanılır. Temizlik maddelerinde ve ilaçlarda pH düzenleme, metalleri şelatlama, sanayide çelikten pası sökme amacıyla kullanılır [1]. Yağ sanayinde koku giderici, oksidasyon önleyici, koruyucu ve düşük miktardaki metalleri şelatlayıcı olarak yararlanılır. Şekerleme üretiminde meyve aromasını artırır. Meyve ve sebze konserve üretiminde strerilasyon sıcaklığını düşürerek, meyve ve sebzenin tat, görünüm ve sertliğinin doğal halinde korunmasını sağlar. Turşu ve zeytin üretiminde lezzet artırır ve yumuşamayı engeller. Balıklar soğuk hava deposuna gönderilmeden önce temizlenip, %2'lik sitrik asit çözeltisine batırılarak kokusu, lezzeti ve canlılığı korunur. Kümes hayvanları kesiminde yapışkanlığı azaltarak, besin kaybının önlenmesinde faydalı olur. Beton harcına eklenerek sıcak havaların priz hızlandırma süresi uzatılarak, büyük hacimli ve uzun mesafeli işlerde zaman kazandırır. Bu durum beton yüzey

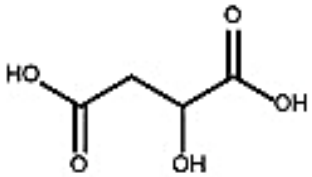
düzeltme işlemlerine imkân sağlar. Sıcak su kazanlarındaki kireç taşını ve pası sökmek, alüminyum, bakır ve diğer renkli metalleri parlatmak için kullanılır [41].

3.5 MALİK ASİT

Diğer isimleri: hidroksi süksinik asit, hidroksi bütandioik asit, 1-hidroksi-1,2-etandikarboksilik asit. Birçok bitkinin yapısında doğal olarak bulunur. Meyvelere ekşi tat verir. Meyveler olgunlaştıkça malik asit miktarı azalır. Özellikle elmada baskın asit olarak bulunur. Bu nedenle elma asidi de denir. Malik asidin adı Latince elma anlamına gelen *malum* kelimesinden türetilmiştir. 1785 yılına Sheele tarafından ham elmalardan elde edilmiştir. Yapısında iki karboksil grubu bulunmaktadır. Yüksek çözünürlüğe sahiptir [43]. Şekil 3-11'de malik asidin kimyasal yapısı görülmektedir.

Tablo 3-12: Malik asidin kimyasal ve fiziksel özellikleri [44].

Kimyasal formülü	$C_4H_6O_5$
IUPAC adı	2-hidroksibütandioik asit
Gıda katkı maddesi kodu	E296
Yoğunluk (20 °C)	1,609 g/cm^3
Molekül ağırlığı	134,09 g/mol
Kaynama aralığı	225 – 235 °C
Erime noktası	131 °C
Çözünürlük (25°C)	59,2 g / 100 g su
Renk	Renksiz kristal toz
Tat	Ekşi
Koku	Kokusuz
CAS numarası	6915-15-7



Şekil 3-11: Malik asidin kimyasal yapısı [43].

3.5.1 Kullanım Alanları

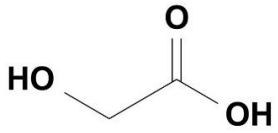
Gıda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Asitlik düzenleyici ve tatlandırıcı olarak kullanılır. İlaç sektöründe tatlandırıcı olarak yararlanılır. Özellikle şuruplara meyve tadı vermesi için eklenir. Yaşlanma karşıtı, cilt yenileyici, sıkılaştırıcı ve güneşin zararlı ışınlarına karşı koruyucu etkileri sebebiyle kozmetik sektöründe önemli bir yere sahiptir. Antiseptik özelliği sebebiyle diş bakım ürünlerinde de kullanılmaktadır [45].

3.6 GLİKOLİK ASİT

Diğer adı hidroksi asetik asittir. Monokarboksilik asit türüdür. Doğada şeker pancarı ve olgunlaşmamış üzüm içerisinde az miktarda bulunur [5].

Tablo 3-13: Glikolik asidin fiziksel ve kimyasal özellikleri [46].

Kimyasal Formülü	$C_2H_4O_3$
IUPAC adı	2-Hidroksi asetik asit
Yoğunluk (25 °C)	1,49 g/cm^3
Molekül ağırlığı	76,05 g/cm^3
Kaynama noktası	100 °C
Erime noktası	79,5 ºC
Renk	Renksiz, yarı saydam katı
Koku	Kokusuz
CAS numarası	79-14-1



Şekil 3-12: Glikolik asit kimyasal yapısı [47].

3.6.1 Kullanım Alanları

Tekstil boyama sektöründe yoğun olarak kullanılır. Metal parlatma, boyama işleminden önce yüzey hazırlama ve boya tutundurma görevi yapar. Makine eşanjörlerinin temizliğinde kullanılır [5].

3.7 DENEYSEL ÇALIŞMALAR

3.7.1 Çözeltinin Hazırlanması

Karboksilik asitler, fermantasyon süreciyle %10 ve altında konsantrasyonlarda elde edilmektedir. Üretim konsantrasyonuna yakın değerde olması için ağırlıkça %10'luk sitrik asit, malik asit ve glikolik asit çözeltileri hazırlanmıştır. Sırasıyla 3, 2 ve 1 karboksil grubuna sahip organik asitler seçilmiştir. Sulu fazı oluşturan asit çözeltileri, çeşitli oranlarda bitkisel yağ, TOA ve MIBK ile karıştırılarak reaktif ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Sulu faz ile eşit hacimde organik faz karışımı hazırlanmıştır. Fiziksel ekstraksiyon işleminde organik faz için sadece bitkisel yağ kullanılmıştır.

3.7.2 Sulu Faz ile Organik Fazın Karıştırılması

Ayçiçek yağı, mısır yağı, tatlı badem yağı, keten tohumu yağı, susam yağı ve hint yağından oluşan 6 farklı bitkisel yağ ile çalışma yapılmıştır. Her çalışma seti 50 mL'lik 6 adet erlenden oluşmaktadır. Her bir erlen çeşitli oranlarda 3 mL hacimde bitkisel yağ + TOA karışımı (bazı çalışmalarda MIBK da ilave edildi) ile 3 mL asit çözeltisi içermektedir. 3 mL'lik organik fazı oluşturan karışımlar 1,25 mL, 1,50 mL, 1,75 mL, 2,00 mL, 2,25 mL, 2,50 mL ve 2,75 mL hacimlerde bitkisel yağ içermektedir. Kullanılan bitkisel yağ üzerine 3 mL hacme ulaşana kadar TOA ya da TOA + MIBK ilave edilmiştir. Daha sonra 3 mL asit çözeltisi eklenmiştir. Erlenlerin her birinde 6 mL hacimde karışımlar elde edilmiştir. Erlenlerin kapakları kapatılarak çalkalama

işlemi için Nüve marka ST30 model sıcaklık kontrollü, su banyolu çalkalayıcı cihaza yerleştirilmiştir. 298,15 K sıcaklıkta, 120 devir/dk hızda, 2 saat çalkalanmıştır.

3.7.3 Analiz

Çalkalama işleminden sonra erlenlerin içerisindeki karışımlar santrifüj tüplerine aktarılmıştır. Faz ayrımını netleştirmek için tüpler Nüve marka NF200 model masa üstü santrifüj cihazına yerleştirilmiştir. Cihaz 4000 devir/dk hızda 10 dakika çalıştırılmıştır. Santrifüj sonrası tüplerdeki su fazlarından enjektör kullanılarak numuneler alınmıştır. Numunelerden bir miktar alınarak hassas terazide tartıldıktan sonra 0,1 N NaOH ile fenolftalein indikatörlüğünde pembe renk oluşana kadar titrastasyon yapılmıştır. Renk değişimi sonrası titratörün ekranından mL cinsinden NaOH sarfiyatı kaydedilmiştir. Her numune için 2 analiz yapılmıştır. Su fazındaki asit miktarı hesaplanmıştır. Böylelikle organik faza geçen asit miktarı tespit edilmiştir. Yükleme faktörü, ektraksiyon verimi ve dağılma katsayısı verileri hesaplanmıştır.

4. BULGULAR

Sitrik asit, malik asit ve glikolik asidin sulu çözeltilerinden ayırmak için ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda organik faz ayçiçek yağı, mısır yağı, susam yağı, tatlı badem yağı, keten tohumu yağı ve hint yağı olmak üzere 6 farklı bitkisel yağ ve reaktan olarak trioktilaminden (TOA) oluşturulmuştur. Çalışmaların bazılarında metilizobütilketon da (MIBK) kullanılarak ekstraksiyona etkisi incelenmiştir.

4.1 SİTRİK ASİT

4.1.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Sitrik asidin sulu çözeltisinden ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Sulu ve organik faz asit konsantrasyonları tespit edilmiştir. Dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen veriler tablo halinde listelenmiştir (Tablo 4-1).

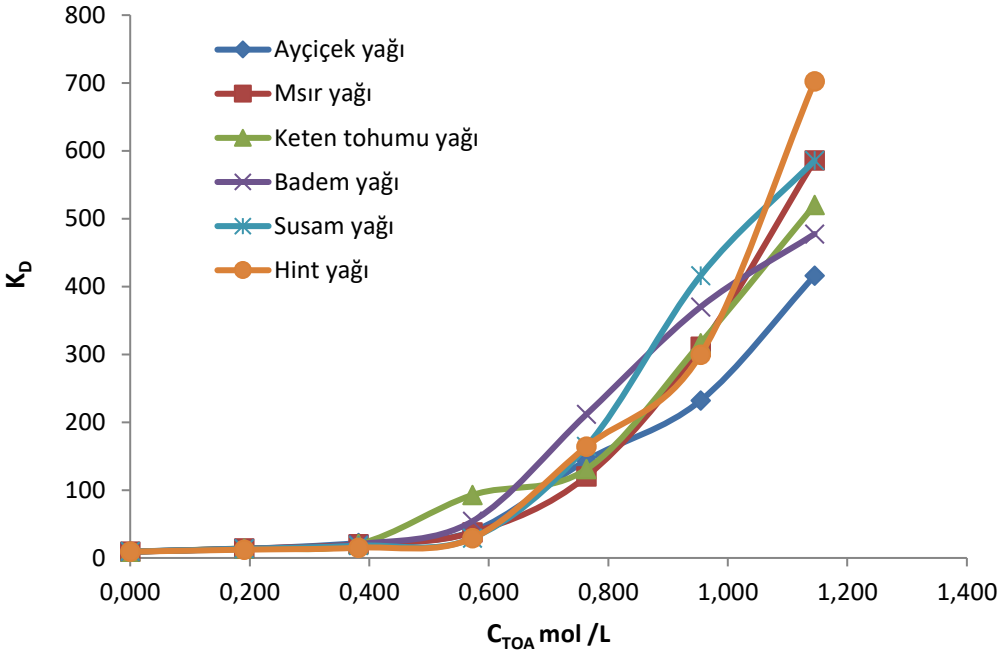
Tablo 4-1: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları

Çözücü	C_B,org (mol/L)	C_A,aq (mol/L)	C_A,org (mol/L)	**K_D**	**Z**	**%E**
Ayçiçek yağı	1,145	0,001	0,519	416	0,453	97,60
	0,954	0,002	0,518	232	0,543	95,71
	0,763	0,004	0,517	144	0,677	93,10
	0,573	0,013	0,508	39	0,886	75,10
	0,382	0,023	0,498	22	1,304	56,33
	0,191	0,036	0,484	13	2,536	29,88
	0,000	0,050	0,470	9		4,23
Mısır yağı	1,145	0,001	0,520	586	0,454	98,30
	0,954	0,002	0,519	311	0,544	96,80
	0,763	0,004	0,516	120	0,676	91,74
	0,573	0,014	0,507	37	0,885	73,93
	0,382	0,025	0,496	20	1,298	52,14
	0,191	0,035	0,485	14	2,542	32,16
	0,000	0,051	0,469	9		2,18

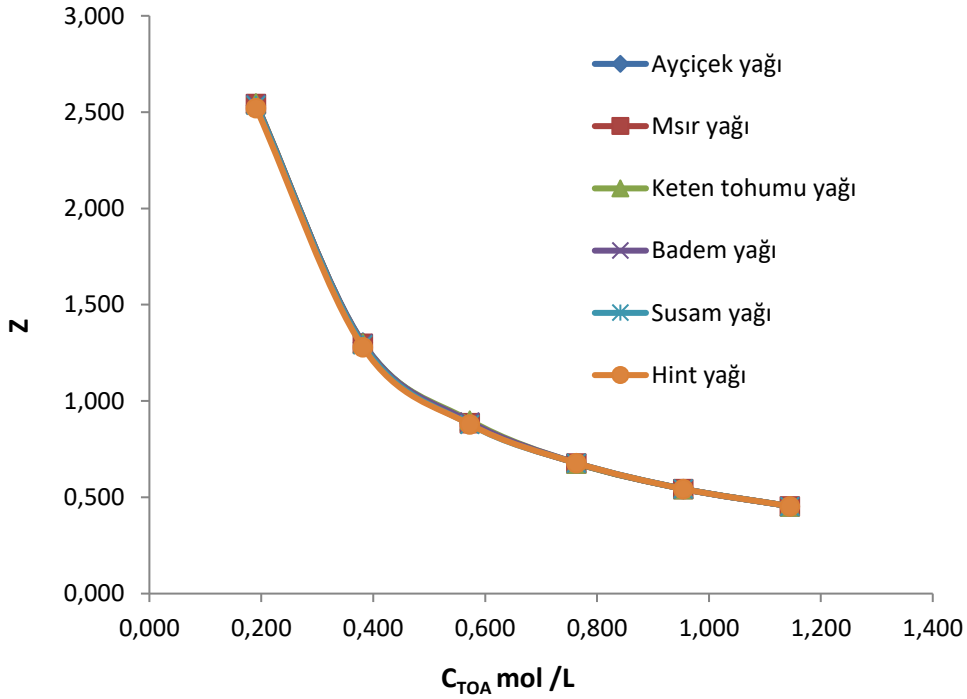
Tablo 4-1 (devam)

