

AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA
TOHUMLARINDAN
YAĞ EKSTRAKSİYONU ÜZERİNE
KUVVETLİ ELEKTROLİTLERİN ETKİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Kimya Bölümü
Fizikokimya Anabilim Dalı

Serhat ASLAN

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin TOPALLAR

EDİRNE-2010

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA
TOHUMLARINDAN
YAĞ EKSTRAKSİYONU ÜZERİNE
KUVVETLİ ELEKTROLİTLERİN ETKİSİ

SERHAT ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
KİMYA BÖLÜMÜ

DANIŞMAN:

Prof. Dr. HÜSEYİN TOPALLAR

2010

EDİRNE

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AYÇİÇEK, MISIR VE KANOLA
TOHUMLARINDAN
YAĞ EKSTRAKSİYONU ÜZERİNE
KUVVETLİ ELEKTROLİTLERİN ETKİSİ

SERHAT ASLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİKOKİMYA ANABİLİM DALI
KİMYA BÖLÜMÜ

Bu tez .. /.. / 2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Danışman:

Prof. Dr. Hüseyin TOPALLAR

Üye

Prof. Dr. Mehmet İŞCAN

Üye
Yrd. Doç. Dr. Fikret IŞIK

2010-EDİRNE

ÖZET

Bu çalışmada 60°C'de önce sadece heksan ile yapılan yağ ekstaksiyonunda ayçiçek tohumlarından %45, kanola tohumlarından %35 ve mısır tohumlarından ise %4 oranında yağ elde edildi ve daha sonra 100 mL heksan ve 100 mL sulu kuvvetli elektrolit çözeltisi kullanarak, heksan ile birlikte değişik elektrolit konsantrasyonlarında yapılan ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonlarında, yağ verimleri, 0.5 M HCl ile en fazla %30, 1.5 M H₂SO₄ ile ise en fazla %40; 0.1 M NaOH ile %25, 0.05 M Ca(OH)₂ ile %20; 1.0 M NaCl ile %30, 0.6 M Na₂SO₄ ile %25 ve 0.5 M CaCl₂ ile %10 olarak elde edildi.

Kanola tohumlarından yağ verimleri, 0.8 M HCl ile en fazla %30, 1.0 M H₂SO₄ ile en fazla %38; 1.5 M NaOH ile %22.5; 0.6 M Ca(OH)₂ ile %9.3; 1.0 M NaCl ile %22; 0.6 M Na₂SO₄ ile %20 ve 0.5 M CaCl₂ ile %15 olarak elde edildi.

Mısır tohumlarından yağ verimleri, 1.0 M HCl ile en fazla %4.3; 1.2 M H₂SO₄ ile en fazla %5.0; 1.0 M NaOH ile %3.9; 0.7 M Ca(OH)₂ ile %2.9; 0.5 M NaCl ile %3.2; 0.6 M Na₂SO₄ ile 0.6 %2.9 ve 0.8 M CaCl₂ ile %2.2 olarak elde edildi.

Bütün bu sonuçlara göre, yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu için, sulu kuvvetli elektrolitler arasında H₂SO₄ en yüksek yağ verimini verdi. Böylece, yağ endüstrisinde, özellikle yağ ekstraksiyonunda, sadece heksan kullanarak elde edilen yağ veriminin, heksan ile birlikte aynı oranda 1.5 M H₂SO₄ sayesinde de elde edilebileceği önerilebilir.

Anahtar Kelimeler

Ayçiçek yağı, Kanola yağı, Mısır yağı, Ekstraksiyon, Kuvvetli elektrolit.

ABSTRACT

In this study firstly, 45% oil from the sunflower seeds, 35% from the canola seeds and 4% from the corn seeds were obtained in oil extraction carried out only with hexane at 60°C and then oil yields were obtained as maximum 30% with 0.5 M HCl and 40% in 1.5 M with H₂SO₄; 25% with 0.1 M NaOH and 20% with 0.05 M Ca(OH)₂; 30% with 1.0 M NaCl, 25% with 0.6 M Na₂SO₄ and 10% with 0.5 M CaCl₂ using 100 mL of hexane and 100 mL of aqueous strong electrolyte solution, in the extractions of the sunflower seeds carried out at different electrolyte concentrations together with hexane.

Oil yields were obtained as maximum 30% with 0.8 M HCl and 38% in 1.0 M with H₂SO₄; 22.5% with 1.5 M NaOH and 9.3% with 0.6 M Ca(OH)₂; 22% with 1.0 M NaCl, 20% with 0.6 M Na₂SO₄ and 15% with 0.5 M CaCl₂ from the canola seeds.

Oil yields were obtained as maximum 4.3% with 1.0 M HCl and 5% in 1.2 M with H₂SO₄; 3.9% with 1.0 M NaOH and 2.9% with 0.7 M Ca(OH)₂; 3.2% with 0.5 M NaCl, 2.9% with 0.6 M Na₂SO₄ and 2.2% with 0.8 M CaCl₂ from the corn seeds.

According to these results, H₂SO₄ gave highest oil yield among the aqueous strong electrolytes for oil extraction from the seeds. Thus, it can be proposed that oil yield obtained by using only hexane will be also obtained in the same ratio together with hexane by means of aqueous 1.5 M H₂SO₄ especially in the oil extraction for oil industry.

Key Words

Sunflower oil, Canola oil, Extraction, Strong electrolyte.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa No.</u> |
|---|------------------|
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KURAMSAL TEMELLER | 3 |
| 2.1. ELLE SIKARAK EKSTRAKSİYON | 3 |
| 2.2. İLK MEKANİZE EKSTRAKSİYON | 3 |
| 2.3. HİDROLİK PRES EKSTRAKSİYONU | 4 |
| 2.4. VİDA TİPİ PRES EKSTRAKSİYONU | 5 |
| 2.5. ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYONU | 7 |
| 3. MATERYAL VE METOD | 17 |
| 3.1. KULLANILAN MADDELER | 17 |
| 3.2. KULLANILAN ALETLER | 17 |
| 3.3. KULLANILAN METODLAR | 17 |
| 3.3.1. NUMUNE HAZIRLANMASI | 17 |
| 3.3.2. ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERİNİN HAZIRLANMASI | 18 |
| 3.3.3. EKSTRAKSİYON İŞLEMİ | 18 |
| 4. SONUÇLAR | 19 |
| 4.1. YAĞ EKSTRAKSİYON VERİMLERİ | 19 |
| 5. TARTIŞMA | 28 |
| KAYNAKLAR | 39 |
| TEŞEKKÜR | 43 |
| ÖZGEÇMİŞ | 44 |

1. GİRİŞ

Yağ içeren hayvansal ve bitkisel materyallerden katı ve sıvı yağların eldesi yağ teknolojisinin özel ve farklı bir sahasını oluşturur. Çeşitli kaynaklardan elde edilen yağlı materyaller arasında çok büyük fizikokimyasal farklılıklar vardır. Bu nedenle yağlı dokulara uygulanan yağ çıkarma işlemleri çok değişik uygulamaları içermektedir. Değişik yağ çıkarma işlemleri arasında rendering (eritme), presleme ve solvent (çözücü) ekstraksiyonu gibi farklı esaslara dayalı uygulamalar vardır [1].

Ancak yağların yağlı materyallerden teknolojik eldesi farklı olsa bile, yağ çıkarma işlemleri aşağıda belirtilen ortak özelliklere sahiptir. Bu özellikler,

- a) Yağ zarar görmeden ve mümkün olduğu kadar yağda istenmeyen safsızlıkları içermeden elde edilmeli,
- b) İşlem ekonomisiyle birlikte dokudan yağ yüksek verimle elde edilmeli,
- c) Yağlı materyallerin küspesi veya kalıntıları mümkün olduğu kadar yüksek değerlere sahip olmalıdır.

Yağlı tohumlar yağ ile birlikte katı formdaki diğer maddeleri de içerdiği için yağ ekstraksiyonunu zorlaştırır. Bundan dolayı yağlı tohumun inceltilmesi (öğütülmesi), ısı işleme tabi tutulması, preslenmesi gibi değişik işlemlerden geçirilmesi gerekir.

Çok etkili presleme işleminden sonra bile yağlı tohum kekinde %2-5 gibi yüksek düzeyde yağ kalabilmektedir. Çözücü ekstraksiyonu ile tohum küspesinde %1'den daha az yağ kalmaktadır. Ancak çözücü ekstraksiyonun en önemli dezavantajı presleme sistemlerine göre ekipmanlarının pahalı olmasıdır [2].

Elektrolitler, suda çözündüklerinde, anyon (eksi yüklü iyonlar) ve katyonlara (artı yüklü iyonlar) ayrılan ve elektriksel iletkenliğe sahip olan maddelerdir. Bunlar kuvvetli ve zayıf elektrolitler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Kuvvetli elektrolitler tamamen (%100) iyonlaşırken, zayıf elektrolitler ise kısmen (%1-10) iyonlaşır.

Kuvvetli elektrolitler üç kategoriye ayrılırlar: kuvvetli asitler (HCl, HBr, HI, HNO₃, HClO₃, HClO₄, H₂SO₄ vd.), kuvvetli bazlar (NaOH, KOH, LiOH, Ba(OH)₂, Ca(OH)₂ vd.) ve tuzlar (NaCl, KBr, MgCl₂ vd.). Zayıf elektrolitler de ikiye ayrılırlar: zayıf asitler (HF, CH₃COOH, H₂CO₃, H₃PO₄, vd.) ve zayıf bazlar (NH₃, C₅H₅N ve azot içeren bileşikler) [3].

Khan ve arkadaşlarının 1,4-dioksan içinde ayçiçek, mısır ve kanola yağlarının viskozitesine kuvvetli elektrolitlerin etkisini incelediklerinde, bu elektrolitlerin yağların viskozitesini azalttığı, yani akışkanlığını arttırdığını gösterdiler [4-6].

Buna göre kuvvetli elektrolitler, yağların bulunduğu yağ hücrelerinin parçalanmasını ve yağın hücrelerden çıkışını kolaylaştırıp, yağın akışkanlığını arttırarak ekstraksiyon hızını ve verimini etkileyebilir. Çünkü bazı iyonlar, özellikle sodyum, hücre zarından giriş çıkış yapabilmektedir.

Bunun gibi başka iyonlar da göz önünde bulundurularak yağlı tohumlardan yağın açığa çıkması ve dolayısı ile ekstraksiyon işleminin de daha kolay olabilmemesini sağlayacaktır. Böylece ekstraksiyon işleminin hızı ve verimi de değişecektir. Kuvvetli elektrolitlerin etkisi ile yağ sanayinde halen çözücü olarak kullanılan heksan miktarı ekonomik yönden azalabilir.

Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada, ayçiçek, kanola ve mısır tohumlarından yağ çıkarılması için çeşitli elektrolitlerin etkisi incelenecek ve ekstraksiyon sonucundaki yağ verimleri de karşılaştırılacaktır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. ELLE SIKARAK EKSTRAKSİYON

Yağlı tohumlardan yağ çıkarılması çok eskilere dayanır. M.Ö. 1650 yıllarında Mısır'da tahta tokmaklar ve taş havanlar kullanılarak olgunlaşmış zeytinler elle sıkılırdı. Ekstrakte edilen yağ keçi kılı filtrelerle süzülürdü ve yağlama maddesi olarak kullanılırdı. M.Ö. 259 yıllarında Mısır'da susam, keten tohumu ve hint yağları elle preslenerek çıkarıldı [7].

2.2. İLK MEKANİZE EKSTRAKSİYON

M.Ö. 184 yılına kadar Romalılar, üzerinde kanalları olan miller ve vida tipi ve takoz şeklinde olan presler gibi daha ileri bir teknoloji geliştirdiler. Bu teknolojileri, milden geçirmek ve yağı ekstrakte etmek amacıyla hayvan gücünün kullanılmasını ve kaldırıcı birleştirdiler. Romalılardan onsekizinci yüzyıla kadar, yağ ekstraksiyonu için benzer teknoloji kullanıldı [7].

Onsekizinci yüzyılda, yağ ekstraksiyonuna yardım etmek için hayvan gücü yerine daha çok rüzgar ve suyun gücü geçti. Avrupa'da büyük rüzgarla çalışan sıkma milleri popüler hale geldi.

Rüzgar, yağ milinin dışındaki bir kanadı döndürür ve dönme enerjisi miller ve dişliler aracılığıyla mile aktarılır ve en sonunda bir eksantrik milini döndürürdü. Yatay eksantrik miline bağlı dikey sıkma milleri vardı.

Bir tahta tokmak sayesinde yağlı tohumları bir küspe haline getirmek için havanlar gibi ilk sıkma milleri kullanıldı. Daha sonra küspe at kılından dokunmuş ve ters takozlar arasında dikey olarak bulunan filtre torbalarına aktarılırdı. İlave sıkıcılar takozlarla birlikte ezer, yağı torbalardan dışarı çıkarır ve sonra yağ toplanırdı. Avrupa'nın her tarafında yüzlerce bu tür yağ milleri yayıldı [8].