Keten tohumu yağı	1,145	0,001	0,519	520	0,454	98,08
	0,954	0,002	0,519	317	0,544	96,85
	0,763	0,004	0,517	131	0,677	92,41
	0,573	0,006	0,515	93	0,899	89,33
	0,382	0,024	0,496	20	1,300	53,32
	0,191	0,035	0,486	14	2,545	33,38
	0,000	0,051	0,470	9		3,40
Badem yağı	1,145	0,001	0,519	477	0,454	97,91
	0,954	0,001	0,519	370	0,544	97,30
	0,763	0,002	0,518	212	0,679	95,30
	0,573	0,009	0,511	54	0,893	81,83
	0,382	0,025	0,496	20	1,299	52,88
	0,191	0,035	0,485	14	2,542	32,27
	0,000	0,050	0,470	9		4,92
Susam yağı	1,145	0,001	0,520	586	0,454	98,30
	0,954	0,001	0,519	416	0,544	97,60
	0,763	0,003	0,517	164	0,678	93,95
	0,573	0,017	0,503	29	0,879	66,83
	0,382	0,027	0,493	18	1,292	47,71
	0,191	0,036	0,484	13	2,537	30,16
	0,000	0,049	0,471	10		5,13
Hint yağı	1,145	0,001	0,520	702	0,454	98,58
	0,954	0,004	0,516	299	0,544	96,67
	0,763	0,003	0,517	164	0,678	93,94
	0,573	0,017	0,503	29	0,879	66,77
	0,382	0,032	0,488	15	1,279	37,99
	0,191	0,039	0,481	12	2,521	24,29
	0,000	0,051	0,470	9		2,83

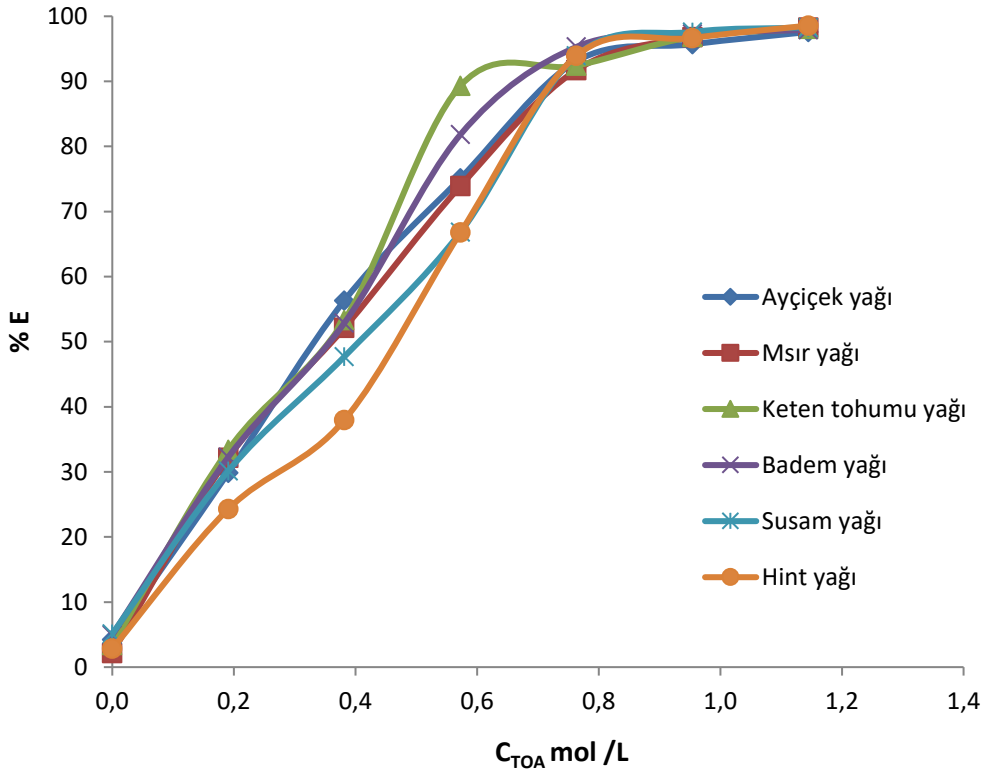
Elde edilen veriler kullanılarak TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-1, Şekil 4-2 ve Şekil 4-3'te görülmektedir.



Şekil 4-1: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim.



Şekil 4-2: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim.



Şekil 4-3: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim.

4.1.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda bazı denemelerde TOA reaktanı ile beraber MIBK da kullanıldı. MIBK konsantrasyonu 1,33 mol/L konsantrasyonda sabit tutularak TOA konsantrasyonları 0 ila 0,573 mol/L arasında değiştirilmiştir. Sadece TOA ile yapılan ekstraksiyonların, TOA + MIBK ile yapılan ektraksiyonlar ile kıyaslamak için sonuçlar hesaplanarak tablo halinde listelenmiştir (Tablo 4-2). Ayrıca grafikler ile gösterilmiştir (Şekil 4-4, Şekil 4-5, Şekil 4-6).

Tablo 4-2: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları.

Çözücü	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	0,573	0,013	0,508	39	0,886	75,10
	0,382	0,023	0,498	22	1,304	56,33
	0,191	0,036	0,484	13	2,536	29,88
	0,000	0,050	0,470	9	-	4,23

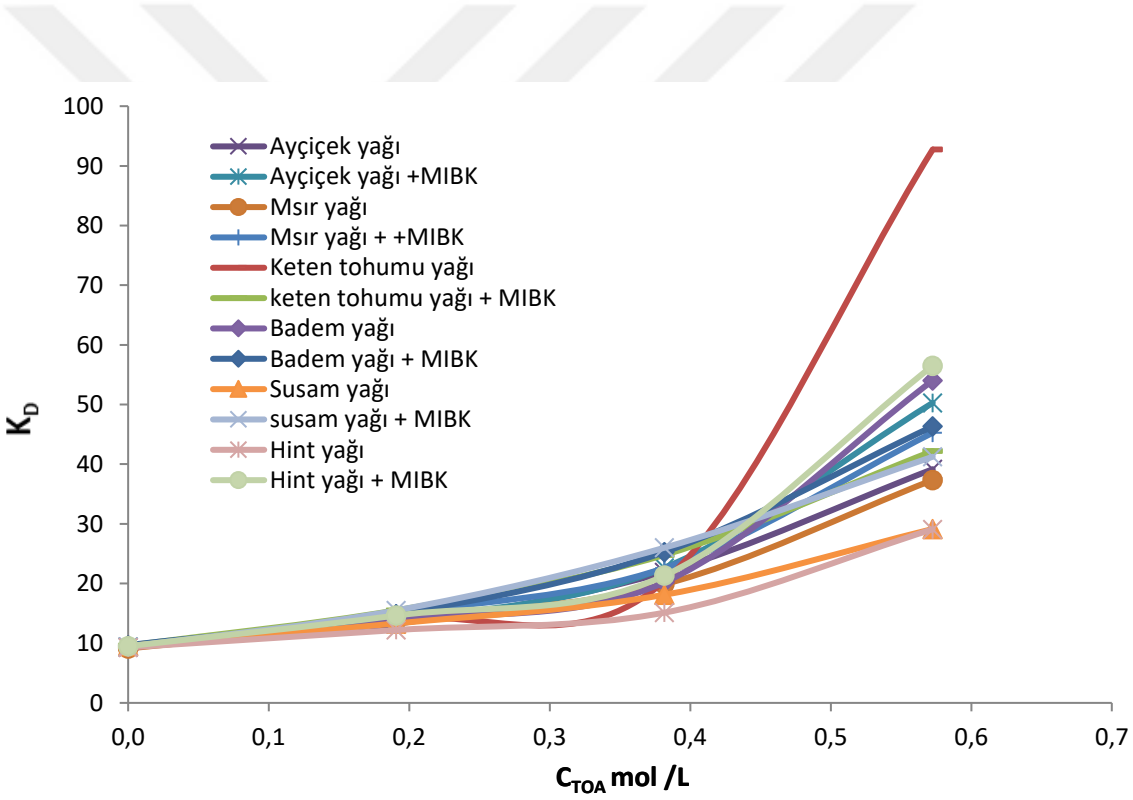
Tablo 4-2 (devam):

Ayçiçek yağı + MIBK	0,573	0,010	0,510	50	0,891	80,50
	0,382	0,022	0,498	23	1,306	57,74
	0,191	0,035	0,485	14	2,542	32,07
	0,000	0,050	0,470	9	-	3,85
Mısır yağı	0,573	0,014	0,507	37	0,885	73,93
	0,382	0,025	0,496	20	1,298	52,14
	0,191	0,035	0,485	14	2,542	32,16
	0,000	0,051	0,469	9	-	2,18
Mısır yağı + MIBK	0,573	0,011	0,509	45	0,889	78,39
	0,382	0,022	0,498	23	1,306	57,63
	0,191	0,033	0,488	15	2,556	37,41
	0,000	0,050	0,470	9	-	3,87
Keten tohumu yağı	0,573	0,006	0,515	93	0,899	89,33
	0,382	0,024	0,496	20	1,300	53,32
	0,191	0,035	0,486	14	2,545	33,38
	0,000	0,051	0,470	9	-	3,40
Keten tohumu yağı + MIBK	0,573	0,012	0,508	42	0,888	76,85
	0,382	0,020	0,500	25	1,311	61,25
	0,191	0,032	0,489	16	2,562	39,46
	0,000	0,049	0,471	10	-	5,64
Badem yağı	0,573	0,009	0,511	54	0,893	81,83
	0,382	0,025	0,496	20	1,299	52,88
	0,191	0,035	0,485	14	2,542	32,27
	0,000	0,050	0,470	9	-	4,92
Badem yağı + MIBK	0,573	0,011	0,509	46	0,890	78,87
	0,382	0,020	0,501	25	1,312	61,95
	0,191	0,033	0,488	15	2,555	37,03
	0,000	0,049	0,472	10	-	6,40
Susam yağı	0,573	0,017	0,503	29	0,879	66,83
	0,382	0,027	0,493	18	1,292	47,71
	0,191	0,036	0,484	13	2,537	30,16
	0,000	0,049	0,471	10	-	5,13
Susam yağı + MIBK	0,573	0,012	0,508	41	0,888	76,33
	0,382	0,019	0,501	26	1,313	62,97
	0,191	0,032	0,489	16	2,562	39,42
	0,000	0,050	0,470	9	-	3,74
Hint yağı	0,573	0,017	0,503	29	0,879	66,77
	0,382	0,032	0,488	15	1,279	37,99
	0,191	0,039	0,481	12	2,521	24,29
	0,000	0,051	0,470	9	-	2,83

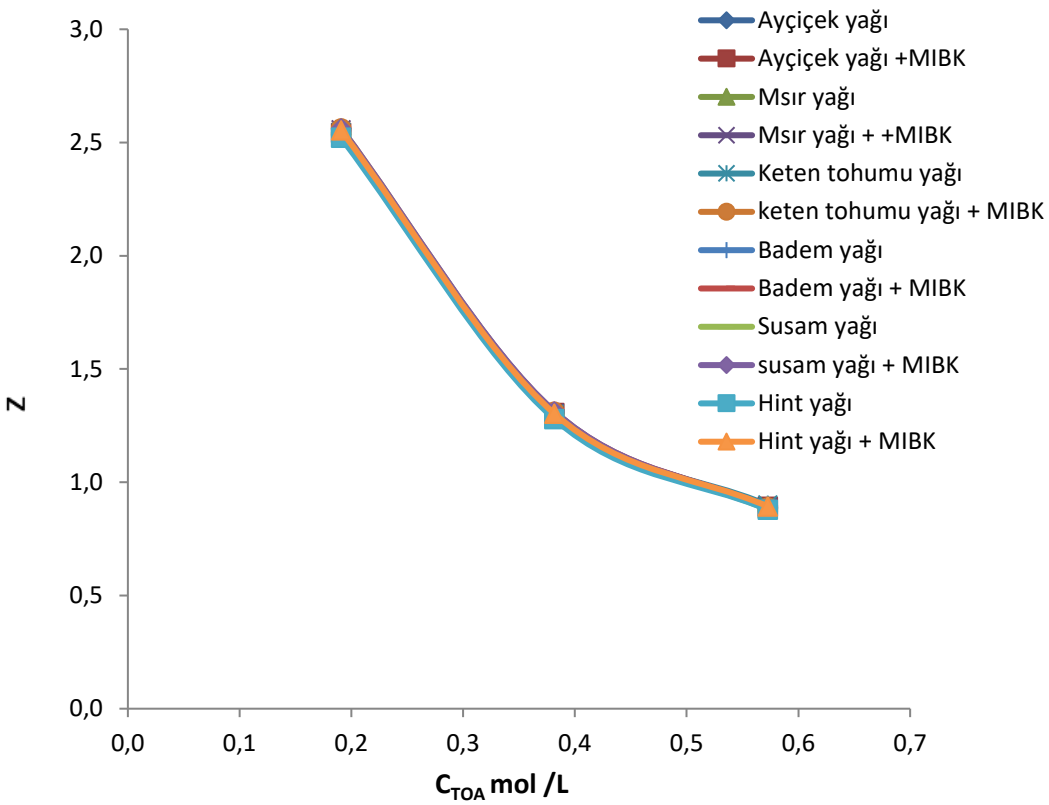
Tablo 4-2 (devam):

Hint yağı + MIBK	0,573	0,009	0,511	57	0,893	82,61
	0,382	0,023	0,497	21	1,303	55,21
	0,191	0,033	0,487	15	2,553	36,09
	0,000	0,050	0,471	10	-	4,85

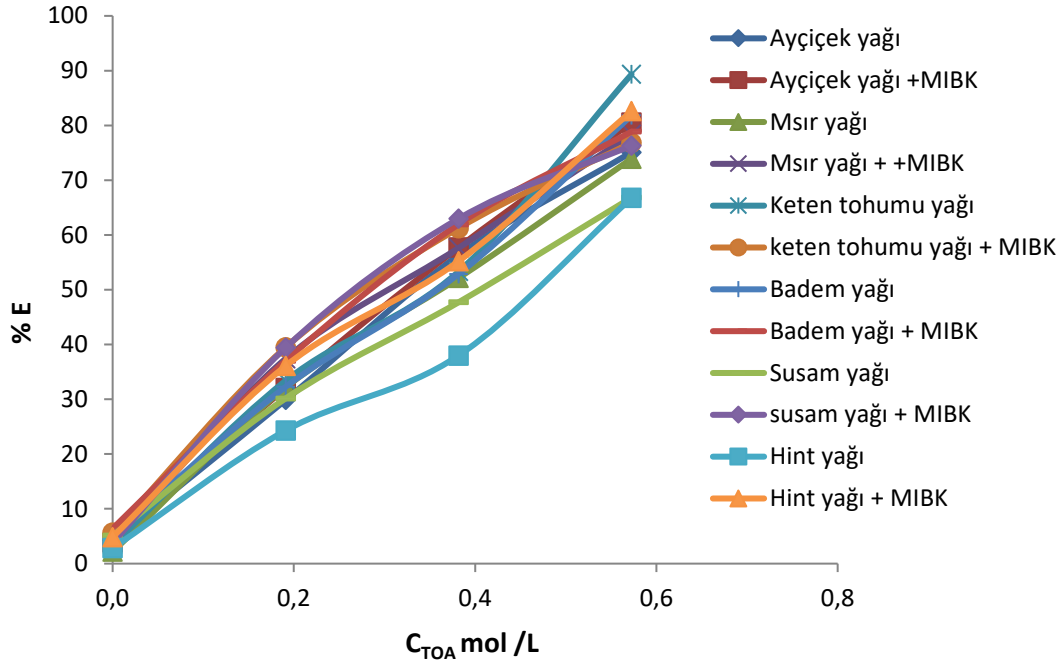
Elde edilen veriler kullanılarak TOA konsantrasyonuna ve TOA+MIBK bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-4, Şekil 4-5 ve Şekil 4-6'da görülmektedir.



Şekil 4-4: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim.



Şekil 4-5: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim.



Şekil 4-6: Sitrik asidin TOA konsantrasyonuna ve MIBK ilavesine bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim.

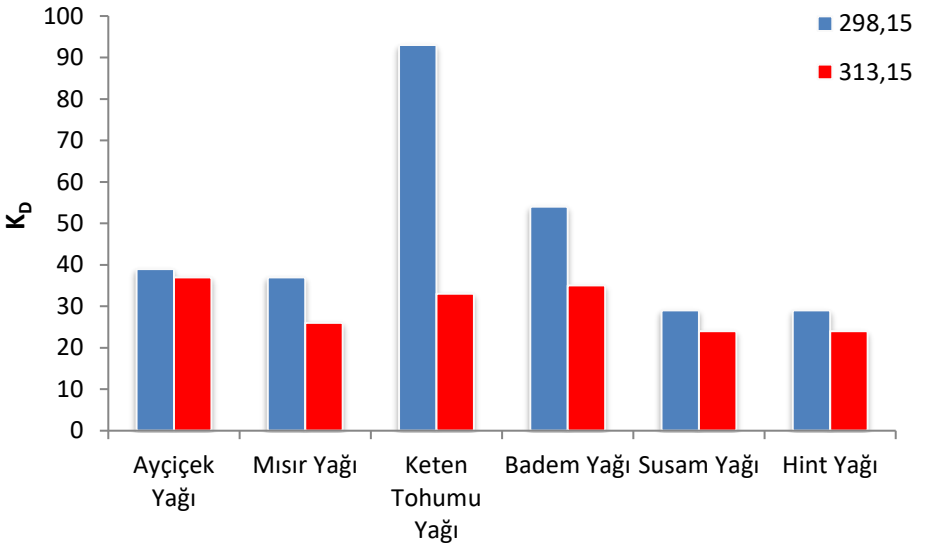
4.1.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi

Sitrik asit reaktif ekstraksiyon çalışmaları 298,15 K sıcaklıkta yapılmıştır. Sıcaklığın ekstraksiyona etkisini görmek amacıyla 313,15 K'de bir deneme yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4-3'te görülmektedir.

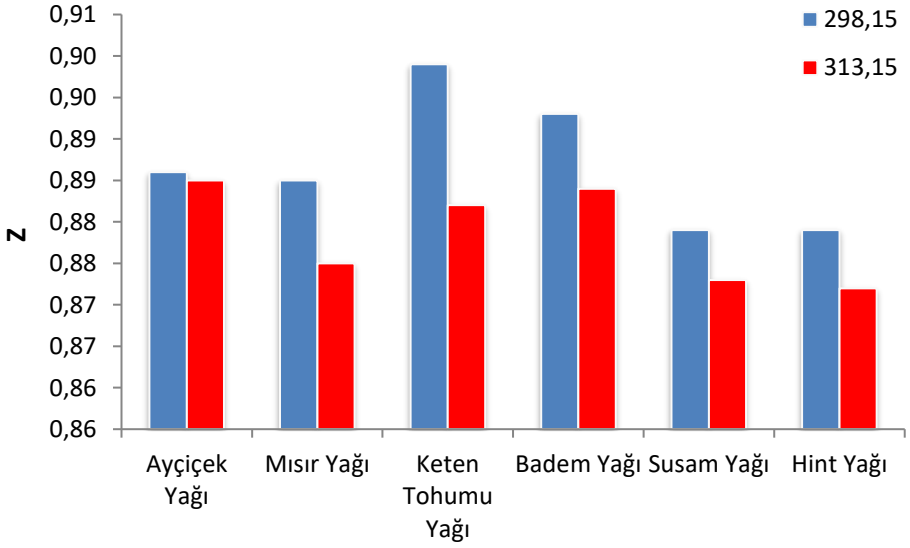
Tablo 4-3: Sitrik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine sıcaklık etkisi.

Çözücü	Sıcaklık (K)	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	298,15	0,573	0,013	0,508	39	0,886	75,10
	313,15		0,014	0,507	37	0,885	73,85
Mısır yağı	298,15		0,014	0,507	37	0,885	73,93
	313,15		0,019	0,501	26	0,875	63,00
Keten tohumu yağı	298,15		0,006	0,515	93	0,899	89,33
	313,15		0,015	0,505	33	0,882	70,32
Badem yağı	298,15		0,009	0,511	54	0,893	81,83
	313,15		0,014	0,506	35	0,884	72,50
Susam yağı	298,15		0,017	0,503	29	0,879	66,83
	313,15		0,020	0,500	24	0,873	60,71
Hint yağı	298,15		0,017	0,503	29	0,879	66,77
	313,15		0,021	0,500	24	0,872	59,67

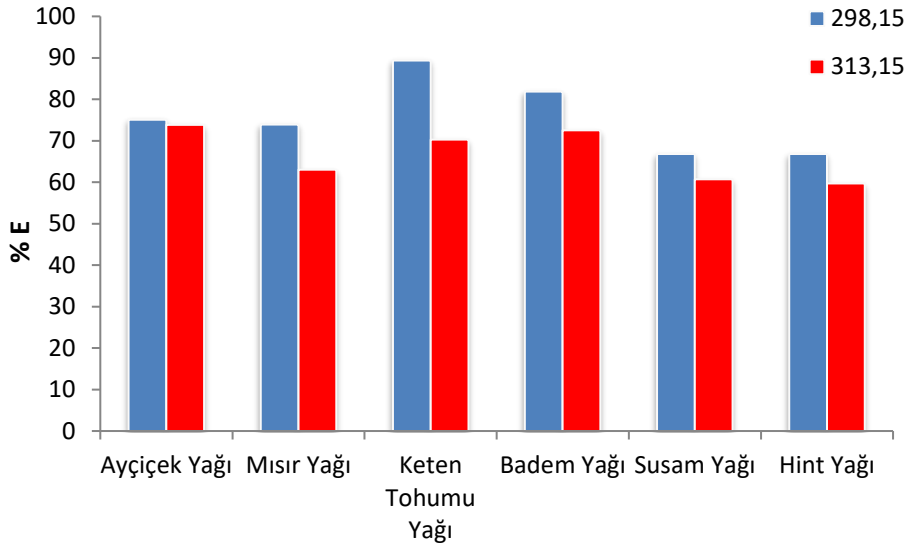
Elde edilen veriler kullanılarak sıcaklığa bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-7, Şekil 4-8 ve Şekil 4-9'da görülmektedir.



Şekil 4-7: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın dağılma katsayısına etkisi.



Şekil 4-8: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın yükleme faktörüne etkisi.



Şekil 4-9: Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın ekstraksiyon verimine etkisi.

4.2 MALİK ASİT

4.2.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Malik asidin sulu çözeltisinden ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Sulu ve organik faz asit konsantrasyonları tespit edilmiştir. Dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen veriler tablo halinde listelenmiştir (Tablo 4-4).

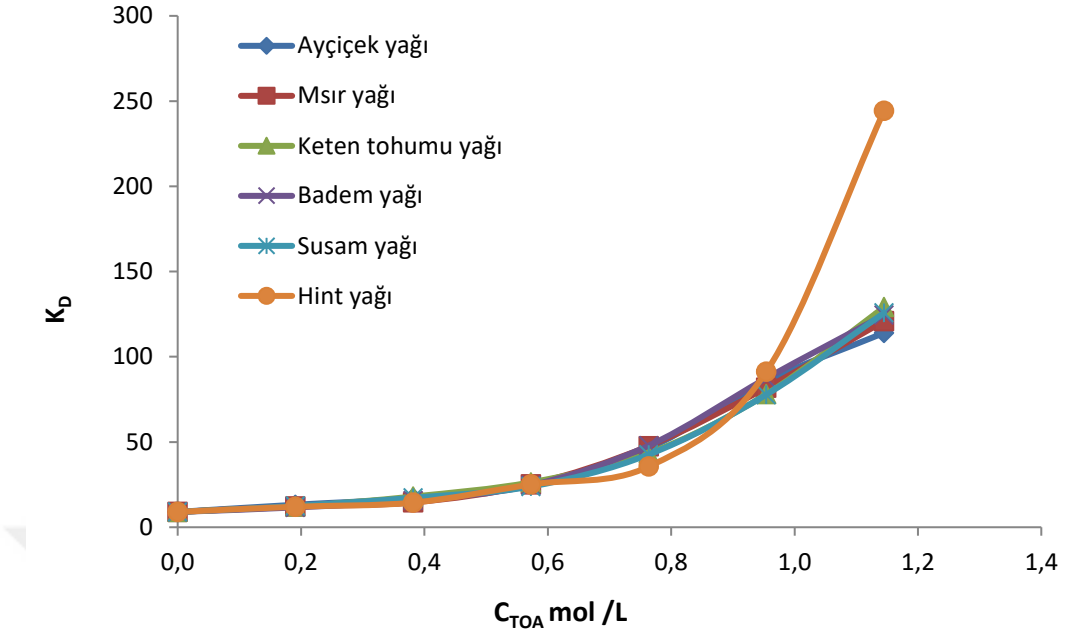
Tablo 4-4: Malik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları

Çözücü	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	0,000	0,073	0,673	9	-	3,40
	0,191	0,052	0,693	13	3,632	29,62
	0,382	0,041	0,705	17	1,846	44,79
	0,573	0,028	0,717	25	1,253	62,02
	0,763	0,016	0,730	46	0,956	78,86
	0,954	0,009	0,737	86	0,772	88,45
	1,145	0,006	0,739	114	0,646	91,31
Mısır yağı	0,000	0,075	0,671	9	-	1,87
	0,191	0,056	0,689	12	3,611	24,25
	0,382	0,048	0,698	15	1,828	35,74
	0,573	0,029	0,717	25	1,253	61,67
	0,763	0,015	0,730	48	0,957	79,42
	0,954	0,009	0,737	82	0,772	87,93
	1,145	0,006	0,740	121	0,646	91,80

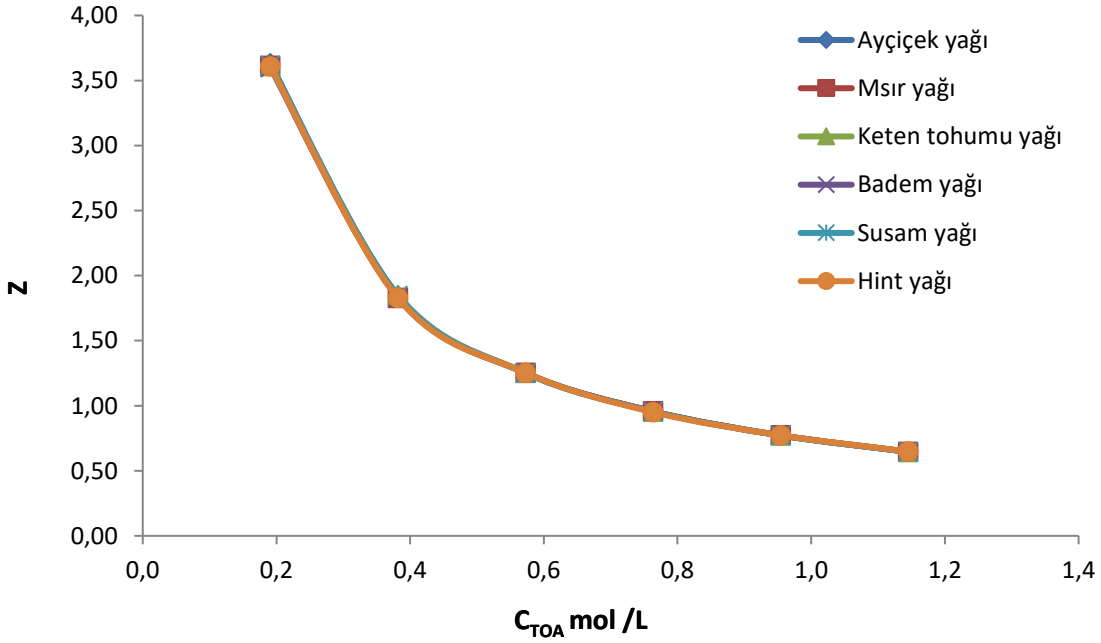
Tablo 4-4 (devam)