2.3. HİDROLİK PRES EKSTRAKSİYONU

1785'te, İngiltere'de J. Bramah yağ ekstraksiyonu için hidrolik presi keşfetti [7]. Yağlı tohumlar milden geçirildi, pişirildi ve at kılından dokunmuş filtre bezlerine sarıldı. Filtre bezlerine sarılmış yağlı tohumlar, baş bloğun altında ve pres kütüğünün üzerinde delikli, yatay kasalara elle koyulurdu.

Kütük üzerine üstten hidrolik basınç uygulanarak kasalar birlikte preslenirdi. Yağ, yağlı tohumların çevresindeki filtre bezlerinden dışarı çıkar. Filtre bezleri ve kullanılan kek elle hidrolik presten çıkarılırdı. Kullanılan kekte kalan yağ yaklaşık olarak %10 kadardı.

1801'de, hidrolik presler kullanılarak A.B.D.'de ilk pamuk tohumu yağı mili yapıldı [7]. 1870'lere kadar, hidrolik preslemede Amerikan teknolojisi Avrupa teknolojisini geçti. 16 pres kasalı ve 400 ton kuvvete kadar olan büyük hidrolik presler kullanılmaktaydı.

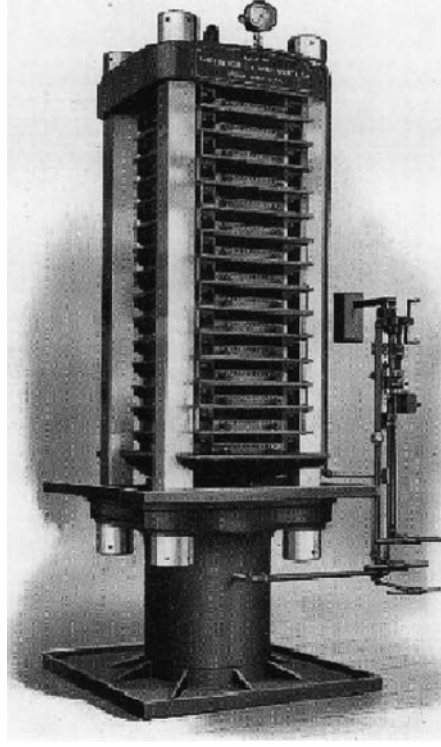
1874'te, İngiltere'de, Rose, Down ve Thompson [8] verimliliği arttırmak için kekleri önceden şekillendirme avantajı ile Amerikan tasarımı hidrolik presleri piyasaya sundu. Bu birleşik teknolojiyi kullanan tesisler daha çok Anglo-Amerikan yağ milleri olarak bilinirdi.

1800'lerin sonlarında, Alman şirketleri, filtre bezlerini gerektirmeyen, dikey oluklu varillerin içindeki yağlı tohumları presleyen kütüklerle, hidrolik kafes preslerini ortaya attılar. Ondokuzuncu yüzyılın sonuna kadar, hidrolik presli yağ milleri yağ ekstraksiyonu için standart teknoloji haline geldi.

1900'da, Alfred French, hidrolik pres teknolojisini geliştirmek amacıyla, Ohio, Piqua'da French Oil Mill Machinery Company'ı kurdu. French hidrolik presleri 1920'lerde A.B.D.'de endüstri standardı haline geldi [9]. Şekil 2.1, o dönemin tipik bir French hidrolik presini göstermektedir.

Hidrolik pres yağ milleri 1950'lere kadar kullanıldı, daha sonra daha az işçilik gerektiren ve daha yüksek hızlarda çalışan, sürekli vida tipi presler ve sürekli çözücü ekstraksiyon tesisleri bunların yerine geçti.

Zeytin yağ endüstrisi sadece bugün hala hidrolik presleri kullanan yağlı tohum endüstrisidir. Isı veya kimyasalları kullanmadan çalışan doğal zeytin yağı için ödenen ücretten dolayı bu olabilir.



Şekil 2.1. Hidrolik pres.

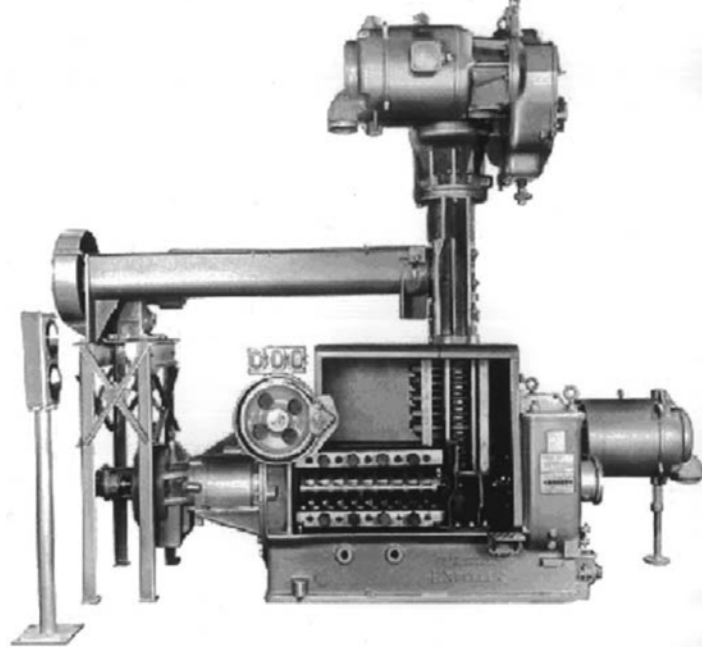
2.4. VIDA TİPİ PRES EKSTRAKSİYONU

1900'da, Valerius D. Anderson, Ohio, Cleveland'da mekanik vida tipi presi icat etti. Bu makinenin Birleşik Devletler patentini aldı [10]. Mekanik vida tipi pres radikal bir çıkıştı ve o zamanlar kullanılmakta olan hidrolik preslere nazaran önemli bir teknolojik gelişmeydi.

Mekanik vida tipi presin dikey bir besleyicisi ve yağlı materyal vida boyunca ilerledikçe gövde çapının artmasıyla basınç oluşturan yatay bir vida vardı. Vidayı çevreleyen varilin, önce havayı dışarı atmak ve sonra varil içindeki yağı çıkarmak için iç basıncın artmasını sağlayan, uzunluğu boyunca olukları vardı.

Çıkan yağ vidanın altında bir teknede toplandı ve yağı giderilmiş kek vidanın sonunda dışarı alındı. Mekanik vida tipi presin en önemli avantajı, sürekli yağ ekstraksiyonunun yapılabilmesi ve az bir işçilikle büyük miktarlarda yağlı materyallerle çalışmasıydı.

Şekil 2.2 ilk Anderson Ekspeller presini göstermektedir. 1900'lerin başında, birçok Avrupa şirketleri V. D. Anderson'un tasarımını geliştirdiler ve mekanik vida tipi preslerin üretimine başladılar.



Şekil 2.2. Ekspeller presi.

1930'larda, Birleşik Devletler patentinin süresi dolduktan sonra, diğer Amerikan firmaları aynısını yaptı. Bu makineler hidrolik preslerin çoğunun yerine geçebildi.

1951'de, V. D. Anderson Şirketi mekanik vida tipi preslemede yine öncüydü ve sürekli çözücü tesislerinden önce sürekli olarak yağlı materyalleri preslemek için mekanik vida tipi bir pres kullanan prosese ait olan Birleşik Devletler 2,551,254 nolu patentini aldı [11].

Geçen 100 yıl içinde, mekanik vida tipi pres tasarımında büyük gelişmeler olmuştur. İlk zamanlar kapasiteleri günde 5 ton kadar iken şimdi 100 ton kapasiteye çıkarıldı, hatta tam gün çalışmakla 800 tonluk kapasiteye de ulaşılabildi.

2.5. ÇÖZÜCÜ EKSTRAKSİYONU

1855'te, Fransa, Marseilles'de Deiss ilk çözücü ekstraksiyonunu uyguladı [7]. Kullanılmış zeytin keklerinde kalan zeytin yağını çözmek için karbon disülfür kullandı. Bu teknolojiye kesikli çözücü ekstraksiyon prosesi uygulandı, burada müteakip küspeden çözücü uzaklaştırılması işlemi gibi, materyal her iki ekstraksiyon prosesi için bir kazan tutuldu. Deiss 1856'da zeytin yağının kesikli ekstraksiyon prosesi patentini aldı [7].

Küçük kesikli çözücü ekstraksiyon tesisleri Fransa ve İtalya'da kuruldu ve 1870'e kadar, küçük kesikli çözücü işletmeleri Avrupa'da yayılmaya başladı. Daha büyük ölçekli çözücü ekstraksiyon tesisleri, ilk önce 1898'de başlayan, İngiltere, Hull'da Rose, Downs ve Thompson tarafından gerçekleştirildi [8].

1920'lerin başında, petrol esaslı çözücülerin ortaya çıkmasıyla, Alman kaşif Hildebrant sürekli karşıakımlı daldırmalı ekstraktörü keşfetti ve Alman kaşif Bollman sürekli iki aşamalı perkolasyon (süzme) ekstraktörünü keşfetti.

İlk ticari amaçlı sürekli çözücü ekstraksiyon işletmeleri, 1920'lerin sonlarında Almanya'da, Hamburg'ta Hansa-Muhle fabrikası tarafından kuruldu, buradaki ekstraktörler en büyük Hildebrant ekstraktörleriydi [12].

1934 ile 1937 arasında, Alman Hansa-Muhle Şirketi, Hildebrant tipi ekstraktörleri kullanan, Birleşik Devletlerdeki yağlı tohum imalatçılarına ilk sürekli çözücü ekstraksiyon tesislerini arzetti. Önde giden Alman teknolojisi II. Dünya Savaşı yüzünden geri kaldı.

Amerikan şirketi, Ohio, Piqua'da, French Oil Mill Machinery Company, 1939'da başlayan, çok aşamalı bir Bollman tipi perkolasyon ekstraktörünü kullanan, sürekli çözücü ekstraksiyon tesislerini geliştirdi [9].

Bundan hemen sonra, Belçika Şirketi, Ekstraksiyon De Smet, 1945'te sürekli çok aşamalı kayışlı tip ekstraktörlerin imalatına başladı. Ohio, Clevelanda'da V. D. Anderson 1948'de çözücü ekstraksiyon ekipman arz talebini sürekli Hildebrant tipi daldırmalı ekstraktörlerle birleştirdi [11].

Küçük ölçekli zincirli taşıyıcı tip bir ekstraktör, soya fasulyelerini ekstrakte etmek için trikloetilen çözücüsünün kullanılmaya başlanmasıyla Iowa Devlet Üniversitesi'nde 1940'larda geliştirildi. Minnesota, Minneapolis'te Crown Iron Works

teknoloji ve ekstraktör tasarımı lisansını aldı ve 1951’de yeni ekstraktör ve trikloretilen çözücüsünü kullanan çeşitli sürekli ekstraksiyon tesislerini teçhiz etti [12].

Bu tesislerden çıkan küspe hayvanlar için zararlıydı, bu nedenle tesisler ya kapandı ya da petrol esaslı çözücülere döndü [13]. Zincirli tip ekstraktör makinesi devam etti ve bugün kullanılan modern Crown Iron Works Model III ekstraktörünün esasını oluşturmaktadır.

Almanya’da ilk sürekli çözücü ekstraksiyon tesislerinde, Schnecken’in desolventizerde (çözücüyu ayırma makinesi) küspeden çözücü uzaklaştırıldı. Schnecken’in desolventizer tasarımı, küspeden çözücüyu ayırmak için dolaylı bir şekilde ısı uygulanan, biri diğerinin üzerine konulmuş, bir seri buhar ceketli taşıyıcılardan ibaretti. Bu, 1940’ların sonuna kadar bütün firmalar tarafından kullanıldı.

1939’da, Central Soya Company’de Kruse ve Soldner [14], suyu çözücüsü ayrılmış soya fasulyesi küspesine karıştıran ve küspenin kalitesini arttırmak için dikey üst üste koyulmuş bir pişiricide kurutan prosesin patentini aldı.

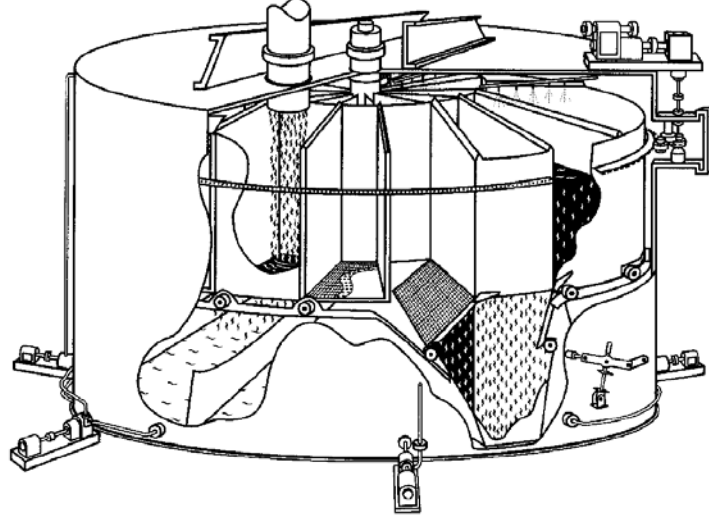
1940’ta, Archer Daniels Midland’da Hayward [15] küspenin “tost edilmesi” olarak bilinen, benzer bir prosesi tanıttı. 1948’de, French Oil Mill Machinery Company’de Hutchins ve Central Soya Company’de Kruse, bir makine ve soya fasulyesi küspesinde çözücüyu ayırma ve aynı tankta soya fasulyesi küspesini tost etme prosesini geliştirmek için birlikte çalıştılar.

Daha sonra aynı tank içinde alttaki tepsilerden geçerek iletilen dolaylı bir şekilde buhar kullanılarak yüksek oranda nem içeren küspe kurutuldu. Bu yeni makine, kısaca “DT” olarak gösterilen, desolventizer-tost edicinin bir kombinasyonu olarak bilindi. Hutchins makine patentini ve Kruse de DT ile ilgili proses patentini aldı [16, 17]. Bu yeni çözücü ayırma teknolojisi 1980’lere kadar gelişme seviyesi olarak bilindi.

New York, Buffalo’da Blaw Knox Company 1958’de rotari tipi sürekli çözücü ekstraktörünü keşfetti [18]. Rotari tipi ekstraktör, materyali dikey bir eksen etrafında yatay bir düzlemde dönen hücrelerde tuttu ve dört karşıakım ekstraksiyon aşamalarından ibaretti.

Bu makinenin Blaw Knox markası Rotosel Ekstraktördü (Rotocel® Extractor). Rotosel Ekstraktör dünya çapında ekipman imalatçıları lisansını aldı ve hemen çok popüler hale geldi.

Şekil 2.3, bir Rotosel Ekstraktörünü göstermektedir. Sabit Sepet Ekstraktör (Stationary Basket Extractor) adı verilen, benzer bir makine 1962’de French Oil Mill Machinery Company tarafından keşfedildi [9].



Şekil 2.3. Rotosel ekstraktörü.

Çözücü ekstraksiyon tesisleri 1960’larda ölçüyü büyütürken, DT’lerin kurutma tepsileri çoğu kez orantılı bir şekilde büyütülmedi. Müteakip akış yönünde bir küspe kurutma adımını gerektiren, DT’nin olması ile daha yüksek küspe nem miktarı ortaya çıkar. Küспенin kurutulması genellikle rotari borulu buharlı bir kurutucu kullanılarak yapılır.

1972’de, Alman Schumacher çoğu kez kısaca “DC” olarak bilinen, dikey üst üste koyulmuş küspe kurutucu-soğutucusunu (dryer-cooler) keşfetti. Bu makine küspeyi kurutmak için ısıtılmış havayı ve küspeyi soğutmak için de soğuk havayı kullandı.

DC yapı bakımından bir DT’ye benzerken, Schumacher, kısaca “DTDC” olarak bilinen, desolventizer-tost edici-kurutucu-soğutucunun (desolventizer-toaster-dryer-cooler) bir kombinasyonunu oluşturmak için, bir kurutucu-soğutucunun üzerinde bir desolventizer-tost ediciyi üst üste koyma fikrini de geliştirdi.

Çözücüyü ayırma teknolojisi 1970’lerin sonlarında Schumacher tarafından daha da geliştirildi. Orijinal Schumacher DT’sinin alttan enjekte edilen hareketli buharın geçtiği tek, dibi derin bir tepsisi vardı.

Alttan verilen buhar enjeksiyonu karşıakımla çözücünün sıyırılmasını ve tepsinin derin olması uygun tost yapma zamanı elde edilmesini sağlar. Tepsinin derin olmasıyla buhar dağılımı düzensizdi ve orijinal Schumacher DT'sini çalıştırmak zordu.

1980'e kadar, Schumacher, daha ince küspe tabakalarına destek olan ve daha düzgün bir şekilde küspeden geçmesi için buharın tankın dibinden girmesini sağlayan, delikli karşıakım tepsileri ile birlikte, tankın üst kısmında önceden çözücüyü ayıran tepsiler bulunduran, yenilenmiş bir Schumacher DT versiyonunu geliştirdi.

Schumacher, 1981'de yenilenmiş Schumacher DT'sinde kullanılan içi boş sürgü tipi delikli karşıakım tepsisi [19] patentini ve bu teknolojinin dünya çapında ekipman imalatçısı lisansını da aldı. Schumacher DT'si çoğu kez bir Schumacher DTDC'sini oluşturmak için bir DC'nin üzerine teçhiz edildi.

1985'te, French Oil Mill Machinery Company'nin Mason'u Schumacher DTDC tasarımının bir varyasyonunu geliştirdi. Mason tasarımı, boruların üst kısmında tek bir tablada çok deliklerin olduğu içi boş boru tipi delikli karşıakım tepsi tasarımını kullandı.

DC, ısıyı geri kazanmak amacıyla çözücü ekstraksiyon prosesine dönen buhar kurutma tepsilerinden çıkan su buharı ile, havayla kurutma tepsilerinden önce buharla kurutma tepsilerinin opsiyonu da bulundururdu. onatıldı.

Schumacher DT'sinin başka bir varyasyonu 1997'de geliştirildi ve dolaylı ısıtıcı yüzey ve karşıakım sıyırma buharının daha düzgün dağılması için oluklu bölme elemanlarının bir kombinasyonundan ibaret olan delikli bir karşıakım tepsisini kullanan, French Oil Mill Machinery Company'den Kemper ve Bunge Corporation'dan Farmer tarafından 1999'da patenti alındı [20].

Temel yağlı materyal ekstraksiyon uygulamaları için geliştirilen en son ekstraktör, sabit oluklu zemini ve Refleks Ekstraktör (Reflex[®] Extractor) olarak ticari markalı konik dişli sürücüsü olan rotari tipi bir ekstraktördür. Bu ekstraktör 1995'te French Oil Mill Machinery Company'de Kemper ve arkadaşları [21] tarafından geliştirildi ve 1997'de patenti alındı.

Refleks Ekstraktörü, Rotosel Ekstraktörü üzerine olan bir gelişmedir. Arjantin'de Louis Dreyfus çözücü ekstraksiyon tesisinde kurulan bu birimlerden biri dünyanın en büyük kapasiteli ekstraktörü olup, günde 9000 metrik tondan fazla soya fasulyesini işlemektedir.

Yağlı tohumlardan yağın çıkarılması için yaş proses, kuru proses ve çözücü ekstraksiyonu gibi çeşitli yöntemler vardır. Yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu için yarım yüzyıldan beri uzun süredir çözücü olarak heksan kullanılmaktadır.

Rao ve Arnold [22] ve Hassanen [23] alkollerle yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonunu incelediler. Yağlı tohumlardaki nem miktarı %3'ün altında olduğu zaman, sulu etanolün etkin bir ekstraksiyon çözücüsü olduğunu gösterdiler.

Diosady ve arkadaşları [24], çözücü ekstraksiyon hızının katı tanecik büyüklüğüne bağlı olduğunu gösterdiler. Kanola tohumlarının çözücü ekstraksiyonunu, laboratuvar tipi bir parçalayıcı ve küçük, araştırma amaçlı bir Szego milini kullanarak incelediler.

Yaptıkları laboratuvar testleri, tek bir temas aşamasında %95'ten fazla yağın ortamdaki uzaklaştırılabileceğini gösterdi. Temas zamanı ve çözücü tohum oranının etkileri incelediler. Szego milinin kolza tohumu gibi yemeklik yağlı tohumların hızlı ekstraksiyonu için uygun olabileceğini gösterdiler.

Nash ve Frankel [25], ince tabaka halindeki soya fasulyesini laboratuvar ortamında optimal miktardan daha az bir miktarda heksan ile ekstrakte ettiler ve yağ verimi, fosfolipid verimini ve fosfolipid bileşimini heksan hacminin bir fonksiyonu olarak karşılaştırdılar. Yağ verimi ve toplam fosfor miktarı heksanın sınırlı hacimleri ile azaldığını ve fosfolipid bileşenlerinin dağılımının hemen hemen aynı kaldığını ileri sürdüler.

Lyon ve Becker [26], bir pilot tesiste *Amaranthus cruentus* (horozibiği çiçeği) tohumlarından heksan ile yağ ekstraksiyonunu ve rafinasyonunu incelediler. Bu yağın rafinasyonu ve ağartılması için optimum şartları belirlediler. Elde ettikleri sarı renkli yağın görünüş ve bileşim bakımından mısır yağına benzediğini gösterdiler.

Snyder ve arkadaşları [27], soya fasulyelerinden toplam yağın ekstraksiyonu için yeni bir denge ekstraksiyon metodunu ileri sürdüler ve tanecik büyüklüğünün etkisini de incelediler.

Bu metodda bütün yağ ortamdaki uzaklaştırılmakla birlikte, bu esnada çözücü soya fasulyesi taneciklerinin içinde ve dışında çözünmüş yağ ile denge halindeydi. Filtreleme, buharlaştırma, tartma ve bir faktörle çarparak analizleri yaptılar.

Warren ve arkadaşları [28], kurutulmuş yumurta sarısından lipid bileşenlerin ekstraksiyonu üzerine çözücü sistemlerinin etkilerini araştırdılar. Bunun için heksan,

heksan:izopropanol (2:1) ve kloroform:metanol (2:1) sistemlerini ele aldılar ve ekstraksiyon sıcaklığının etkilerini ve çözücü-yumurta sarısı oranını incelediler.

Heksanın, polar çözücülere nazaran yağı ve fosfolipidi daha fazla ortamdan uzaklaştırırken, kolesterol ve pigmenti daha az uzaklaştırdığını tespit ettiler. Ekstraksiyon sıcaklığının lipid bileşenlerinin uzaklaştırılmasında daha az etkili olduğu halde, artan çözücü oranının daha fazla lipid bileşenlerini ekstrakte ettiler.

Attah ve Ibemesi [29], kauçuk, karpuz, balkabağı ve yağ fasulyesi tohumlarının çözücü ekstraksiyonunu ele aldılar. Kauçuk [*Hevea brasiliensis* (Kunth) Muell. Arg.], karpuz [*Colocynthis vulgaris* Schrad], çizgili kabak [*Telfairia occidentalis* Hook f.] ve yağ fasulyesi [*Pentaclethra macrophylla* Benth] tohumlarından yağ ekstrakte etmek için farklı dielektrik sabiti olan çözücüleri (petrol benzeni, sikloheksan, izopropil eter, etil asetat, tetrahidrofuran, propan-2-ol ve aseton) kullandılar. Yağ verimi ve yağın özellikleri üzerine çözücü polaritesinin etkisini incelediler.

Nieh ve Snyder [30], öğütülmüş haldeki soya unundan yağın çözücü ekstraksiyonunu ele alarak ekstraksiyon hızını, bir karışıma ekstraksiyon sistemini ve yağ kalitesini incelediler. Bir kolonda ya ince un halinde ya da pul halindeki soya parçacıklarından yaptıkları yağ ekstraksiyon hızlarının ölçümleri ile, undan yağ ekstraksiyonunun çözücü hacmine bağlı olduğunu, ama pul halindeki parçacıklardan olan yağ ekstraksiyonunun çözücünün hacminden ziyade temas süresine bağlı olduğunu gösterdiler.

Nieh ve Snyder [31], heksan ve sulu etanolden ibaret iki çözücü kullanarak bir pilot tesiste soya unundan yağın çözücü ekstraksiyonunu incelediler. Pilot tesisteki ham yağ, 15 ppm fosfor içeriyordu ve hafif bir asitle yapılan bir önışlem ve ağartma işleminden sonra fiziksel rafinasyon için uygundu.

Rafine yağın 1.4 sarı ve 0.3 kırmızı bir lovibond rengi vardı. Pilot tesiste yaptıkları çalışmada, soya fasulyelerinin öğütülmesi ve miselladan katının ayrılmasının ince un ile çözücü ekstraksiyonunda en zor adımlar olduğunu tespit ettiler.

Sulu etanol ile küspeden misellanın ayrılması ile ilgili laboratuvar çalışmasında, tutulan hacim miktarının azaldığını gördüler, ama bütün misellayı çekemediler. Betakaroten ile yaptıkları bir test, sadece un taneciklerinin dışındaki misellanın çıktığını gösterdiler.

İkinci bir çözücü olarak kullandıkları sulu etanol çözeltileri ile küspeden, ilaveten trigliserid olmayan maddeleri (özellikle fosfolipidleri) ekstrakte ettiler. Ayrıca, sulu etanol çözeltisi ile yaptıkları yıkama işlemi sayesinde de yağın serbest yağ asidi miktarını arttırdılar.