Keten tohumu yağı	0,000	0,074	0,671	9	-	1,53
	0,191	0,056	0,689	12	3,612	24,29
	0,382	0,039	0,707	18	1,851	47,37
	0,573	0,027	0,719	26	1,255	63,44
	0,763	0,017	0,729	43	0,955	77,45
	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,35
	1,145	0,006	0,740	129	0,646	92,31
Badem yağı	0,000	0,073	0,673	9	-	3,47
	0,191	0,059	0,687	12	3,598	20,79
	0,382	0,044	0,701	16	1,837	40,38
	0,573	0,029	0,717	25	1,252	60,88
	0,763	0,015	0,730	48	0,957	79,52
	0,954	0,008	0,737	87	0,773	88,68
	1,145	0,006	0,740	124	0,646	92,03
Susam yağı	0,000	0,074	0,671	9	-	3,92
	0,191	0,055	0,690	12	3,617	25,78
	0,382	0,041	0,705	17	1,847	45,42
	0,573	0,030	0,716	24	1,250	59,80
	0,763	0,017	0,729	43	0,954	77,08
	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,31
	1,145	0,006	0,740	126	0,646	92,11
Hint yağı	0,000	0,074	0,672	9	-	1,85
	0,191	0,057	0,689	12	3,608	23,26
	0,382	0,048	0,698	14	1,827	35,36
	0,573	0,029	0,717	25	1,253	61,68
	0,763	0,020	0,725	36	0,950	72,67
	0,954	0,008	0,738	91	0,773	89,17
	1,145	0,003	0,743	244	0,649	95,92

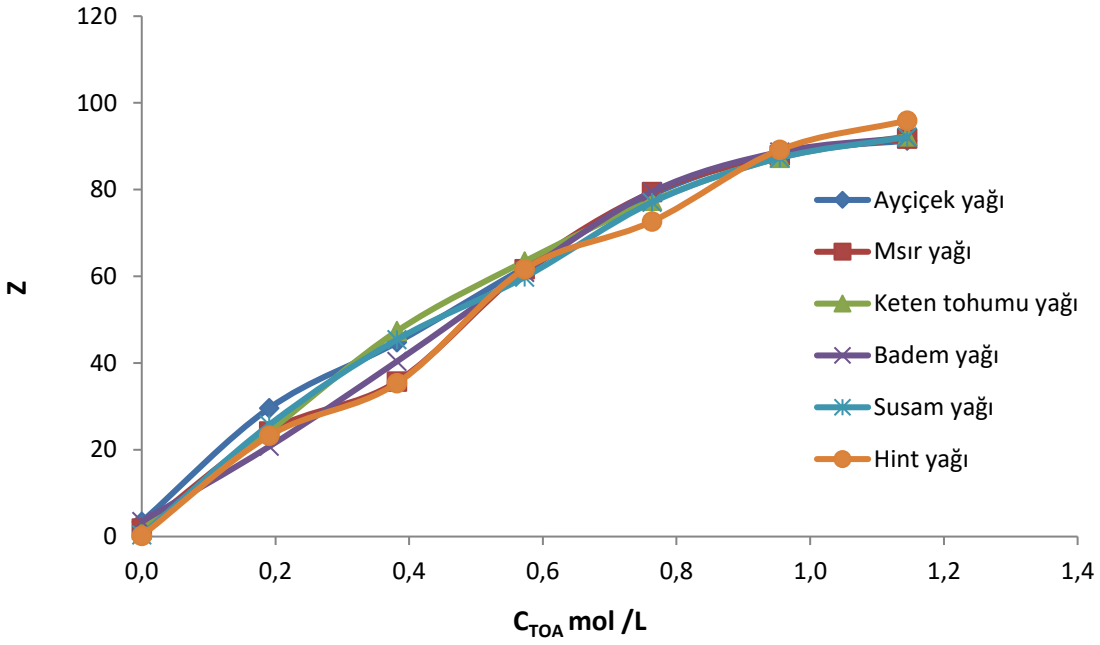
Elde edilen veriler kullanılarak TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-10, Şekil 4-11 ve Şekil 4-12'de görülmektedir.



Şekil 4-10: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim.



Şekil 4-11: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim.



Şekil 4-12: Malik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim.

4.2.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Malik asidin bazı reaktif ekstraksiyon denemelerinde TOA + bitkisel yağ sistemine çeşitli oranlarda MIBK ilave edilerek, dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplanmıştır. TOA konsantrasyonu sabit tutulup, 3 denemede sırasıyla 0,3 mL, 0,5 mL, 0,7 mL MIBK ilave edilerek çalışma yapılmıştır. Elde edilen veriler tablo halinde listelenmiştir (Tablo 4-4). Tablo ve grafiklerde aynı konsantrasyondaki saf TOA verisi de eklenerek MIBK ilavesinin etkisi incelenmiştir (Şekil 4-10, Şekil4-11, Şekil 4-12).

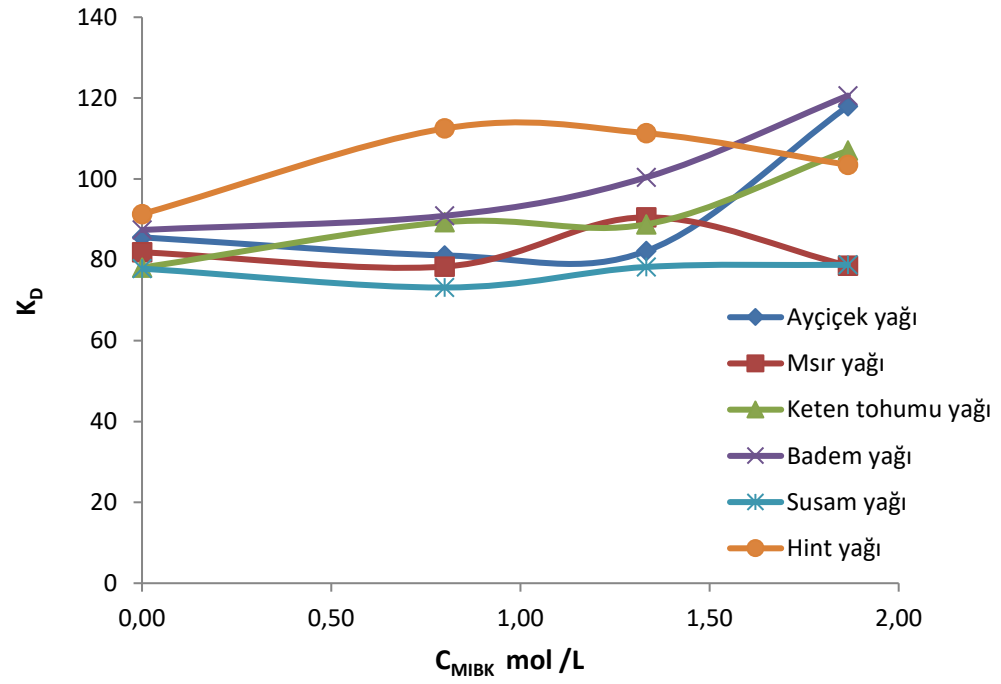
Tablo 4-5: Malik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları.

Çözücü	C_{MIBK} (mol/L)	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	0,000	0,954	0,009	0,737	86	0,772	88,45
	0,800	0,954	0,009	0,737	81	0,772	87,82
	1,333	0,954	0,009	0,737	82	0,772	87,98
	1,866	0,954	0,006	0,740	118	0,775	91,60
Mısır yağı	0,000	0,954	0,009	0,737	82	0,772	87,93
	0,800	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,39
	1,333	0,954	0,008	0,738	91	0,773	89,07
	1,866	0,954	0,009	0,736	79	0,772	87,43

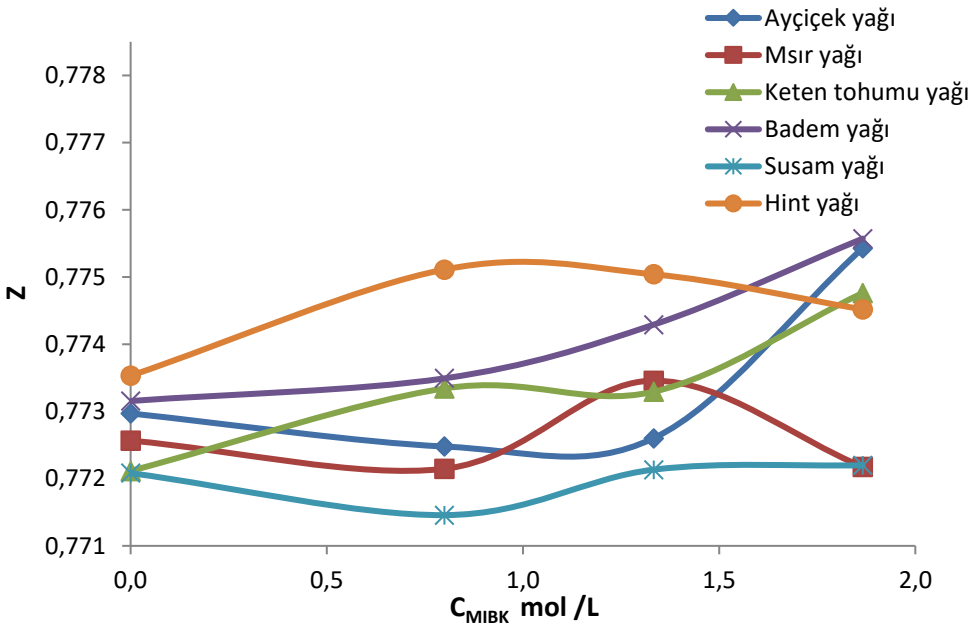
Tablo 4-5 (devam):

Keten tohumu yağı	0,000	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,35
	0,800	0,954	0,008	0,738	89	0,773	88,92
	1,333	0,954	0,008	0,737	89	0,773	88,86
	1,866	0,954	0,007	0,739	107	0,774	90,74
Badem yağı	0,000	0,954	0,008	0,737	87	0,773	88,68
	0,800	0,954	0,008	0,738	91	0,773	89,12
	1,333	0,954	0,007	0,738	100	0,774	90,14
	1,866	0,954	0,006	0,740	121	0,775	91,78
Susam yağı	0,000	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,31
	0,800	0,954	0,010	0,736	73	0,771	86,51
	1,333	0,954	0,009	0,736	78	0,772	87,38
	1,866	0,954	0,009	0,736	79	0,772	87,46
Hint yağı	0,000	0,954	0,008	0,738	91	0,773	89,17
	0,800	0,954	0,007	0,739	112	0,775	91,19
	1,333	0,954	0,007	0,739	111	0,775	91,10
	1,866	0,954	0,007	0,739	103	0,774	90,43

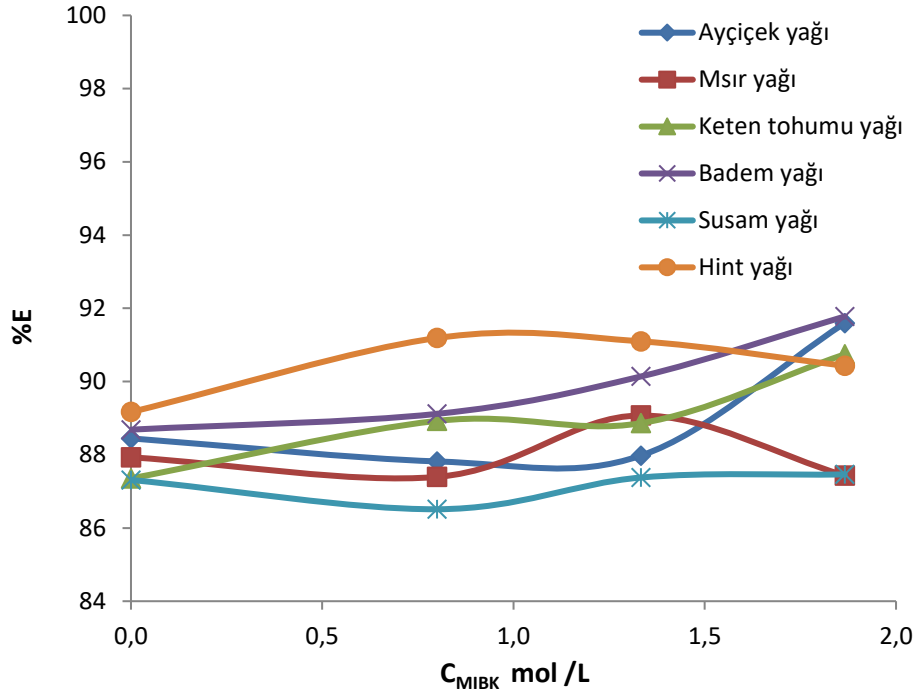
Elde edilen veriler kullanılarak TOA ve MIBK konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-13, Şekil 4-14 ve Şekil 4-15'te görülmektedir.



Şekil 4-13: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine dağılma katsayısındaki değişim



Şekil 4-14: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine yükleme faktöründeki değişim



Şekil 4-15: Malik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine ekstraksiyon verimindeki değişim.