Karlovic ve arkadaşları [32], mısır özünden heksan ile yağ ekstraksiyon kinetiği üzerine sıcaklığın ve nem miktarının etkisini incelediler. Ekstraksiyon sıcaklığı 52.5-57.5°C aralığında iken, ekstrakte edilen materyaldeki nem miktarı %8-12 aralığındaydı. Nem miktarında %12'den %8'e olan bir azalma ile ekstraksiyon hızının iki misli olduğunu gösterdiler.

Buna karşılık, incelenen aralıktaki sıcaklık değişikliklerinin ekstraksiyon gidişatı üzerine büyük bir etkisinin olmadığını gördüler. Yağ ekstraksiyon kinetiğini Leningrad Yağ Enstitüsünde geliştirilen metoda (VNIIZh metodu) göre tayin ettiler.

Hron ve arkadaşları [33], pamuk tohumunun asidik etanol ekstraksiyonunu incelediler. Burada pamuk tohumunun ekstraksiyonu için heksana alternatif bir çözücü olarak etanolü değerlendirdiler. Etkin yağ ve aflatoksin ekstraksiyonu için düşündükleri etanol gossipolü proteine bağladığını gördüler.

Ancak, sulu etanol fosforik veya sitrik gibi tribazik bir asitle asidleştirerek bu bağlanmayı azaltabildiler. Bu çözücünün yağı ve gossipolü ekstrakte ederken, etanolün aflatoksini ekstrakte etmesinde etkili olmadığını tespit ettiler.

Bizimana ve arkadaşları [34], avokado meyvesinin orta kabuk dokusundan yağ ekstraksiyonu incelediler. 5:1 su-avokado oranında, pH 5.5'te ve 12,300×g santrifüj kuvvetinde en yüksek verimleri elde ettiler. %5 CaCO₃ veya CaSO₄ ilave ederek organik çözücülere gerek kalmadan ekstraksiyonu gerçekleştirdiler. Isıtma sıcaklığı (75-98°C) ve yağ ekstraksiyon zamanı arasında bir ilişki kurdular. %70-80 arasında optimum yağ verimleri elde ettiler.

Wan ve arkadaşları [35], özellikle pamuk tohumundan yağ ekstraksiyonu için heksana alternatif hidrokarbon çözücüleri olarak n-heptan, izoheksan, neoheksan, sikloheksan ve siklopentanı kullandılar.

Çözücünün kaynama noktasından daha aşağıda 10-45°C arasındaki bir sıcaklıkta 5.5 ile 1 (ağırlıkça) oranında bir çözücünün ince tabaka halindeki pamuk tohumu ve 36 mL/dk/cm² (9 gal/dk/ft²) olan bir misella geri akım hızı ile ekstraksiyonlar yaptılar.

10 dakikalık bir tek aşamalı bir ekstraksiyondan sonra, heksan ile 55°C'de %100, heptan ile 75°C'de %100 ve 55°C'de %95.9, izoheksan ile 45°C'de %93.1, siklopentan ile 35°C'de %93.3, sikloheksan ile 55°C'de %89.4 ve neoheksan ile de 35°C'de % 89.6 oranında yağ ekstrakte ettiler. Bu çözücüler arasında heptan ve izoheksanın heksanın yerine alternatif bir çözücü olabileceğini gösterdiler.

Wan ve arkadaşları [36], pamuk tohumu ekstraksiyonu için alternatif hidrokarbon çözücü olarak, yıllardır pamuk tohumundan yağ ekstraksiyonu için kullanılan heksanın yerine heptan ve izoheksanı önerdiler. İzoheksan ve heptanın ekstraksiyon verimlerini, ekstraksiyon zamanını, küspede kalan yağı, misella yağının rafine ve ağartılmış rengini ve çözücü kaybını heksanın değerleriyle karşılaştırdılar.

Çertik ve arkadaşlar [37], mantardan ekstrakte edilen γ -linolenik asid içeren lipid sınıflarının lipid verimi ve yağ asidi bileşimine ekstraksiyon metodlarının etkisini incelediler. On yedi ekstraksiyon metodunu üç gruba ayırarak test ettiler, bunlardan altısı kloroform/metanol, beşi heksan/alkoller ve altısı bilinen çözücüler veya karışımlardır. Kloroform/metanol işlemini (2:1) standard olarak seçtiler, burada lipid verimini (kuru hücre ağırlığına karşılık gelen toplam lipid) %17.8 olarak buldular.

Bütün kloroform/metanol ekstraksiyonları ile %83'ten daha fazla lipid elde ettiler. Heksan/izopropanol çözücü sistemlerini kullanarak maksimum %75 verime ulaştılar. Etanol ve heksan ile iki aşamalı bir ekstraksiyon sayesinde en iyi lipid verimini elde ettiler (%120). Diğer çözücü sistemleriyle maksimum %73 bir ekstraksiyon verimini buldular.

Normal oda sıcaklığında heksan ve izopropanol ile pirinç kepeği yağının ekstraksiyonu Procter ve Bowen [38] tarafından incelendi. 20 mL çözücüyü 2 g kepeği ekstrakte etmek için kullandıklarında, izopropanolün heksan kadar etkili olduğunu gördüler.

Her iki çözücüde serbest yağ asidi düzeylerini %2-3 oranında buldular. 30 g kepek ve 150 mL çözücü ile yaptıkları yağ ekstraksiyonlarında benzer serbest yağ asidi miktarını ve yaklaşık olarak 500 ppm kadar bir fosfor düzeyini elde ettiler. İzopropanol ile ekstrakte edilen yağın, heksan ile ekstrakte edilen yağdan ısıyla olan oksidasyona karşı daha dayanıklı olduğunu gösterdiler.

Pulslu ve pulslu olmayan ekstraktörlerde kısmen yağı giderilmiş ve preslenmiş ayçiçek tohumlarından etanol ile yağ ekstraksiyonu Sineiro ve arkadaşları [39]

tarafından karşılaştırıldı. Pulsu bir akım ile kısa ekstraksiyon periyotlarından (6.06 kalma süresine kadar) sonra yağ verimini %8.7'ye kadar arttırdılar.

Kuk ve Hron [40], izoheksan ve alkol (etanol ve izopropil alkol) karışımlarından ibaret bir çözücü sistemini pamuk tohumundan gossipol ve yağ ekstraksiyonu için uyguladılar.

Elde ettikleri sonuçlara göre, bu çözücü sisteminin sadece pamuk tohumundaki serbest ve toplam gossipolün uzaklaştırılmasında etkili olmadığını, yağ ekstraksiyonu için heksan kadar da etkili olduğunu ileri sürdüler. Yeni çözücü sistemi ile elde edilen pamuk tohumu küspesinin amino asid analizinin, heksan ile elde edilen analize benzediğini gördüler.

Topallar ve Geçgel [41], 30, 40, 50 ve 60°C'de sulu HCl, H₂SO₄ ve H₃PO₄ çözeltilerinde n-heksan ile ayçiçek tohumlarından yağ ekstraksiyon kinetiği ve termodinamiğini incelediler.

Ekstraksiyon için optimum asid konsantrasyonunu %10 olarak buldular. Sülfürük asid içeren n-heksan ile en yüksek yağ verimini elde ettiler. Ekstraksiyon prosesini yüzde yağ veriminin zamana karşı değişimini inceleyerek gözlediler ve diferansiyel metod ile birinci dereceden bir kinetiği elde ettiler.

Kwiatkowski ve Cheryan [42], çözücü olarak etanolü kullanmak suretiyle öğütülmüş mısırdan yağın tamamını ekstrakte ettiler. Yağ verimini sıcaklık, ekstraksiyon zamanı, çözücü-katı oranı ve etanol konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak ölçtüler.

4 mL/g mısır olan bir çözücü-katı oranı, %100 bir etanol konsantrasyonu, 30 dk ekstraksiyon zamanı ve 50°C sıcaklığın olduğu optimal şartları elde ettiler. Bu şartlar altında, tek işlemlerle bir ekstraksiyon ile %70 ekstraksiyon verimine eşdeğer olan ~3.3 g yağ/100 g mısır verimi elde ettiler. Aynı mısırın taze etanol ile işleme maruz kaldığı, üç aşamalı bir ekstraksiyonda, mısırdaki %93 yağ verimine eşdeğer ~4.5 g/100 g değerini buldular.

Kuk ve arkadaşları [43], %10 ile %75 arasında değişen aseton konsantrasyonları ile, n-heksan ve aseton karışımları ile pamuk tohumunu ekstrakte ettiler. N-heksana az miktarda aseton ($\leq 25\%$) ilave ederek serbest ve toplam gossipolün ekstraksiyonunu arttırdılar. Saf n-heksan ile aşağı yukarı %47 serbest gossipolü ekstrakte ederken, 10:90 oranındaki aseton/heksan karışımı ile %80'den fazla serbest gossipolü uzaklaştırdılar.

Cruz ve arkadaşları [44], sıcak suyla yapılan bir ön işlemin zeytin yağ ekstraksiyonuna etkisini belirlemek için, zeytinleri 50, 55 ve 60°C'ye ısıttılar. Isıyla muamele işlemi ile ısıtılmamış numunelere nazaran daha yüksek verimli yağ ekstraksiyonu elde ettiler. Bununla birlikte, yağ dayanıklılığının ve acılaştırmanın azaldığını ve pigment miktarının ön ısı işlemi sayesinde arttığını tespit ettiler.

Meziane ve Kadi [45], %96'lık etanol kullanarak zeytin küspesinden yağ ekstraksiyon kinetiğini ve termodinamiğini farklı çözücü-katı oranlarında ve sıcaklıklarda incelediler. Kinetik çalışmada, So ve Macdonald'ın [46] modeline göre elde edilen sonuçlar, deneysel verilerle iyi bir uyum içerisinde olduğunu anladılar. Ekstrakte edilen yağ veriminin temas zamanı, çözücü-katı oranı ve ekstraksiyon sıcaklığının artmasıyla arttığını gözlediler.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. KULLANILAN MADDELER

Ayçiçek, mısır ve kanola tohumları Olin Yağ Sanayi'den temin edilmiştir. Diğer kullanılan kimyasallar heksan (C₆H₁₄), hidroklorik asid (HCl), sülfürik asid (H₂SO₄), kalsiyum hidroksit (Ca(OH)₂), sodyum hidroksit (NaOH), sodyum klorür (NaCl), sodyum sülfat (NaSO₄) ve kalsiyum klorür (CaCl₂) Merck ürünü olup analitik saflıktadır.

3.2. KULLANILAN ALETLER

Hassas terazi: Precisa XB22A (Maksimum 220 g, minimum 0.01 g)

Manyetik karıştırıcı: Yellow Line MSH Basic (2000 rpm 240 V güç, 415 W)

Isıtıcı tabla: Chiltren Hotplate Magnetic Stirrer HS31 (220/240 V)

Etüv: Elektro-Mag yapımı (0-300°C)

Öğütücü: Bosch blender

Densitometre: Anton Paar DMA 4500, Graz, Avusturya.

3.3. KULLANILAN METODLAR

3.3.1. NUMUNE HAZIRLANMASI

Olin Yağ Sanayi'den temin edilen ve yabancı maddeleri temizlenen ayçiçeği, kanola ve mısır tohumları öğütücüden geçirildikten sonra gayet küçük tanecikler haline getirildi.

Kırılmış ve öğütülmüş, hassas terazide tartılmış olan 10 g ayçiçek, kanola ve mısır numuneleri ekstraksiyondan önce etüvde 100°C'de tutularak kurutuldu ve oda sıcaklığına kadar bir desikatörde soğutuldu.

3.3.2. ELEKTROLİT ÇÖZELTİLERİNİN HAZIRLANMASI

Eldeki stok derişik asid, baz ve tuz çözeltilerinden saf suyla seyreltmek suretiyle 0-5 M arasında çeşitli konsantrasyonlarda kuvvetli elektrolitlerin (HCl, H₂SO₄, NaOH, Ca(OH)₂, NaCl, Na₂SO₄, CaCl₂) çözeltileri hazırlandı.

3.3.3. EKSTRAKSİYON İŞLEMİ

Ekstraksiyon kabı olarak 500 mL'lik iki boyunlu bir cam balon kullanıldı. Büyük olan boyuna bir geri soğutucu takıldı. Küçüğüne de balonun içindeki sıcaklığın kontrol edilmesi için termometre konuldu. Ekstraksiyon esnasında hem ısıtma (60°C'de) hem de karıştırma işlemi termostatlı manyetik karıştırıcı sayesinde yapıldı.

Ekstraksiyon balonuna önce 100 mL istenilen konsantrasyonda elektrolit çözeltisi ve 100 mL heksan koyuldu. Daha sonra üzerine önceden etüvde kurutulmuş 10 g yağlı tohum numunesi ilave edildi.

Çalışma sıcaklığına (60°C'ye) ulaşıldığında ve sıcaklık sabit kalmak şartı ile bir saatlik ekstraksiyon işlemi yapıldı. Ekstraksiyondan sonra destilasyon işlemi sayesinde önce heksan uzaklaştırıldı. Kalan su ve yağdan oluşan heterojen karışım, küçük bir dereceli kaba alınarak yağlı kısmın hacmi bulundu. Her bir yağın 25°C'de dansitometre ile tayin edilen yoğunlukları (ayçiçek yağı, 0.9172 g/mL; kanola yağı, 0.9133 g/mL; ve mısır yağı, 0.9153 g/mL) sayesinde kütleli miktarı hesaplanarak yüzde yağ verimi değerleri bulundu.

Her yağlı tohumun ekstraksiyonu için, her bir elektrolitin önce 0-5 M arasında 0.1 M aralıklarla elektrolit çözeltileri kullanılarak maksimum yüzde yağ veriminin elde edildiği elektrolit konsantrasyonu belirlendi ve sonra da daha düşük elektrolit konsantrasyonlarında bu maksimum değer aralığı genişletilerek (gerektiğinde 0.01 M aralıklarla) daha belirgin olan maksimum yüzde yağ verimi değeri tespit edildi.

Yağ endüstrisinde uygulanmakta olan ekstraksiyon sıcaklığı 60°C olduğu için [1], bu sıcaklıkta endüstriyel açıdan ekstraksiyon yağ verimlerini karşılaştırabilmek amacıyla bütün ekstraksiyon deneyleri de aynı sıcaklıkta gerçekleştirildi.

4. SONUÇLAR

4.1. YAĞ EKSTRAKSİYON VERİMLERİ

Tablo 4.1. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki asid çözeltileri ile ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | HCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | H ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|-----|-----------------------------------|--|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 5.0 | 1.5 |
| 0.2 | 9.7 | 3.0 |
| 0.3 | 15.0 | 5.0 |
| 0.4 | 22.0 | 6.8 |
| 0.5 | 30.0 | 9.0 |
| 0.6 | 24.0 | 11.3 |
| 0.7 | 18.5 | 13.8 |
| 0.8 | 14.5 | 17.0 |
| 0.9 | 11.5 | 21.0 |
| 1.0 | — | 26.0 |
| 1.1 | 8.9 | 31.0 |
| 1.2 | — | 35.0 |
| 1.3 | — | 37.6 |
| 1.4 | 6.5 | 39.5 |
| 1.5 | — | 40.0 |
| 1.6 | — | 39.2 |
| 1.7 | 5.5 | 37.0 |
| 1.8 | — | 34.2 |
| 1.9 | — | 32.0 |
| 2.0 | 4.8 | — |
| 2.2 | — | 27.0 |
| 2.6 | 3.7 | 22.0 |
| 3.0 | 2.7 | 19.5 |

Tablo 4.2. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki baz çözeltileri ile ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaOH ile % yağ ekstraksiyon verimi | Ca(OH) ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|------|------------------------------------|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| 0.01 | 9.0 | 5.0 |
| 0.02 | 14.5 | 10.5 |
| 0.03 | 18.0 | 16.0 |
| 0.04 | 20.5 | 19.5 |
| 0.05 | 22.0 | 20 |
| 0.06 | 23.0 | 19.7 |
| 0.07 | 23.8 | 19.2 |
| 0.08 | 24.3 | — |
| 0.09 | 24.7 | 18.2 |
| 0.10 | 25.0 | — |
| 0.11 | 24.8 | 17.4 |
| 0.13 | 24.1 | 16.8 |
| 0.15 | 23.2 | 16.2 |
| 0.2 | 21.4 | 14.5 |
| 0.3 | 18.0 | 11.5 |

Tablo 4.3. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki tuz çözeltileri ile ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | Na ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi | CaCl ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|-----|------------------------------------|---|---|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 1.0 | 8.5 | 5.0 |
| 0.2 | 2.1 | 14.5 | 7.5 |
| 0.3 | 3.7 | 19.7 | 9.1 |
| 0.4 | 6.0 | 23.0 | 9.8 |
| 0.5 | 9.0 | 24.5 | 10.0 |
| 0.6 | 12.3 | 25.0 | 9.7 |
| 0.7 | 17.0 | 24.7 | 8.9 |
| 0.8 | 23.0 | 24.2 | 7.5 |
| 0.9 | 28.0 | — | — |
| 1.0 | 30.0 | 22.8 | 5.0 |
| 1.1 | 29.5 | — | — |
| 1.2 | 28.9 | 21.2 | — |
| 1.3 | — | — | 3.4 |
| 1.4 | 27.2 | 19.8 | — |
| 1.6 | 25.7 | 18.4 | 2.6 |
| 1.9 | 24.0 | 16.5 | 2.1 |
| 2.4 | 22.0 | 14.5 | 1.4 |
| 3.0 | 20.0 | 12.0 | 0.8 |

Tablo 4.4. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki asid çözeltileri ile kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | HCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | H ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|-----|-----------------------------------|--|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 3.0 | 5.0 |
| 0.2 | 7.0 | 10.0 |
| 0.3 | 10.5 | 15.0 |
| 0.4 | 14.8 | 20.0 |
| 0.5 | 18.7 | 25.0 |
| 0.6 | 22.6 | 29.0 |
| 0.7 | 26.5 | 32.0 |
| 0.8 | 30.0 | 34.5 |
| 0.9 | 28.0 | 37.0 |
| 1.0 | 24.0 | 38.0 |
| 1.1 | 20.0 | 36.5 |
| 1.2 | 16.0 | 34.0 |
| 1.3 | — | 31.5 |
| 1.4 | 11.0 | 29.0 |
| 1.6 | 7.5 | 25.0 |
| 1.8 | 5.0 | 21.5 |
| 2.0 | 2.6 | 18.0 |

Tablo 4.5. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki baz çözeltileri ile kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaOH ile % yağ ekstraksiyon verimi | Ca(OH) ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|-----|------------------------------------|---|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 1.1 | 3.2 |
| 0.2 | 2.2 | 5.9 |
| 0.3 | 3.3 | 7.8 |
| 0.4 | 4.4 | 9.1 |
| 0.5 | 5.6 | 10 |
| 0.6 | 7.0 | 9.3 |
| 0.7 | 8.7 | 8.2 |
| 0.8 | 10.5 | 7.3 |
| 0.9 | 12.7 | — |
| 1.0 | 15.0 | 6.1 |
| 1.1 | 17.0 | — |
| 1.2 | 19.0 | — |
| 1.3 | 20.8 | 5.2 |
| 1.4 | 22.0 | — |
| 1.5 | 22.5 | — |
| 1.6 | 22.3 | 4.7 |
| 1.7 | 21.8 | — |
| 1.9 | 21.0 | 4.4 |
| 2.4 | 18.8 | 3.8 |
| 3.0 | 16.7 | 3.1 |

Tablo 4.6. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki tuz çözeltileri ile kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | Na ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi | CaCl ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|------|------------------------------------|---|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 4.0 | 5.0 | 3.0 |
| 0.2 | 9.0 | 10.0 | 7.0 |
| 0.3 | 12.6 | 15.0 | 10.0 |
| 0.4 | 15.5 | 18.5 | 13.7 |
| 0.5 | 17.5 | 19.8 | 15.0 |
| 0.6 | 19.0 | 20.0 | 14.5 |
| 0.7 | 20.2 | 19.3 | 13.5 |
| 0.8 | 21.0 | 18.5 | |
| 0.9 | 21.6 | 17.8 | 11.4 |
| 1.0 | 22.0 | — | — |
| 1.1 | 21.9 | 16.4 | 9.5 |
| 1.2 | 21.5 | — | — |
| 1.3 | 21.1 | 14.9 | 7.5 |
| 1.5 | 20.4 | 13.2 | 6.0 |
| 1.7 | 19.5 | 11.8 | 5.0 |
| 1.9 | 18.6 | 10.6 | 4.2 |
| 2.2 | 17.1 | 9.0 | 3.2 |
| 2.6 | 15.2 | 7.2 | 2.6 |
| 3.0 | 13.3 | 5.5 | 2.5 |

Tablo 4.7. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki asid çözeltileri ile mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | HCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | H ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|------|-----------------------------------|--|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 0.2 | 0.6 |
| 0.2 | 0.5 | 1.2 |
| 0.3 | 0.9 | 1.7 |
| 0.4 | 1.4 | 2.3 |
| 0.5 | 2.0 | 3.0 |
| 0.6 | 2.7 | 3.6 |
| 0.7 | 3.3 | 4.1 |
| 0.8 | 3.8 | 4.4 |
| 0.9 | 4.1 | 4.6 |
| 1.0 | 4.3 | 4.8 |
| 1.1 | 4.2 | 4.9 |
| 1.2 | — | 5.0 |
| 1.3 | 3.9 | 4.9 |
| 1.5 | 3.6 | 4.7 |
| 1.7 | 3.3 | 4.4 |
| 1.9 | 3.0 | 4.1 |
| 2.2 | 2.5 | 3.6 |
| 2.6 | 1.9 | 3.1 |
| 3.0 | 1.4 | 2.5 |

Tablo 4.8. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki baz çözeltileri ile mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaOH ile % yağ ekstraksiyon verimi | Ca(OH) ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|------|------------------------------------|---|
| 0.00 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 0.5 | 0.3 |
| 0.2 | 1.1 | 0.7 |
| 0.3 | 1.7 | 1.2 |
| 0.4 | 2.2 | 1.7 |
| 0.5 | 2.6 | 2.2 |
| 0.6 | 3.0 | 2.7 |
| 0.7 | 3.3 | 2.9 |
| 0.8 | 3.6 | 2.8 |
| 0.9 | 3.8 | 2.7 |
| 1.0 | 3.9 | 2.6 |
| 1.1 | 3.8 | — |
| 1.2 | 3.6 | 2.3 |
| 1.4 | 3.2 | 2.0 |
| 1.6 | 2.8 | 1.7 |
| 1.8 | 2.4 | 1.4 |
| 2.0 | 2.1 | 1.1 |

Tablo 4.9. 60°C’de 100 mL heksan ve 100 mL değişik konsantrasyonlardaki tuz çözeltileri ile mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimleri.

| C/M | NaCl ile % yağ ekstraksiyon verimi | Na ₂ SO ₄ ile % yağ ekstraksiyon verimi | CaCl ₂ ile % yağ ekstraksiyon verimi |
|-----|------------------------------------|---|---|
| 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| 0.1 | 1.0 | 0.7 | 0.2 |
| 0.2 | 1.6 | 1.2 | 0.4 |
| 0.3 | 2.2 | 1.7 | 0.6 |
| 0.4 | 2.8 | 2.1 | 0.9 |
| 0.5 | 3.2 | 2.6 | 1.2 |
| 0.6 | 3.1 | 2.9 | 1.5 |
| 0.7 | 3.0 | 2.7 | 1.9 |
| 0.8 | 2.8 | 2.5 | 2.2 |
| 0.9 | — | — | 2.0 |
| 1.0 | 2.4 | 2.1 | 1.8 |
| 1.1 | — | — | 1.6 |
| 1.2 | 1.9 | 1.7 | 1.4 |
| 1.3 | — | — | 1.2 |
| 1.4 | 1.5 | 1.3 | 1.0 |

5. TARTIŞMA

Elektrolitlerin yağ ekstraksiyonuna etkisini incelemeyen önce sadece heksan ile yapılan ekstraksiyon işlemi sonucunda ayçiçek tohumlarından %45, kanola için %35 ve mısır için ise %4 oranında yağ elde edildi.

Diğer taraftan, literatür değerleri ise ayçiçek için %30-45 [47], kanola için %35-44 [48] ve mısır için %3-5 oranında [49] olup, elde edilen değerler literatürdeki değerlerle karşılaştırıldığında uyum içerisinde olduğu anlaşılmaktadır.

Yapılan ön denemelerde, önce değişik oranlarda heksan ve elektrolit alınarak en fazla olan yağ verimi tayin edildi. Ancak, elektrolite göre heksan oranı %50'den daha düşük %40, 30 ve 20 gibi oranlarda alındığı zaman, bulunan yağ verimleri literatür değerlerinden çok aşağısında olduğu için, bu düşük oranlardaki ekstraksiyonlar göz önünde tutulmadı.

Sadece %50 oranı, yani heksan ve elektrolit aynı miktarda (100 mL heksan ve sulu 100 mL elektrolit) olmak şartıyla, yapılan ekstraksiyonların verimi literatür deperlerine çok yakın olduğundan deneylerde daima bu oran dikkate alındı.

Ayçiçek yağının heksan ile birlikte suda değişik asid konsantrasyonlarında yapılan ekstraksiyonlarında, hidroklorik asid (HCl) ile 0.5 molar da en fazla %30 yağ verimi, sülfürik asid (H₂SO₄) ile ise 1.5 molar da en fazla %40 (Tablo 4.1 ve Şekil 5.1); bazlarla olan ekstraksiyonlarda, sodyum hidroksid (NaOH) ile 0.1 molar da %25, kalsiyum hidroksid (Ca(OH)₂) ile 0.05 molar da %20 (Tablo 4.2 ve Şekil 5.2); tuzlarla olan ekstraksiyonlarda ise, sodyum klorür (NaCl) ile 1.0 molar da %30, sodyum sülfat (Na₂SO₄) ile 0.6 molar da %25 ve kalsiyum klorür (CaCl₂) ile 0.5 molar da %10 yağ verimi elde edildi (Tablo 4.3 ve Şekil 5.3).