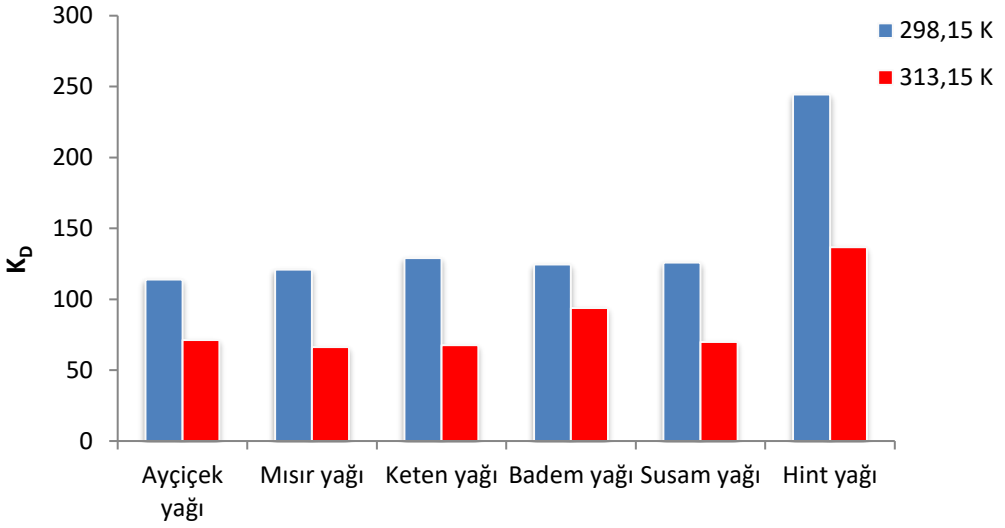
4.2.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi

Malik asit reaktif ekstraksiyon çalışmaları 298,15 K sıcaklıkta yapılmıştır. Sıcaklığın ekstraksiyona etkisini görmek amacıyla 313,15 K'de bir deneme yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4-6'da görülmektedir.

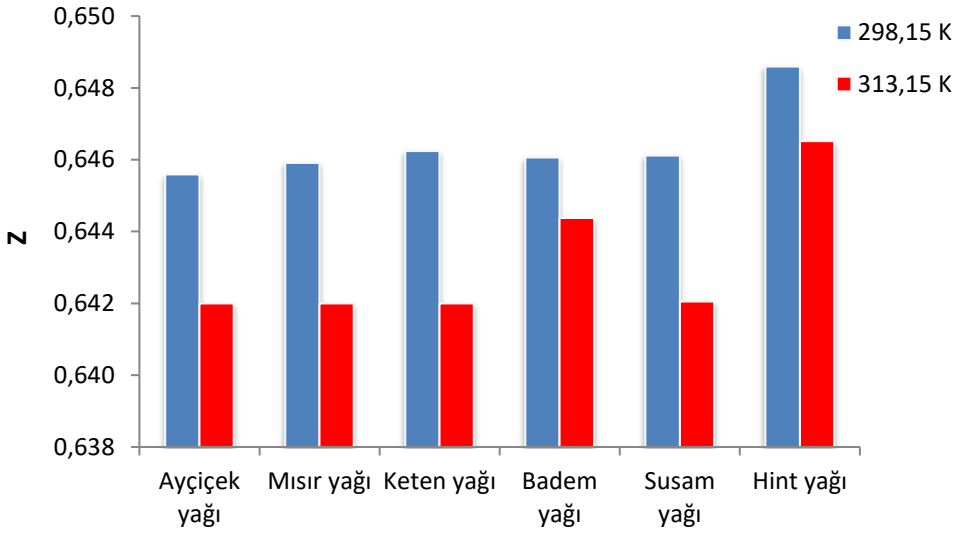
Tablo 4-6: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi.

Çözücü	Sıcaklık (K)	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	298,15 K	1,145	0,006	0,739	114	0,646	91,31
	313,15 K		0,01	0,735	71	0,642	86,14
Mısır yağı	298,15 K		0,006	0,740	121	0,646	91,80
	313,15 K		0,011	0,735	66	0,642	85,12
Keten tohumu yağı	298,15 K		0,006	0,740	129	0,646	92,31
	313,15 K		0,011	0,735	68	0,642	85,42
Badem yağı	298,15 K		0,006	0,740	124	0,646	92,03
	313,15 K		0,008	0,738	94	0,644	89,45
Susam yağı	298,15 K		0,006	0,740	126	0,646	92,11
	313,15 K		0,011	0,735	70	0,642	85,87
Hint yağı	298,15 K		0,003	0,743	244	0,649	95,92
	313,15 K		0,005	0,740	137	0,647	92,74

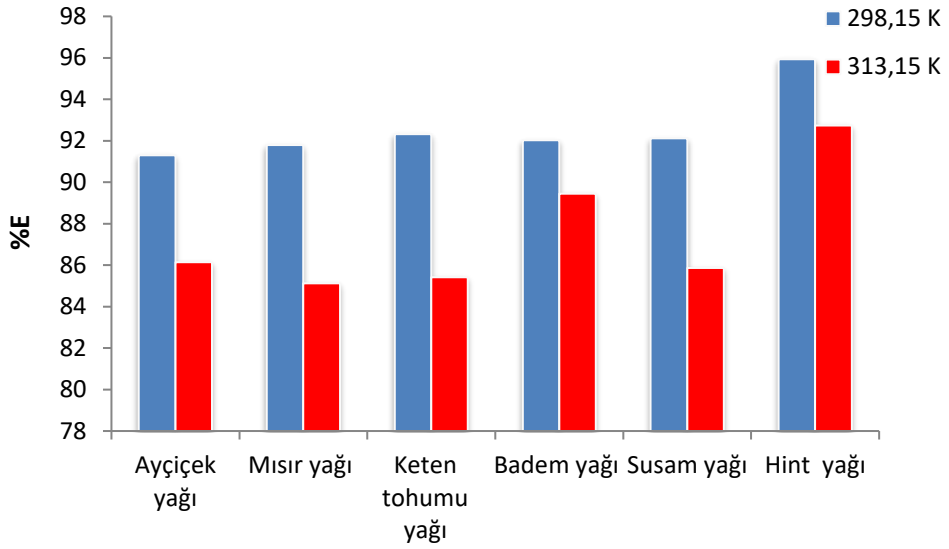
Elde edilen veriler kullanılarak sıcaklığa bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-16, Şekil 4-17 ve Şekil 4-18'de görülmektedir.



Şekil 4-16: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın dağılma katsayısına etkisi.



Şekil 4-17: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın yükleme faktörüne etkisi.



Şekil 4-18: Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın ektraksiyon verimine etkisi.

4.3 GLİKOLİK ASİT

4.3.1 Bitkisel Yağ + TOA Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Glikolik asidin sulu çözeltisinden ekstraksiyon çalışmaları yapılmıştır. Sulu ve organik faz asit konsantrasyonları tespit edilmiştir. Dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen veriler tablo halinde listelenmiştir (Tablo 4-7).

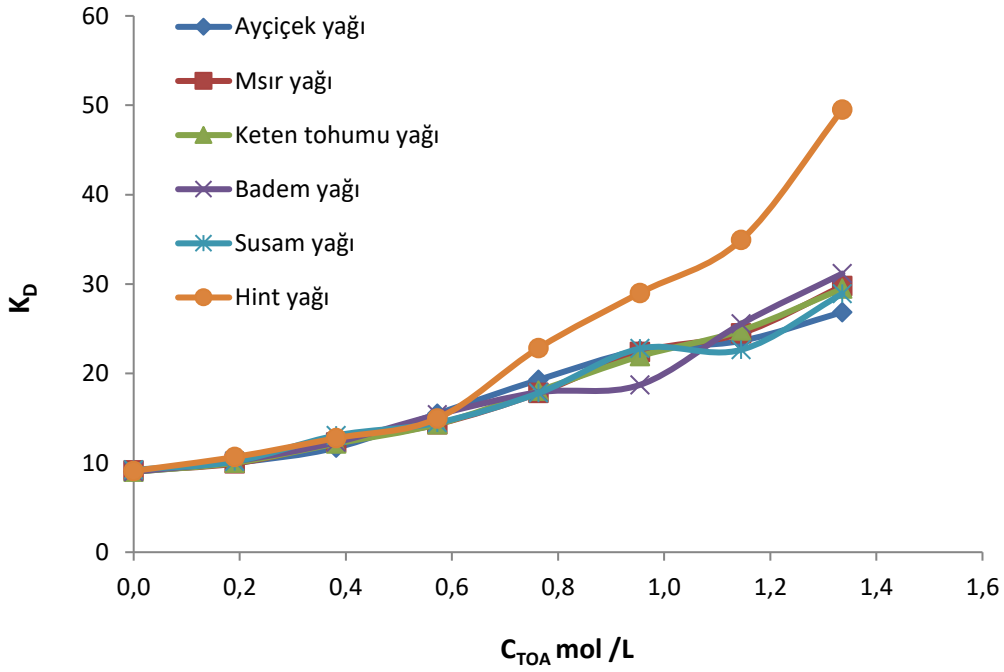
Tablo 4-7: Glikolik asidin TOA + bitkisel yağ sistemi ile ekstraksiyon sonuçları.

Çözücü	$C_{B,org}$ (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	0,000	0,132	1,183	9	-	1,56
	0,191	0,119	1,195	10	6,264	9,12
	0,382	0,104	1,211	12	3,174	21,27
	0,573	0,080	1,235	15	2,157	39,38
	0,763	0,065	1,250	19	1,637	50,69
	0,954	0,056	1,259	23	1,320	57,60
	1,145	0,053	1,262	24	1,102	59,43
	1,336	0,047	1,268	27	0,949	64,11

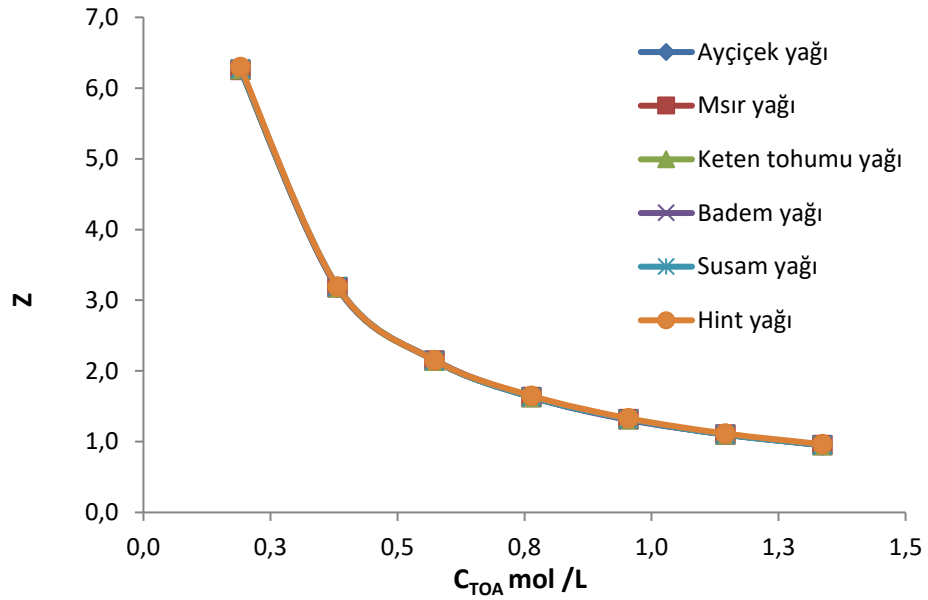
Tablo 4-7 (devam):

Mısır yağı	0,000	0,130	1,185	9	-	1,49
	0,191	0,120	1,195	10	6,259	8,45
	0,382	0,099	1,216	12	3,185	24,70
	0,573	0,086	1,229	14	2,147	34,74
	0,763	0,070	1,245	18	1,631	46,83
	0,954	0,056	1,259	22	1,319	57,25
	1,145	0,052	1,263	24	1,103	60,75
	1,336	0,043	1,272	30	0,952	67,52
Keten tohumu yağı	0,000	0,132	1,183	9	-	0,60
	0,191	0,119	1,195	10	6,264	9,17
	0,382	0,100	1,215	12	3,183	23,96
	0,573	0,086	1,229	14	2,147	34,72
	0,763	0,069	1,246	18	1,632	47,55
	0,954	0,057	1,258	22	1,318	56,38
	1,145	0,051	1,264	25	1,104	61,25
	1,336	0,043	1,272	29	0,952	67,21
Badem yağı	0,000	0,133	1,182	9	-	1,14
	0,191	0,118	1,197	10	6,273	10,51
	0,382	0,099	1,216	12	3,186	24,78
	0,573	0,080	1,235	15	2,156	38,96
	0,763	0,070	1,245	18	1,631	47,07
	0,954	0,067	1,248	19	1,308	49,29
	1,145	0,050	1,265	26	1,105	62,33
	1,336	0,041	1,274	31	0,954	68,92
Susam yağı	0,000	0,129	1,186	9	-	2,18
	0,191	0,118	1,197	10	6,272	10,29
	0,382	0,094	1,221	13	3,200	28,87
	0,573	0,085	1,230	14	2,148	35,45
	0,763	0,070	1,245	18	1,631	46,84
	0,954	0,055	1,260	23	1,320	57,96
	1,145	0,056	1,259	23	1,100	57,71
	1,336	0,044	1,271	29	0,951	66,58
Hint yağı	0,000	0,130	1,185	9	-	0,92
	0,191	0,113	1,202	11	6,299	14,21
	0,382	0,096	1,219	13	3,195	27,34
	0,573	0,082	1,233	15	2,153	37,34
	0,763	0,055	1,260	23	1,650	58,07
	0,954	0,044	1,271	29	1,332	66,67
	1,145	0,037	1,278	35	1,116	72,17
	1,336	0,026	1,289	50	0,965	80,20

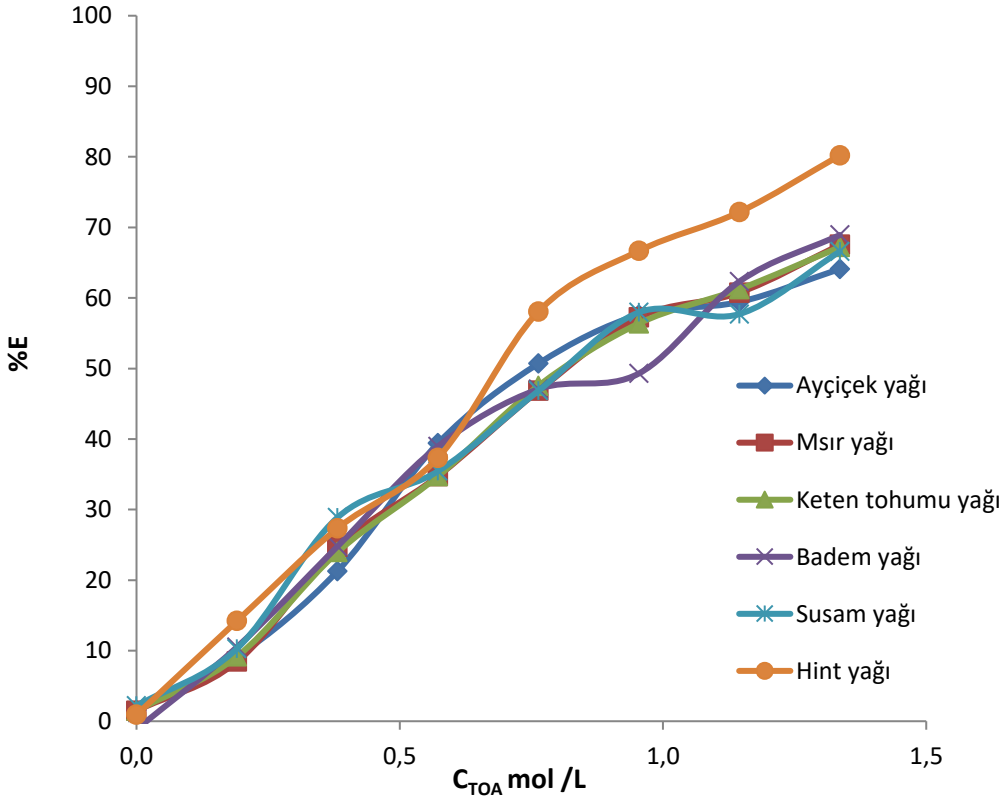
Elde edilen veriler kullanılarak TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-19, Şekil 4-20 ve Şekil 4-21'de görülmektedir.