Kanola yağının heksan ile birlikte suda değişik asid konsantrasyonlarında yapılan ekstraksiyonlarında, HCl ile 0.8 molar da en fazla %30 yağ verimi, H₂SO₄ ile ise 1.0 molar da en fazla %38 (Tablo 4.4 ve Şekil 5.4); bazlarla olan ekstraksiyonlarda, NaOH ile 1.5 molar da %22.5, kalsiyum hidroksid (Ca(OH)₂) ile 0.6 molar da %9.3 (Tablo 4.5 ve Şekil 5.5); tuzlarla olan ekstraksiyonlarda ise, NaCl ile 1.0 molar da %22, Na₂SO₄ ile 0.6 molar da %20 ve CaCl₂ ile 0.5 molar da %15 yağ verimi bulundu (Tablo 4.6 ve Şekil 5.6).

Mısır yağının heksan ile birlikte suda değişik asid konsantrasyonlarında yapılan ekstraksiyonlarında, HCl ile 1.0 molar da en fazla %4.3 yağ verimi, H₂SO₄ ile ise 1.2 molar da en fazla %5.0 (Tablo 4.7 ve Şekil 5.7); bazlarla olan ekstraksiyonlarda, NaOH ile 1.0 molar da %3.9, kalsiyum hidroksid (Ca(OH)₂) ile 0.7 molar da %2.9 (Tablo 4.8 ve Şekil 5.8); tuzlarla olan ekstraksiyonlarda ise, NaCl ile 0.5 molar da %3.2, Na₂SO₄ ile 0.6 molar da %2.9 ve CaCl₂ ile 0.8 molar da %2.2 yağ verimi değerleri tayin edildi (Tablo 4.9 ve Şekil 5.9).

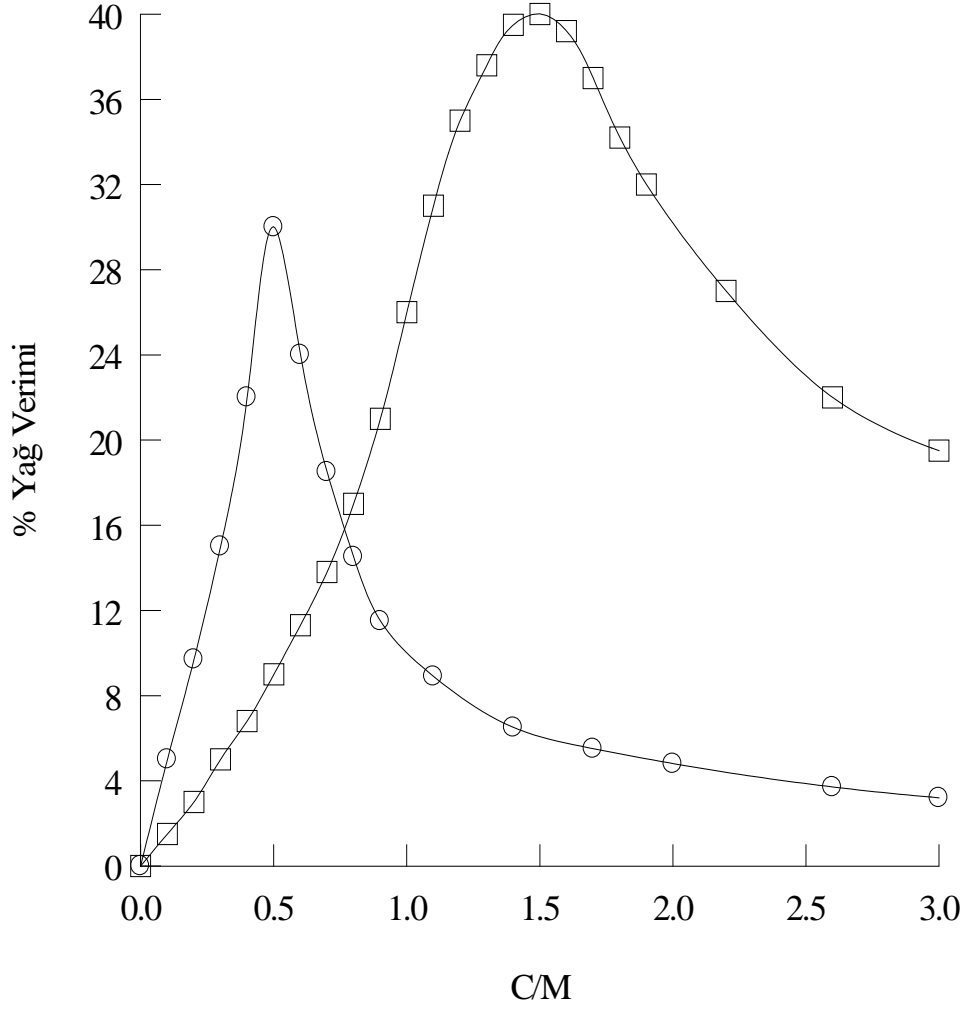
Asidlerle yapılan ekstraksiyonlarda H₂SO₄, HCl'ye nazaran bir hidrojen daha fazla içerdiğinden dolayı daha etkili olduğu görülmektedir. Bazlarla olan ekstraksiyonlarda, Ca²⁺ iyonu Na⁺ iyonundan daha hacimli olduğu için yağ hücrelerine girişi daha zor olduğundan dolayı, Na⁺ iyonuna nazaran pek fazla etkili olamadığı saptandı.

Tuzlarla ise, NaCl tuzunun diğer iki tuza nazaran daha etkili olduğu anlaşıldı. Bu tuzların ikisinde (NaCl ve Na₂SO₄) sodyum iyonu diğerinde (CaCl₂) ise kalsiyum iyonu vardır.

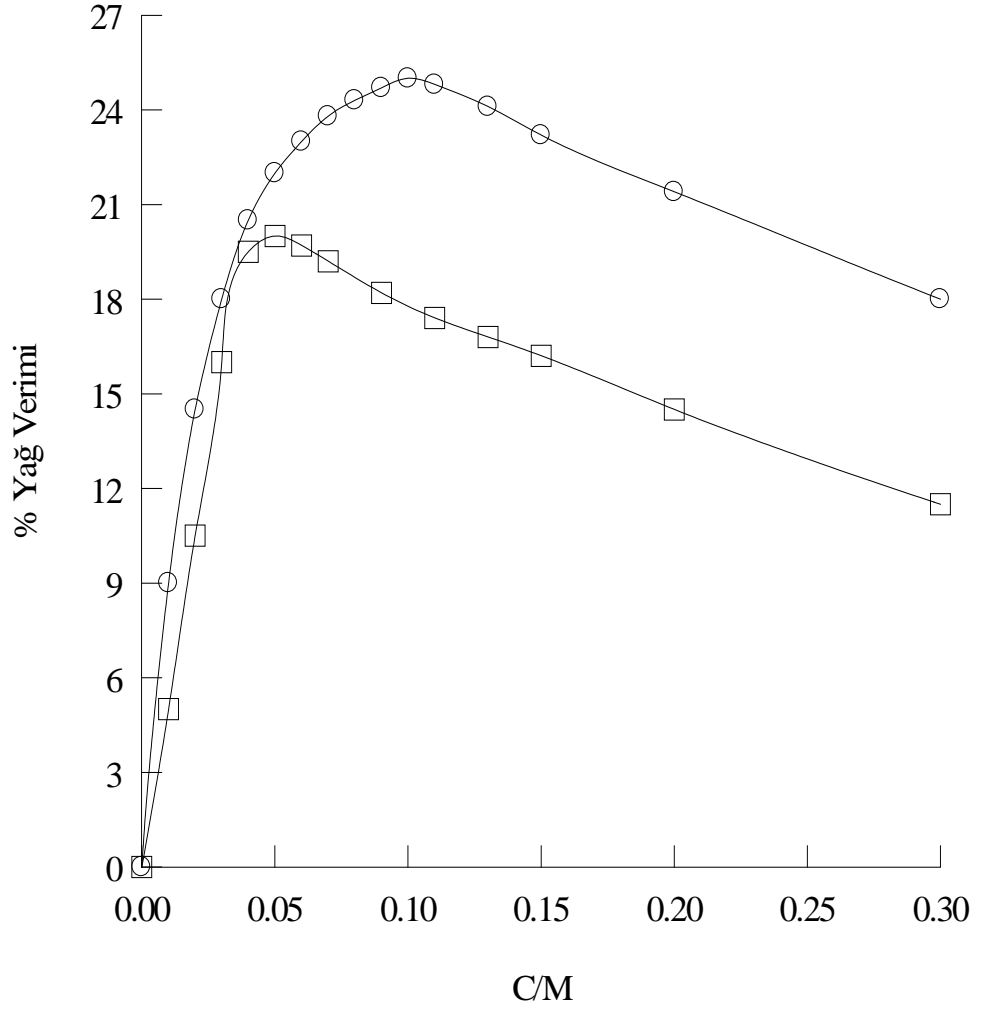
Yine burada da Ca²⁺ iyonu Na⁺ iyonundan daha hacimli olup, yağ hücrelerine girişi daha zor olduğu için, Na⁺ iyonuna nazaran pek fazla etkili olamadığı görüldü. Na⁺ iyonu içeren iki tuzdan sadece NaCl, Na₂SO₄'e nazaran daha etkili oldu. Burada SO₄²⁻ iyonunun Cl⁻ iyonuna göre yağ ekstraksiyonunu azalttığı anlaşıldı.

Bütün bu sonuçlara göre yağlı tohumlardan yağ ekstraksiyonu için, asid, baz ve tuzların arasında en etkili kuvvetli elektrolitin H₂SO₄ olduğu sonucuna varıldı. Ekstraksiyon deneylerinde 100 mL heksan ve 100 mL sulu elektrolit çözeltisi kullanıldığı için, gerekli olan heksan miktarı %50 oranında azalmış olup, ekonomik açıdan büyük bir kazanç sağlayacaktır.

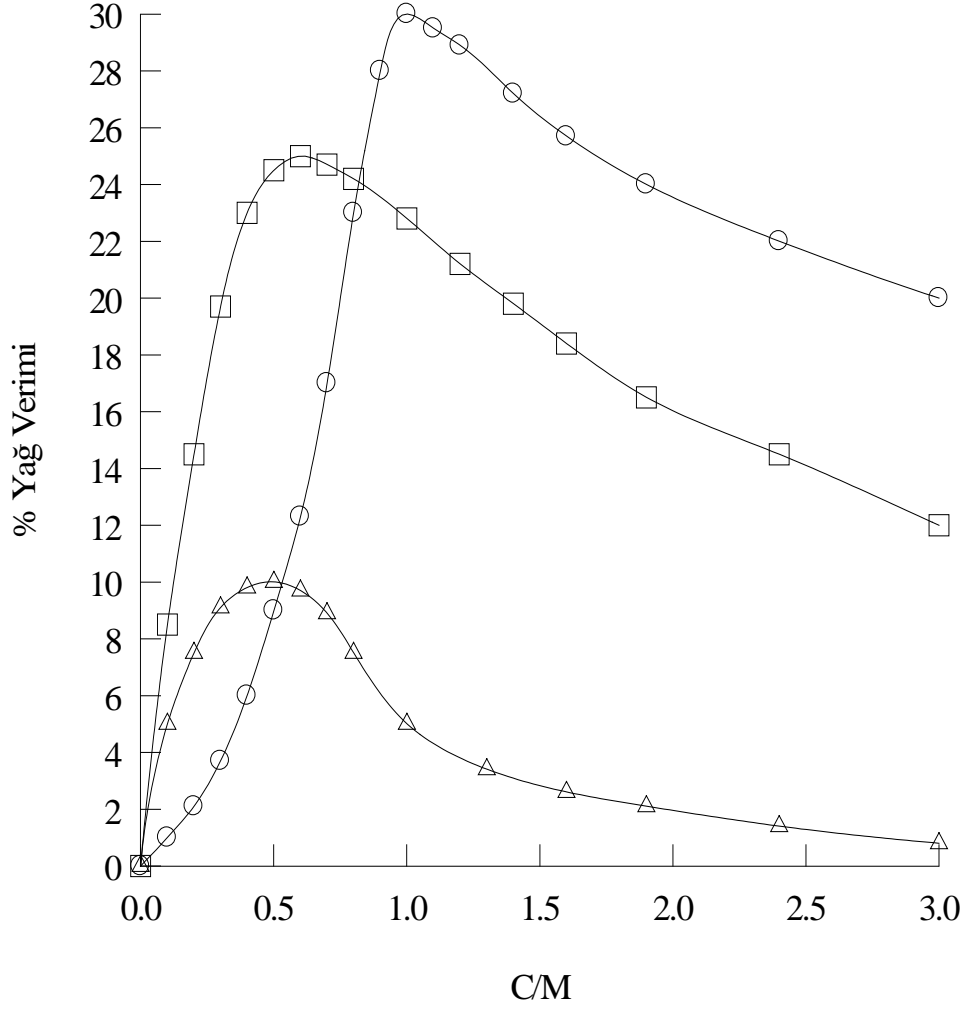
Yağ endüstrisinde, özellikle yağ ekstraksiyonunda sadece heksan kullanarak elde edilen yağ verimi, heksan ile birlikte aynı miktarda sulu 1.5 M H₂SO₄ sayesinde de elde edilebileceği önerilebilir.