Şekil 4-19: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısındaki değişim.



Şekil 4-20: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak yükleme faktöründeki değişim.



Şekil 4-21: Glikolik asidin TOA konsantrasyonuna bağlı olarak ekstraksiyon verimindeki değişim

4.3.2 Bitkisel Yağ + TOA + MIBK Sistemi ile Yapılan Reaktif Ekstraksiyon

Glikolik asidin bazı reaktif ekstraksiyon denemelerinde TOA + bitkisel yağ sistemine çeşitli oranlarda MIBK ilave edilerek, dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplanmıştır. TOA konsantrasyonu sabit tutulup, 4 denemede sırasıyla 0,1 mL, 0,3 mL, 0,5 mL, 0,7 mL MIBK ilave edilerek çalışma yapılmıştır. Elde edilen veriler Tablo 4-8'de listelenmiştir. Tablo ve grafiklere aynı konsantrasyondaki saf TOA verisi de eklenerek MIBK ilavesinin etkisi incelenmiştir.

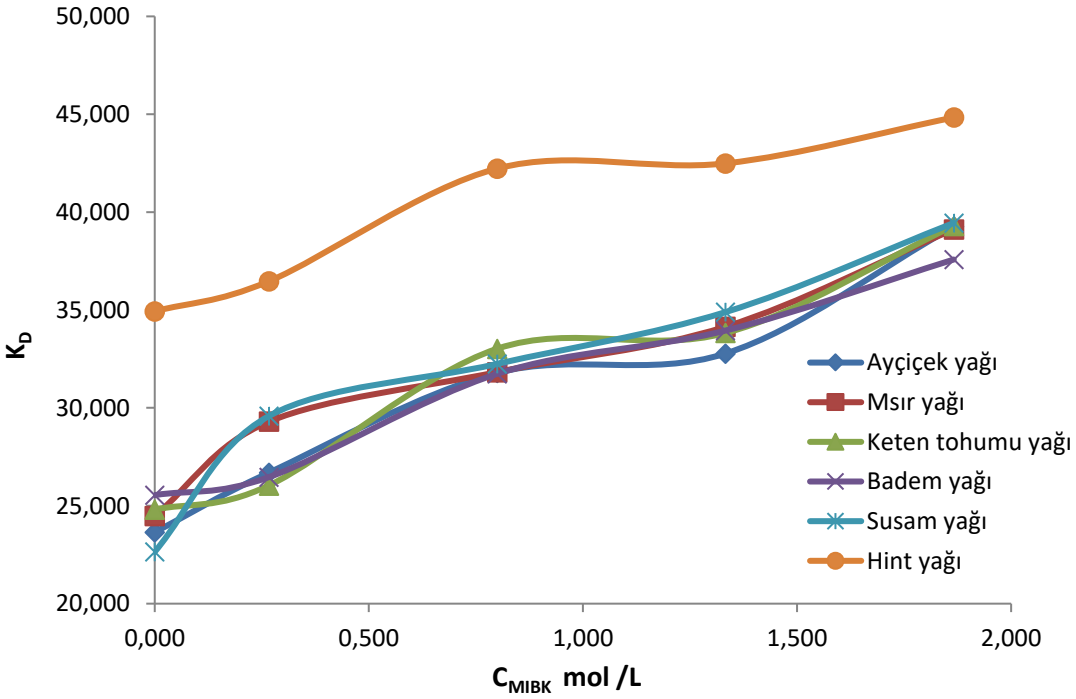
Tablo 4-8: Glikolik asidin TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK ilavesinin sonuçları ($C_{B,org}$=1,145 mol/L).

Çözücü	C_{MIBK} (mol/L)	$C_{A,aq}$ (mol/L)	$C_{A,org}$ (mol/L)	K_D	Z	%E
Ayçiçek yağı	0,00	0,053	1,262	24	1,102	59,43
	0,27	0,054	1,261	27	1,107	63,88
	0,80	0,040	1,275	32	1,113	69,50
	1,33	0,039	1,276	33	1,114	70,39
	1,87	0,033	1,282	39	1,120	75,16
Mısır yağı	0,00	0,052	1,263	24	1,103	60,75
	0,27	0,043	1,272	29	1,110	66,99
	0,80	0,040	1,275	32	1,113	69,54
	1,33	0,037	1,278	34	1,116	71,55
	1,87	0,033	1,282	39	1,120	75,07
Keten tohumu yağı	0,00	0,051	1,264	25	1,104	61,25
	0,27	0,049	1,266	26	1,106	63,02
	0,80	0,039	1,276	33	1,115	70,61
	1,33	0,038	1,277	34	1,115	71,29
	1,87	0,033	1,282	39	1,120	75,19
Badem yağı	0,00	0,050	1,265	26	1,105	62,33
	0,27	0,048	1,267	26	1,106	63,59
	0,80	0,039	1,276	32	1,113	69.46
	1,33	0,040	1,275	34	1,115	71,39
	1,87	0,034	1,281	38	1,119	74,08
Susam yağı	0,00	0,056	1,259	23	1,100	57,71
	0,27	0,043	1,272	30	1,111	67,30
	0,80	0,040	1,275	32	1,114	69,92
	1,33	0,037	1,278	35	1,116	72,14
	1,87	0,033	1,282	39	1,120	75,28

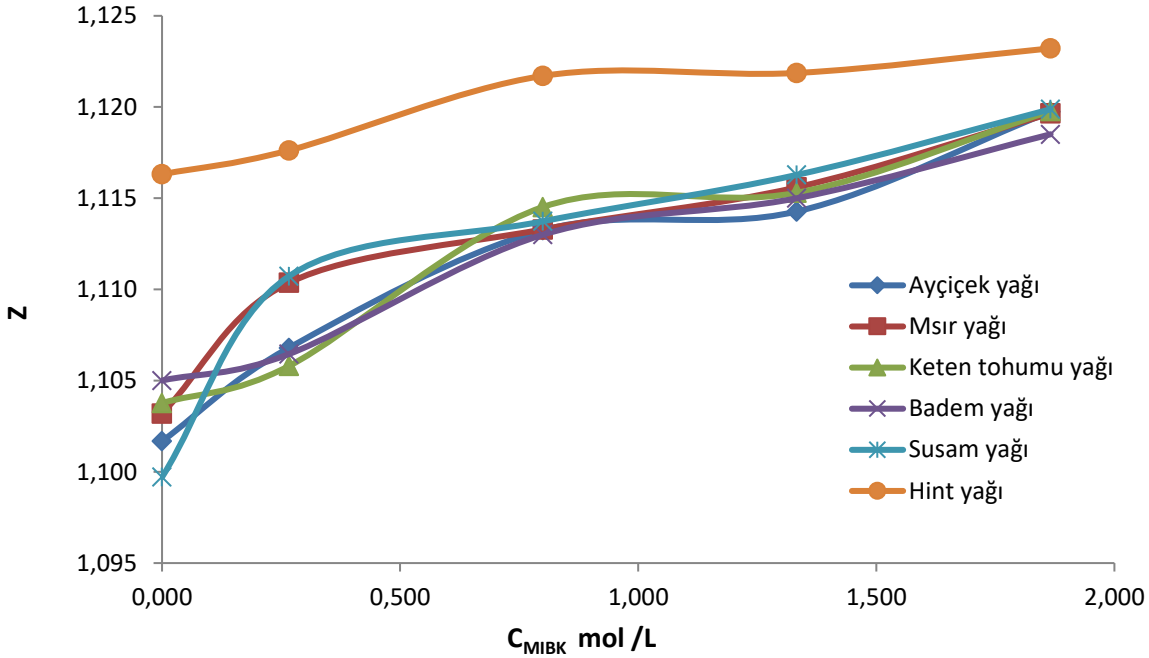
Tablo 4-8 (devam):

Hint yağı	0,00	0,037	1,278	35	1,116	72,17
	0,27	0,035	1,280	36	1,118	73,31
	0,80	0,030	1,285	42	1,122	76,87
	1,33	0,030	1,285	42	1,122	77,01
	1,87	0,029	1,286	45	1,123	78,18

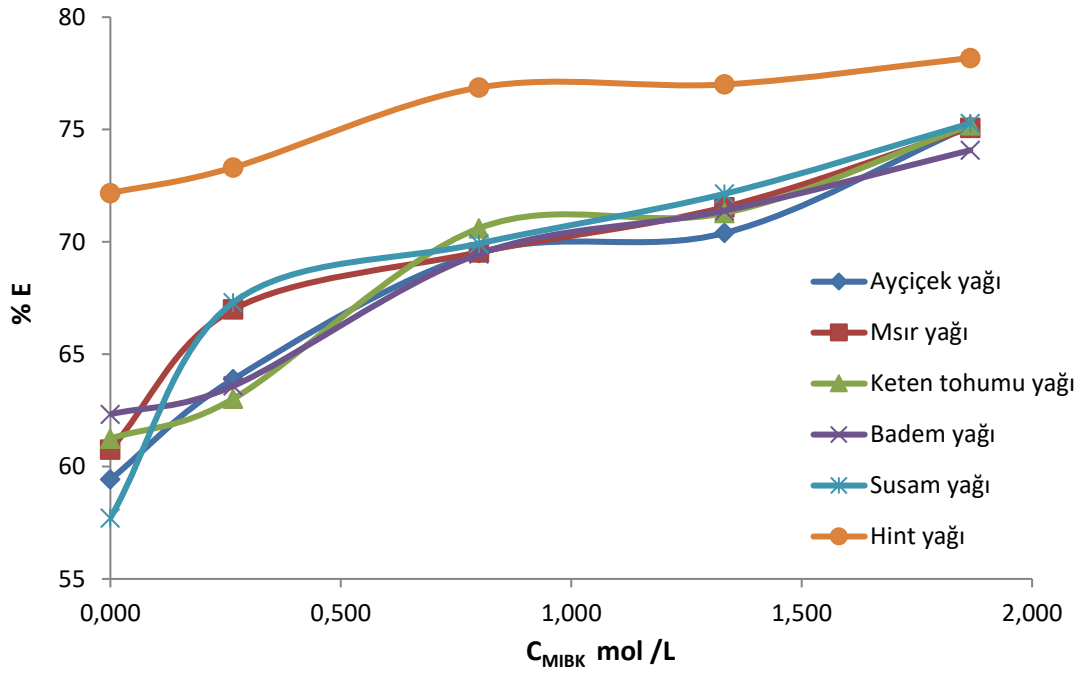
Elde edilen veriler kullanılarak TOA ve MIBK konsantrasyonuna bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-22, Şekil 4-23 ve Şekil 4-24'te görülmektedir.



Şekil 4-22: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine dağılma katsayısındaki değişim.



Şekil 4-23: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine yükleme faktöründeki değişim.



Şekil 4-24: Glikolik asidin ekstraksiyonunda TOA + bitkisel yağ sistemine MIBK eklendiğine ekstraksiyon verimindeki değişim.

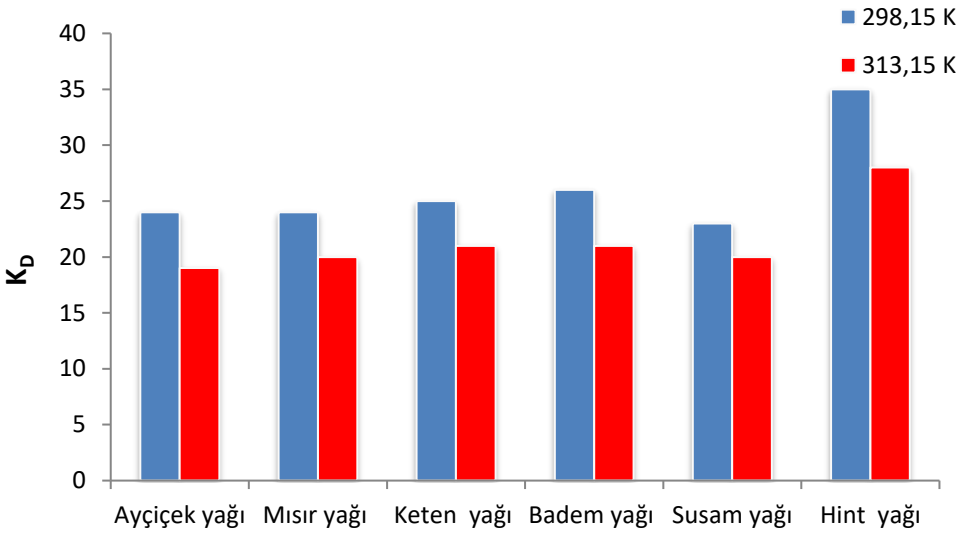
4.3.3 Sıcaklığın Ekstraksiyona Etkisi

Glikolik asit reaktif ekstraksiyon çalışmaları 298,15 K sıcaklıkta yapılmıştır. Sıcaklığın ekstraksiyona etkisini görmek amacıyla 313,15 K'de bir deneme yapılmıştır. Sonuçlar Tablo 4-9'da görülmektedir.

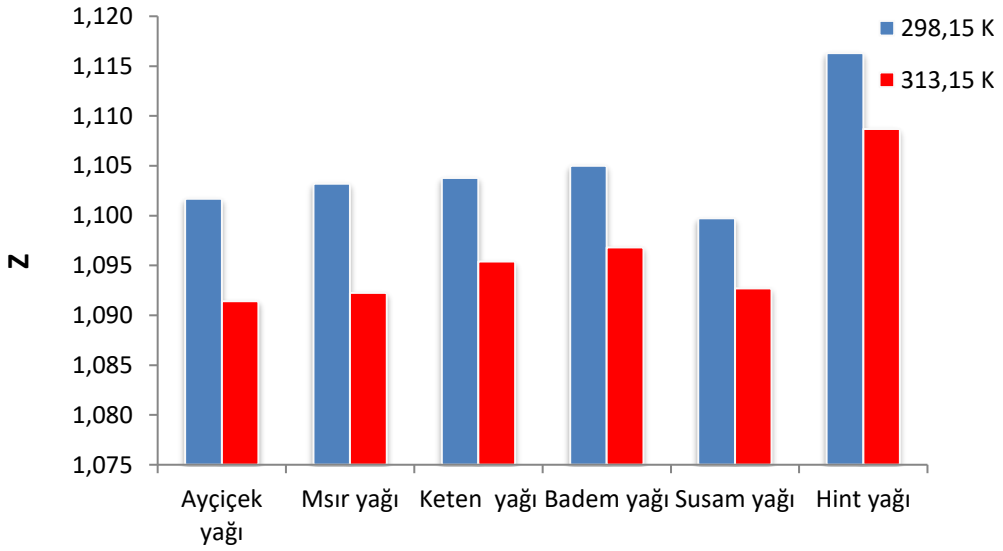
Tablo 4-9: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklığın etkisi.

Çözücü	**Sıcaklık (K)**	**$C_{B,org}$ (mol/L)**	**$C_{A,aq}$ (mol/L)**	**$C_{A,org}$ (mol/L)**	**K_D**	**Z**	**%E**
Ayçiçek yağı	298,15 K	1,145	0,053	1,262	24	1,102	59,43
	313,15 K		0,065	1,250	19	1,091	50,49
Mısır yağı	298,15 K		0,052	1,263	24	1,103	60,75
	313,15 K		0,064	1,251	20	1,092	51,22
Keten tohumu yağı	298,15 K		0,051	1,264	25	1,104	61,25
	313,15 K		0,061	1,254	21	1,095	53,96
Badem yağı	298,15 K		0,050	1,265	26	1,105	62,33
	313,15 K		0,059	1,256	21	1,097	55,19
Susam yağı	298,15 K		0,056	1,259	23	1,100	57,71
	313,15 K		0,064	1,251	20	1,093	51,59
Hint yağı	298,15 K		0,037	1,278	35	1,116	72,17
	313,15 K		0,045	1,270	28	1,109	65,52

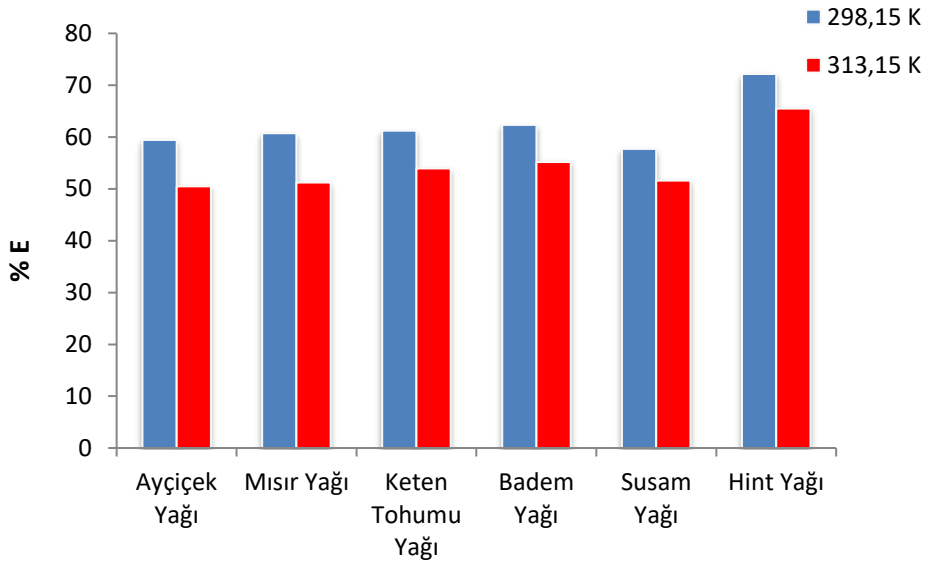
Elde edilen veriler kullanılarak sıcaklığa bağlı olarak dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimindeki değişimleri gösteren grafikler oluşturulmuştur. Grafikler Şekil 4-25, Şekil 4-26 ve Şekil 4-27'de görülmektedir.



Şekil 4-25: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının dağılma katsayısına etkisi.



Şekil 4-26: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının yükleme faktörüne etkisi.



Şekil 4-27: Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda sıcaklık artışının ektraksiyon verimine etkisi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sitrik asit, malik asit ve glikolik asidin sulu çözeltilerinden reaktif ekstraksiyon metodu ile ayırma denemeleri yapılmıştır. Çözücü olarak toksik olmayan bitkisel yağlar kullanılmıştır. Ayçiçek, mısır, keten tohumu, badem, susam ve hint yağı olmak üzere 6 farklı yağ ile çalışılmıştır. Reaktan olarak kullanılan TOA konsantrasyonu 0,191 mol/L ile 1,336 mol/L arasında değişmektedir. Ayrıca MIBK ile çalışmalar yapılmıştır. Dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi hesaplamaları yapılmıştır. Grafikler oluşturulmuştur.

Sitrik asit ile bitkisel yağa ilave edilen çeşitli konsantrasyonlarda TOA ve TOA + MIBK içeren karışımlarla 10 adet deneme yapılmıştır. 6 farklı yağda toplam 60 adet reaktif ekstraksiyon çalışması yapılmıştır. Ayrıca saf bitkisel yağ kullanılarak 6 adet fiziksel ekstraksiyon denemeleri yapılmıştır. Toplamda sitrik asit ile 66 çalışma yapılmıştır.

Malik asit ile bitkisel yağa ilave edilen çeşitli konsantrasyonlarda TOA ve TOA + MIBK içeren karışımlarla 9 adet deneme yapılmıştır. 6 farklı yağda toplam 54 adet reaktif ekstraksiyon çalışması yapılmıştır. Ayrıca saf bitkisel yağ kullanılarak 6 adet fiziksel ekstraksiyon denemeleri yapılmıştır. Toplamda malik asit ile 60 çalışma yapılmıştır.

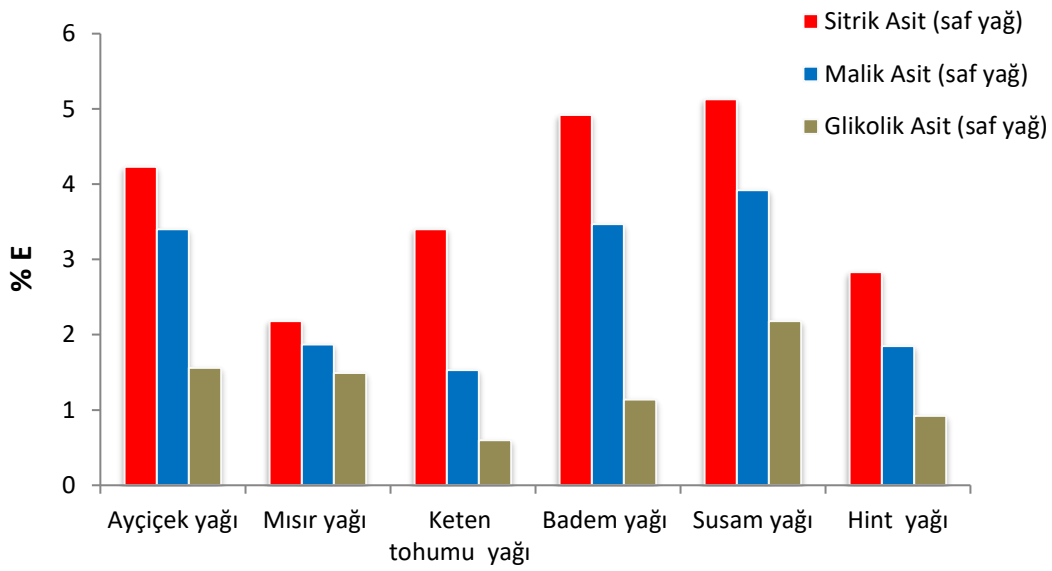
Glikolik asit ile bitkisel yağa ilave edilen çeşitli konsantrasyonlarda TOA ve TOA + MIBK içeren karışımlarla 11 adet deneme yapılmıştır. 6 farklı yağda toplam 66 adet reaktif ekstraksiyon çalışması yapılmıştır. Ayrıca saf bitkisel yağ kullanılarak 6 adet fiziksel ekstraksiyon denemeleri yapılmıştır. Toplamda glikolik asit ile 72 çalışma yapılmıştır.

Ayrıca sıcaklığın ekstraksiyona etkisini görmek için, her bir asit ile çözücü olarak 6 farklı bitkisel yağ kullanılarak toplamda 18 çalışma yapılmıştır.

5.1 FİZİKSEL EKSTRAKSİYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bitkisel yağlar saf olarak kullanılarak fiziksel ekstraksiyon denemeleri yapılmıştır. Fiziksel ekstraksiyon denemelerinde en yüksek verim sitrik asit + susam yağı sisteminde %5,13 olarak elde edilmiştir. Sitrik asit, çalışılan tüm bitkisel yağlarda malik asit ve glikolik aside göre daha yüksek verimle ekstrakte edilmiştir. Genel olarak, fiziksel ekstraksiyon veriminin, reaktif ekstraksiyon ile karşılaştırıldığında oldukça düşük olduğu görülmektedir. Bitkisel yağlar zehirsiz ve insan sağlığına uygun olmasından dolayı ekstraksiyon işlemlerinde daha güvenli

yöntem olarak değerlendirilmektedir. Şekil 5-1'de sitrik asit, malik asit ve glikolik aside ait fiziksel ekstaksiyon verimleri grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 5-1: Sitrik asit, malik asit ve glikolik asidin fiziksel ekstraksiyon verimleri.

5.2 REAKTİF EKSTRAKSİYON SONUÇLARININ DEĞERLENDİRMESİ

5.2.1 Dağılma Katsayısı Verilerinin Değerlendirilmesi

Sitrik asidin reaktif ekstraksiyonunda en yüksek dağılma katsayısı değeri 702,3 olarak hesaplanmıştır. Bu değer çözücü olarak Hint yağı ve 1,145 mol/L TOA kullanımında elde edilmiştir (Tablo 4-1). Dağılma katsayısı değerleri sıralaması aşağıdaki gibidir:

Hint yağı > Susam yağı > Mısır yağı > Keten tohumu yağı > Tatlı badem yağı > Ayçiçek yağı

Malik asidin reaktif ekstraksiyonunda en yüksek dağılma katsayısı değeri 244,098 olarak hesaplanmıştır. Bu değer çözücü olarak Hint yağı ve 1,145 mol/L TOA kullanımında elde edilmiştir (Tablo 4-4). Dağılma katsayısı değerleri sıralaması aşağıdaki gibidir:

Hint yağı > Keten tohumu yağı > Susam yağı > Tatlı badem yağı > Mısır yağı > Ayçiçek yağı

Glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda en yüksek dağılma katsayısı değeri 49,515 olarak hesaplanmıştır. Bu değer çözücü olarak Hint yağı ve 1,336 mol/L TOA kullanımında elde edilmiştir (Tablo 4-7). Dağılma katsayısı değerleri sıralaması aşağıdaki gibidir:

Hint yağı > Tatlı badem yağı > Mısır yağı > Keten tohumu yağı > Susam yağı > Ayçiçek yağı

Çözücü olarak Hint yağı kullanımı 3 asitte de en iyi sonucu vermiştir.

5.2.2 TOA Konsantrasyonunun Ekstraksiyona Etkisi

TOA konsantrasyonu arttıkça reaktif ekstraksiyon verimi de artmaktadır (Şekil 4-3, Şekil 4-12, Şekil 4-19). 1,145 mol/L TOA kullanımında sitrik asitte %98'in üzerinde, malik asitte %95'in üzerinde, glikolik asitte %72'nin üzerinde verim elde edilmiştir. Glikolik asit ekstraksiyonunda 1,336 mol/L TOA kullanımında %80'e yakın verim görülmektedir. TOA'nın karboksilik asitlerin reaktif ekstraksiyonunda etkili bir reaktan olduğu görülmektedir. Çözeltiye MIBK ilavesi dağılma katsayısı, yükleme faktörü ve ekstraksiyon verimi değerlerini yükseltmiştir.

5.2.3 Yükleme Faktörü Verilerinin Değerlendirilmesi

Amin (TOA) miktarı arttıkça yükleme faktörü değeri düşmektedir (Şekil 4-2, Şekil 4-11, Şekil 4-18). Birim amin tarafından ekstrakte edilen asidi belirten bir değerdir. 1'den büyük olması aşırı yükleme durumunu belirtir.