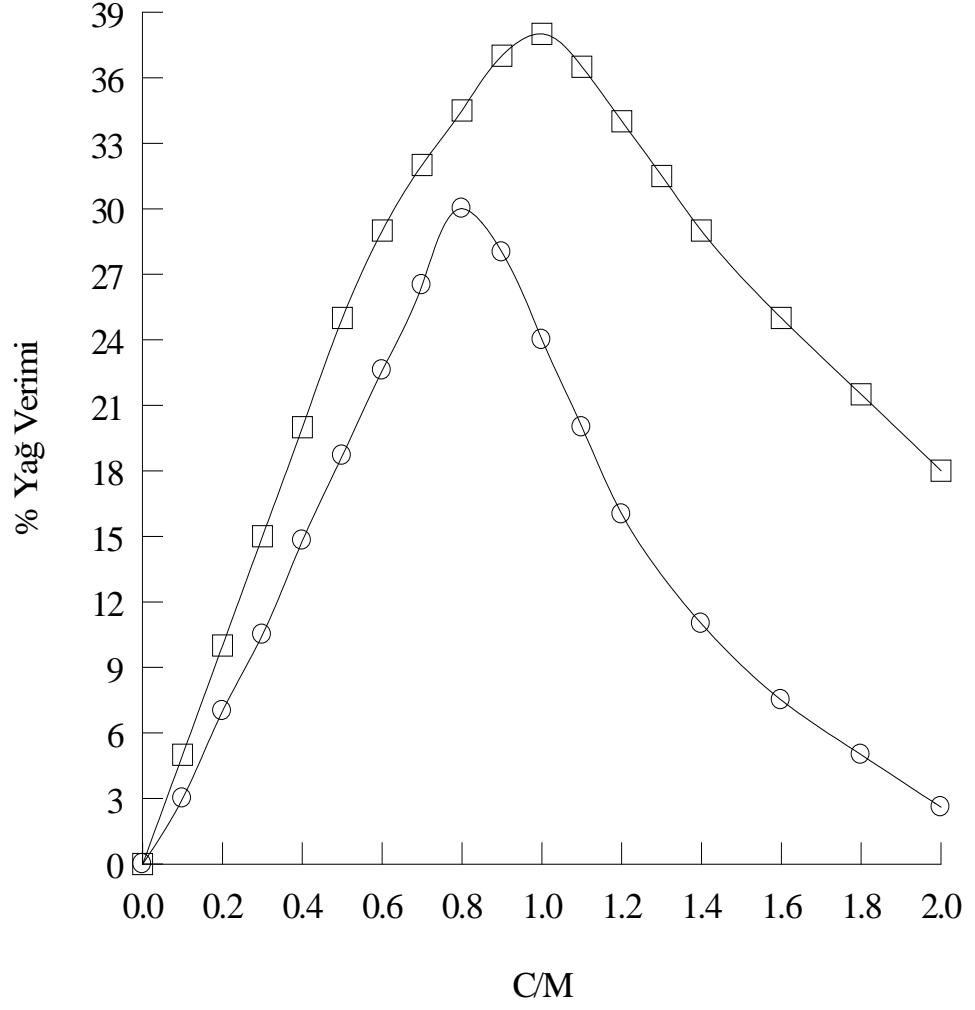
Şekil 5.1. Ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin asid konsantrasyonuna karşı değişimi; O: HCl ile; □: H₂SO₄ ile.



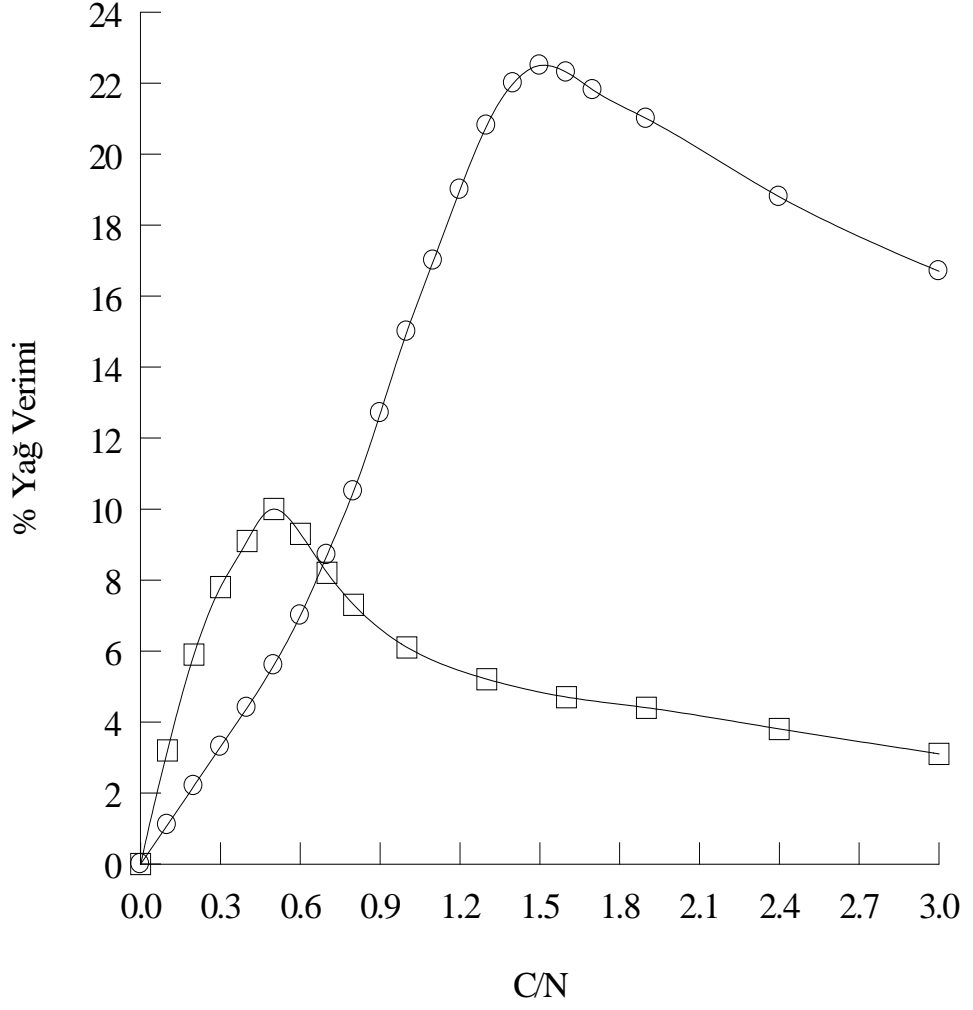
Şekil 5.2. Ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin baz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaOH ile; □: Ca(OH)₂ ile.



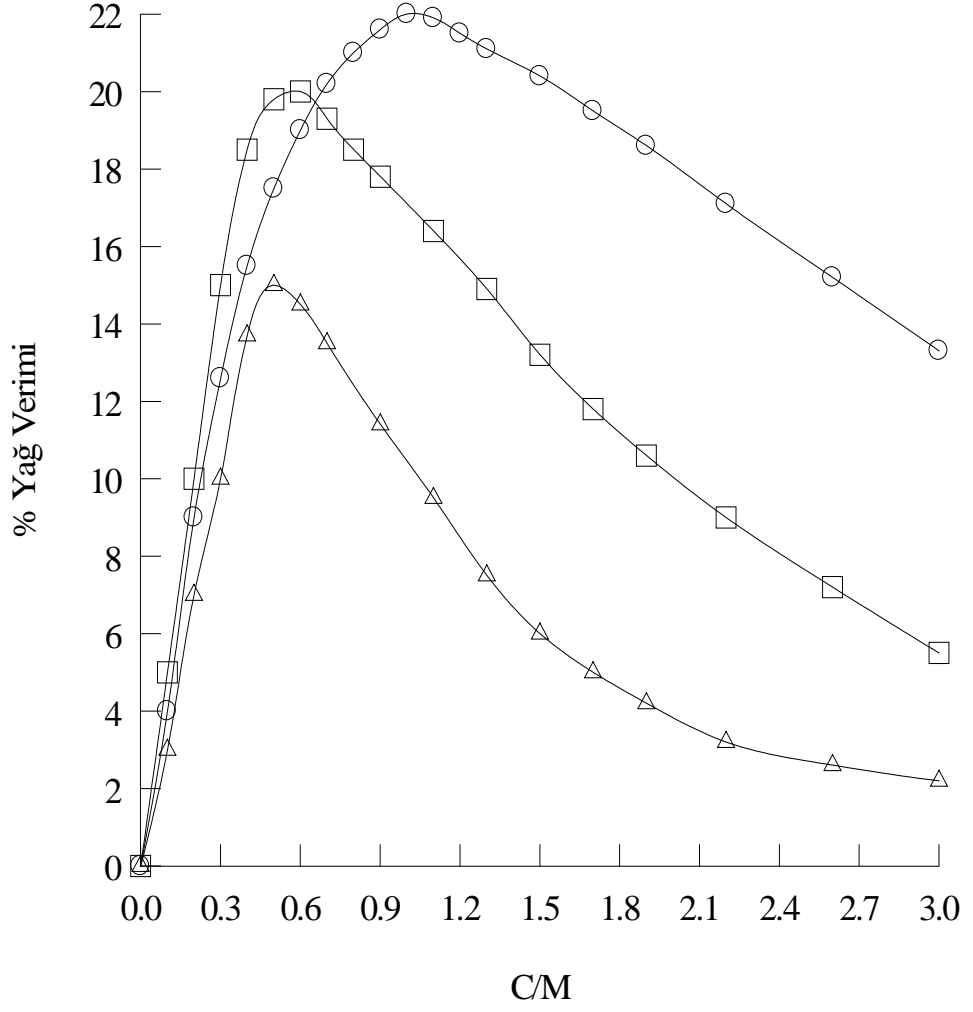
Şekil 5.3. Ayçiçek tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin tuz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaCl ile; □: Na₂SO₄ ile, Δ: CaCl₂ ile.



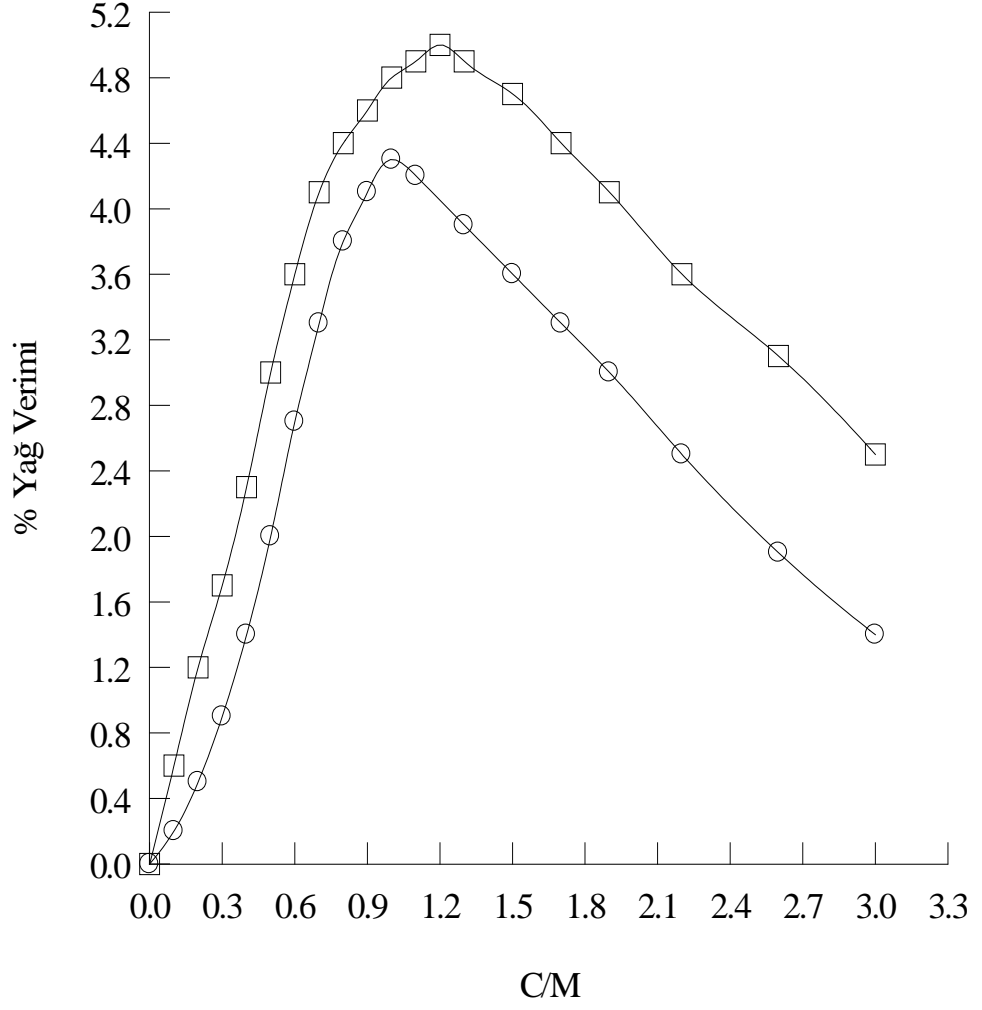
Şekil 5.4. Kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin asid konsantrasyonuna karşı değişimi; O: HCl ile; □: H₂SO₄ ile.