5.2.4 Ekstraksiyon Verimlerinin Değerlendirilmesi

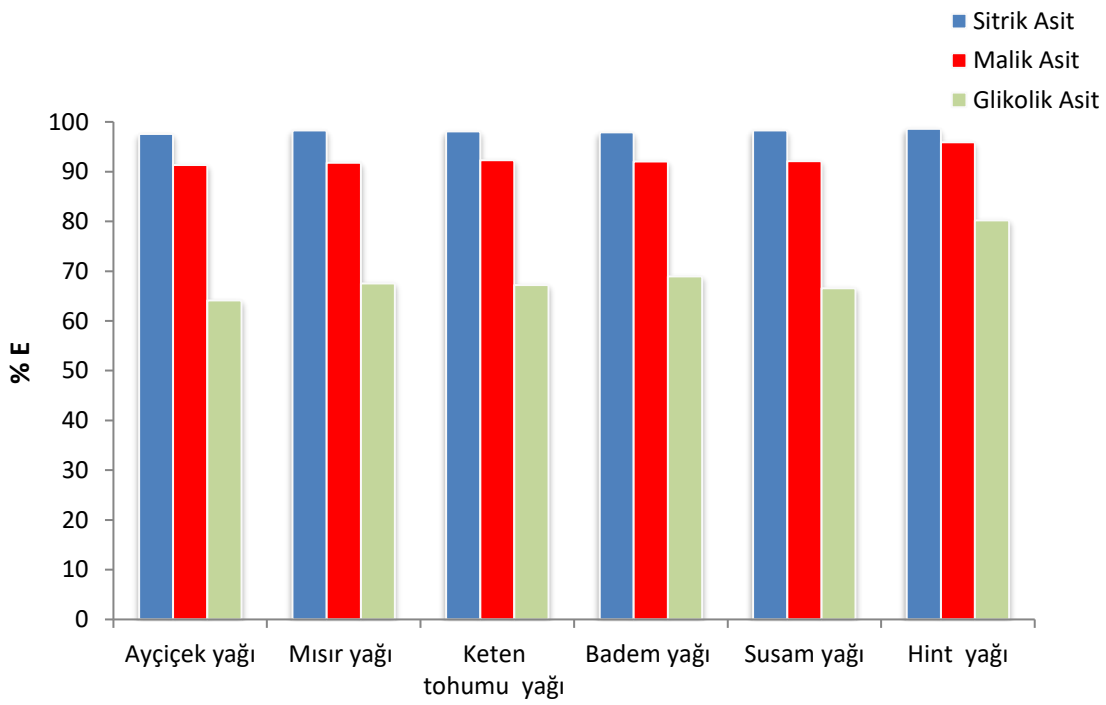
Sitrik asidin 6 farklı bitkisel yağ ile yapılan reaktif ekstraksiyon denemelerinde en yüksek verim değeri hint yağı ile 1,145 mol/L TOA ve kullanımında elde edilmiştir. Bu çalışmada ekstraksiyon verimi %98,58 olarak hesaplanmıştır. Sitrik asit çalışmalarında kullanılan TOA konsantrasyonları 0,191 mol/L ile 1,145 mol/L arasında değişmektedir. Ekstraksiyon verimleri ise %24,29 ile %98,58 arasında hesaplanmıştır (Şekil 4-3).

Malik asidin 6 farklı bitkisel yağ ile yapılan reaktif ekstraksiyon denemelerinde en yüksek verim değeri hint yağı ile 1,145 mol/L TOA ve kullanımında elde edilmiştir. Bu çalışmada ekstraksiyon verimi %95,92 olarak hesaplanmıştır. Malik asit çalışmalarında kullanılan TOA konsantrasyonları 0,191 mol/L ile 1,145 mol/L arasında değişmektedir. Ekstraksiyon verimleri ise %20,79 ile %95,92 arasında hesaplanmıştır (Şekil 4-12).

Glikolik asidin 6 farklı bitkisel yağ ile yapılan reaktif ekstraksiyon denemelerinde en yüksek verim değeri hint yağı ile 1,336 mol/L TOA ve kullanımında elde edilmiştir. Bu çalışmada ekstraksiyon verimi %80,20 olarak hesaplanmıştır. Glikolik asit çalışmalarında kullanılan TOA

konsantrasyonları 0,191 mol/L ile 1,336 mol/L arasında değişmektedir. Ekstraksiyon verimleri ise %8,45 ile %80,20 arasında hesaplanmıştır (Şekil 4-19).

Asitlerin ekstrakte edilebilirliklerinin kıyaslamak amacıyla Şekil 5-2'de sitrik asit, malik asit ve glikolik asidin reaktif ekstraksiyon çalışmalarında elde edilen en yüksek verim değerlerini gösteren grafik bulunmaktadır. En yüksek verim değeri trikarboksilik asit olan sitrik asidin ekstraksiyonunda elde edilmiştir. Daha sonra dikarboksilik asit olan malik asit gelmektedir. En düşük ekstraksiyon verim ise mono karboksilik asit olan glikolik asitte görülmüştür.



Şekil 5-2: Sitrik, malik ve glikolik asidin reaktif ekstraksiyonunda en yüksek verim değerleri.

5.2.5 Sıcaklığın Reaktif Ekstraksiyona Etkisi

Sıcaklık artışı dağılma katsayısını, yükleme faktörünü ve ekstraksiyon verimini düşürmüştür. Reaktif ekstraksiyonda asit-amin kompleksinin oluşumu ekzotermik bir reaksiyon olduğundan sıcaklık artışıyla reaksiyon yönü değişmektedir. Asit-amin kompleksi oluşumu azaldığı için verim düşmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Baykal, E., 2020, *Reaktif ekstraksiyon yöntemi kullanılarak bazı karboksilik asitlerin sulu çözeltiden geri kazanımı,* Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

[2] Uslu, H., 2009, *Karboksilli asitlerin sulu çözeltilerden reaktif çözücülerle ekstraksiyonu ve modellenmesi*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[3] Evlik, T., 2017, *Farklı sayıda karboksil grubu içeren asitlerin reaktif ekstraksiyonu ve deneysel tasarımı*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[4] Erdem, H., 2018, *Küçük moleküllü organik asitlerin sulu çözeltilerinden reaktif ekstraksiyonla ayrılmasının incelenmesi*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[5] Uslu, H., 2005, *Bazı hidroksi karboksilik asitlerin sulu çöözeltilerinen ayrılmasının incelenmesi*, Yüksek lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[6] Baylan, N., 2017, *Farklı türdeki karboksilik asitlerin sulu çözeltilerden kütlesel sıvı membranlarla ayrılması*, Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[7] Aygün, A., 2009, *Hint yağından Biyodizel eldesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniveritesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[8] Ansiklopedinin editörleri, Britannica Ansiklopedisi, https://www.britannica.com/topic/castor-oil [Ziyaret Tarihi: 7 Aralık 2021].

[9] Gerard, D., 2016, *Castor oil: Properties, uses, and optimization of processing parameters in commercial production*, https://www.researchgate.net/figure/physical-properties-of-castor-oil_tbl1_307889613 [Ziyaret Tarihi: 7 Aralık 2021].

[10] Maja, D., 2014, https://www.flickr.com/photos/blumenbiene/15436628611/ [Ziyaret Tarihi: 6 Aralık 2021].

[11] Güven, Ş., 2014, Sesame as an important oil plant with decreasing production, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmları Dergisi*, 3(2), 404-433.

[12] Aykut, Ş. H., 2020, *Ticari susam yağı örnekleri üzerinde kalite kontrol çalışması*, Yüksek Lisans, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[13] E. Britannica, *sesame in bloom*, https://www.britannica.com [Ziyaret Tarihi: 7 Aralık 2021].

[14] Akkemik, E., 2020, Çuha çiçeği (Oenothera biennis) ve tatlı badem (Prunus dulcis mill) yağlarının anti-enzim aktivitelerinin araştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 583-590.

[15] Özdek, U., Seçkin, H., Çibuk, S., 2020, Amygdalus trichamygdalus (tatlı badem) ve Amygdalus nana L.(acı badem) bitkilerinin antimikrobiyal etkisinin araştırılması, *Van Veterinary Journal*, 31(1), 22-26.

[16] Ahmad, Z., 2010, The uses and properties of almond oil, *Complementary therapies in clinical practice*, 16(1), 10-12.

[17] Sultansha, *Tatlı badem yağı*, https://www.sultansha.com/hammaddeler/tatli-badem-yagi/, [Ziyaret tarihi: 7 Aralık 2021].

[18] Sultansha, *Keten tohumu yağı*, https://www.sultansha.com/hammaddeler/keten-tohumu-yagi/, [Ziyaret tarihi: 7 Aralık 2021].

[19] İşleroğlu, H., Yıldırım, Z., Yıldırım, M., 2005, Fonksiyonel bir gıda olarak keten tohumu, *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (2), 23-30.

[20] Sultansha, *Keten tohumu yağı*, https://www.sultansha.com/hammaddeler/keten-tohumu-yagi/, [Ziyaret tarihi: 7 Aralık 2021].

[21] Nykter, M., Kymäläinen, H. R., Gates, F., 2006, Quality characteristics of edible linseed oil, *Agricultural and food science*, 15(4), 402-413.

[22] Çevik, K., Alaşalvar, H., Mustafa, Ç. A. M., Yalçın, H., 2021, Keten tohumu yağı ve yağsız süt tozu içeren emülsiyonların püskürterek kurutma ile enkapsülasyonu: Yağ oranı ve kurutma sıcaklığının etkileri, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 9(3), 735-742.

[23] Lazzari, M., Chiantore, O., 1999, Drying and oxidative degradation of linseed oil, *Polymer degradation and stability*, 65(2), 303-313.

[24] Veljković, V. B., Biberdžić, M. O., Banković-Ilić, I. B., Djalović, I. G., Tasić, M. B., Nježić, Z. B., Stamenković, O. S., 2018, Biodiesel production from corn oil: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 531-548.

[25] Feyzçiftliği, *Mısır Üretimi*, https://www.feyzciftligi.com/misir-uretimi, [Ziyaret tarihi: 8 Aralık 2021].

[26] Moreau, R. A., 2005, Corn oil, *Bailey's industrial oil and fat products.*

[27] Tosun, H., 2019, *Zeytin yağı, ayçiçek yağı ve mısır yağı iş kollarında Türkiye'nin uluslararası rekabetçilik analizi; sözü edilen iş kollarına yönelik bir pazar araştırması,* Yüksek Lisans, KTO Karatay Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

[28] Thompson, D. L., Jellum, M. D., Young, C. T., 1973, Effect of controlled temperature environments on oil content and on fatty acid composition of corn oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 50(12), 540-542.

[29] Grompone, M. A., 2011, Sunflower oil, *Vegetable oils in food technology, Oxford: Wiley-Blackwell*, 137-67. ISBN: 9781444339918.

[30] Campbell, E. J., 1983, Sunflower oil, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 60(2Part2), 387-392.

[31] Bahçe Bitkileri, Ayçiçeği, https://www.bahcebitkileri.org/aycicegi-helianthus-annuus-l.html, [Ziyaret tarihi: 8 Aralık 2021].

[32] Onemli, F., 2012, Impact of climate changes and correlations on oil fatty acids in sunflower, *Pak. J. Agri. Sci*, 49(4), 455-458.

[33] Kurşun, E., 2002, A*yçiçek asidik yağının enzimatik esterleşmesi ile yağ asidi esterlerinin üretimi*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

[34] National Center for Biotechnology Information (2021), PubChem compound summary for CID 311, *Citric acid*, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Citric-acid, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2021].

[35] National Center for Biotechnology Information (2021), PubChem Compound Summary for CID 14227, *Trioctylamine*, https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Trioctylamine, [Ziyaret Tarihi: 1 Aralık 2021].

[36] https://www.chemsrc.com/en/cas/1116-76-3_15351.html, [Ziyaret Tarihi:18 Aralık 2021].

[37] John Wiley & Sons, Inc. SpectraBase; SpectraBase Compound ID=BoJQr2Kggzj https://spectrabase.com/compound/BoJQr2Kggzj, [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021].

[38] National Center for Biotechnology Information (2021), PubChem Compound Summary for CID 7909, *Methylisobutylketone*. https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Methyl-isobutyl-ketone [Ziyaret Tarihi: 18 Aralık 2021].

[39] https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/substance/methylisobutylketone10016108101 [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021].

[40] Aghera, Payal R, Braatt, Nikhil S., 2019, *Citric acid: Biosynthesis, properties and application*, LAP Lambert Academic Publishing.

[41] Deveci, E. Ü., 2008, *Portakal artıklarından Aspergillus niger filamentili fungusu kullanılarak sitrik asit üretiminde değerlendirilmesi,* Yüksek Lisans, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[42] İlhan, L., *Nasıl Bir Ekonomi Medya Haber Basın A.Ş.*, Dünya Gazetesi, https://www.dunya.com/sirketler/turkiyede-sitrik-asit-uretimi-yeniden-basliyor-haberi-463509, [Ziyaret Tarihi: 15 Aralık 2021].

[43] Goldberg, I., Rokem, J. S., 2009, *Encyclopedia of microbiology* (Üçüncü Baskı).

[44] National Center for Biotechnology Information (2021), PubChem compound summary for CID 525, *Malic acid,* https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Malic-acid.[Ziyaret Tarihi: 19 Aralık 2021].

[45] Eren, Ü., 2006, *İmmobilize fumaraz enzimiyle L-malik asit üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[46] National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem compound summary for CID 757, *Glycolic acid,* https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Glycolic-acid, [Ziyaret Tarihi: 20 Aralık 2021].

[47] https://okimya.com.tr/asitlik-duzenleyici-kimyasallar/glikolik-asit-glycolic-acid/?gclid=EAIaIQobChMIzNDF2qTx9AIVTOR3Ch2VuwFsEAAYASAAEgJ3uvD_BwE [Ziyaret Tarihi: 15 Arlık 2021].

[48] Encyclopædia Britannica, *Sesame in bloom*, https://www.britannica.com/plant/sesame-plant#/media/1/536043/242896 [Ziyaret Tarihi: 07 Aralık 2021].