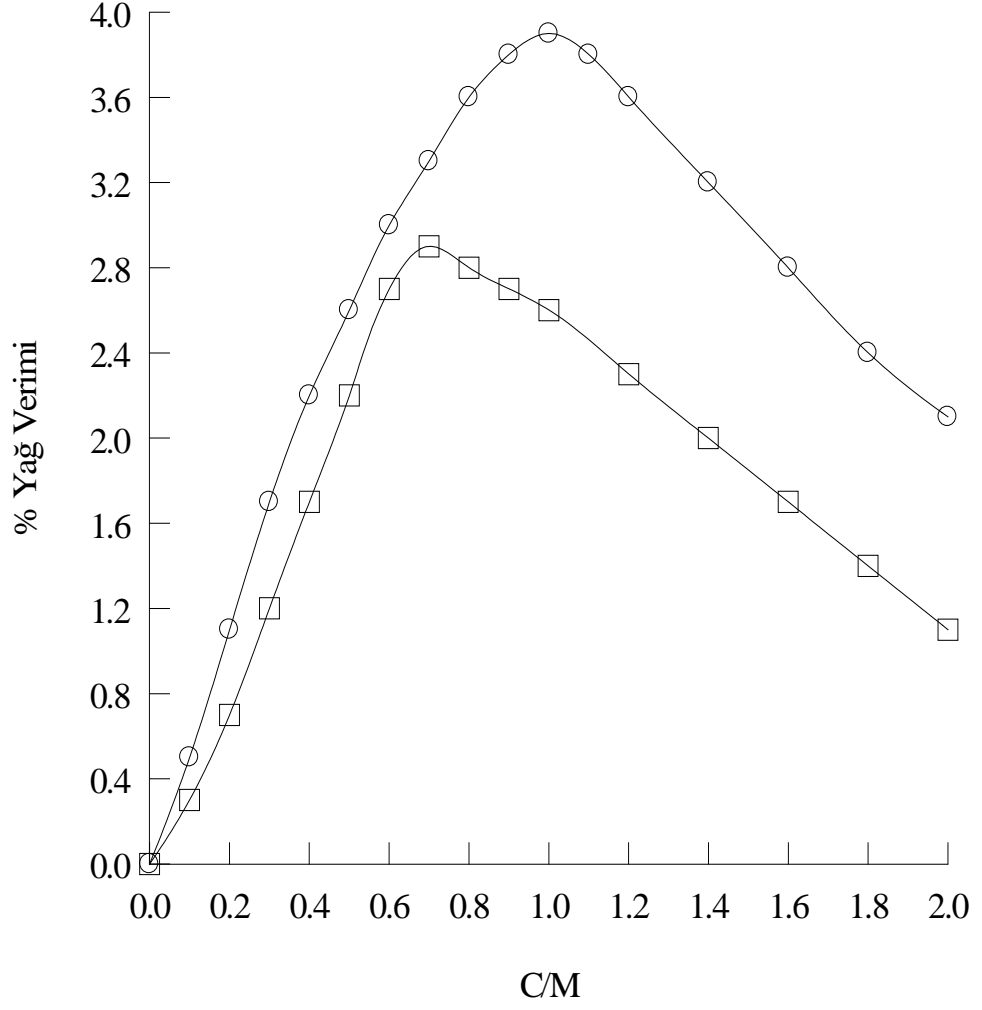
Şekil 5.5. Kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin baz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaOH ile; □: Ca(OH)₂ ile.



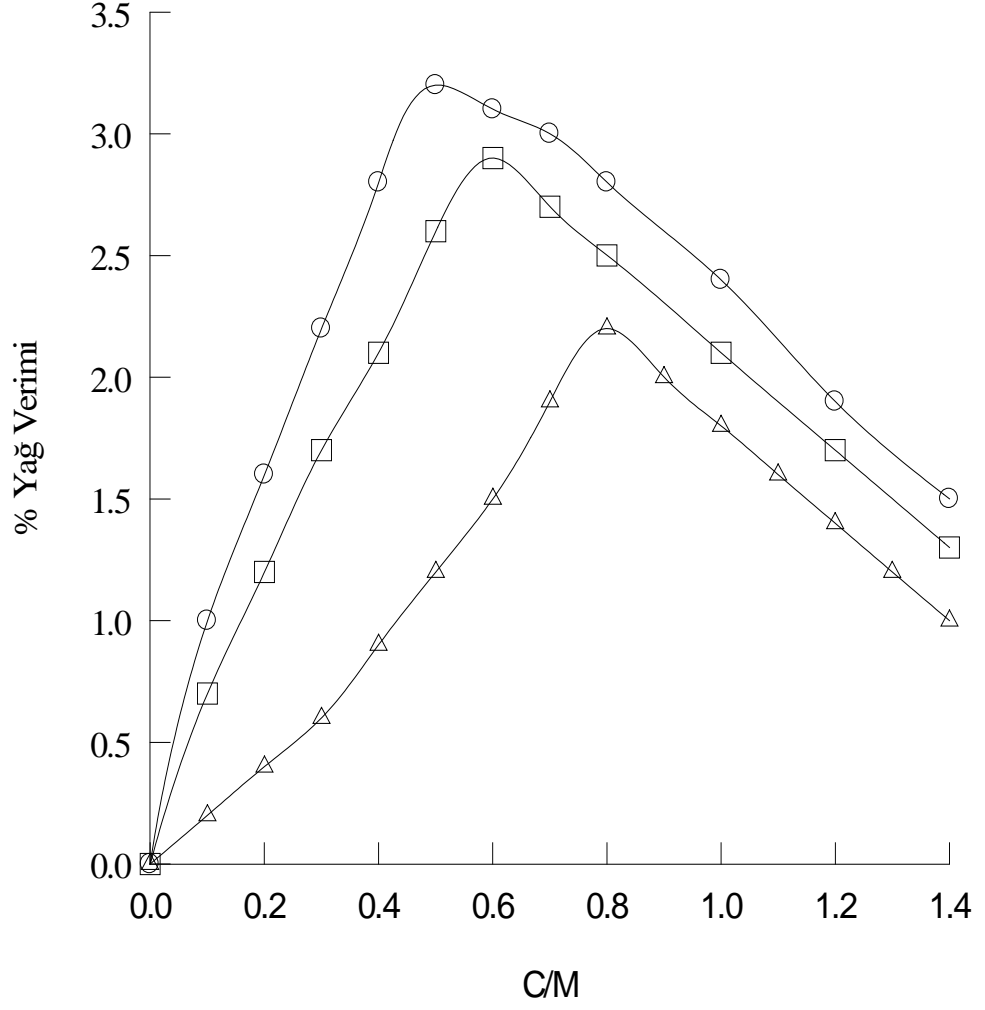
Şekil 5.6. Kanola tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin tuz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaCl ile; □: Na₂SO₄ ile, Δ: CaCl₂ ile.



Şekil 5.7. Mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin asid konsantrasyonuna karşı değişimi; O: HCl ile; □: H₂SO₄ ile.



Şekil 5.8. Mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin baz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaOH ile; □: Ca(OH)₂ ile.



Şekil 5.9. Mısır tohumlarının ekstraksiyonuna ait yüzde yağ verimlerinin tuz konsantrasyonuna karşı değişimi; O: NaCl ile; □: Na₂SO₄ ile, Δ: CaCl₂ ile.

KAYNAKLAR

1. Kemper, T. G. , 2005, “Bailey’s Industrial Oil and Fat Products”, Sixth Edition, Vol. 5, Edible Oil and Fat Products: Processing Technologies, Edited by Fereidoon Shahidi, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, pp. 57-98.
2. Nas, S., Gökalp, H. Y., ve M. Önsal, 1998, “Bitkisel Yağ Teknolojisi”, Genişletilmiş İkinci Baskı, Mühendislik Fakültesi Matbaası, Denizli, sayfa: 78-113.
3. Robinson, R. A., and Stokes, R. H., 2002, “Electrolyte Solutions”, Second Revised Edition, Dover Publications, N. Y., USA, pp. 49-72.
4. Khan, A. R., Saeed, S. R., and Udin, F., 2005, “Effect of Strong Electrolytes on Edible Oils Part I: Viscosity of Sunflower Oil in 1,4-Dioxane at Different Temperatures”, J. Appl. Sci. Environ. Mgt., Vol. 9 (2), 15-21.
5. Khan, A. R., Saeed, S. R., and Udin, F., 2006, “Effect of Strong Electrolytes on Edible Oils Part I: Viscosity of Maize Oil in 1,4-Dioxane at Different Temperatures”, J. Appl. Sci. Environ. Mgt., Vol. 10 (3), 67-74.
6. Khan, A. R., Saeed, S. R., and Udin, F., 2006, “Effect of Strong Electrolytes on Edible Oils Part I: Viscosity of Canola Oil in 1,4-Dioxane at Different Temperatures”, J. Appl. Sci. Environ. Mgt., Vol. 10 (1), 47-54.
7. Kirschenbauer, H. G., 1944, “Fats and Oils”, Reinhold Publishing, New York, pp. 122–123.
8. Anonymous, June 1997, in The Extraction of Oil from Seeds and Nuts.
9. Anonymous, May (2000), in Chronology.
10. Anderson, 1900, V. D., U.S. Patent 637,354.
11. Anonymous. (2002, March 18). Anderson International Corp. Available: <http://www.andersonintl.com/history.html>.
12. Wan, P. J., and Wakelyn, P. J., 1997, “Technology and Solvents for Extracting Oilseeds and Nonpetroleum Oils”, AOCS Press, Champaign, Illinois, pp. 14–18.
13. Kessler, N., 1985, “Understanding Solvent Extraction of Vegetable Oils”, Volunteers in Technical Assistance, Arlington, Virginia.
14. Cruse, N. F., and Soldner, W. L., 1941, U.S Patent 2,260,254.
15. Hayward, J. W., 1940, Flour and Feed, 24.

16. Kruse, N. F. , 1952, U.S. Patent 2,585,793.
17. Hutchins, R. P, 1954., U.S. Patent 2,695,459.
18. Karnofsky, 1958 , U.S. Patent 2,840,459.
19. Schumacher, 1985 , H. O., U.S. Patent 4,503,627.
20. Kemper, T. G., and R. D. Farmer, 1999, U.S. Patent 5,992,050.
21. Kemper, T. G. , 1998, et al., U.S. Patent 5,705,133.
22. Rao, R. K., and Arnold, L. K. , 1958, "Alcoholic Extraction of Vegetable Oils. V. Pilot Plant Extraction of Cottonseed by Aqueous Ethanol", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 35, 6, 277-281.
23. Hassanen, N. Z. S., 1985, "Extraction of Oilseed Model Systems with Alcohols", Dissertation, Texas A&M University, College Station.
24. Diosady, L. L., Rubin, L. J., Ting, N., and Trass, O., 1658-1661, 1983, "Rapid Extraction of Canola Oil", *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 60, 9.
25. Nash, A. M., and Frankel, E. N., 1986, "Limited Extraction of Soybeans with Hexane", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 63, 2, 244-246.
26. Lyon, C. K., and Becker, R., 1987, "Extraction and Refining of Oil from Amaranth Seed", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 64, 2, 233-236.
27. Snyder, H. E., Sheu, G., Brown, H. G., Clark, P., and Wiese, K. L., 1988, "Analysis of Total Oil in Soybeans: A New Equilibrium Extraction Method and the Effect of Particle Size", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 65, 2, 255-257.
28. Warren, M. W., Brown, H. G., and Davis, D. R., 1988, "Solvent Extraction of Lipid Components from Egg Yolk Solids", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 65, 7, 1136-1139.
29. Attah, J. C., and Ibemesi, J. A., 1990, "Solvent Extraction of the Oils of Rubber, Melon, Pumpkin and Oilbean Seeds", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 67, 1, 25-27.
30. Nieh, C. D., and Snyder, H. E., 1991, "Solvent Extraction of Oil from Soybean Flour I-Extraction Rate, a Countercurrent Extraction System, and Oil Quality", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 68, 4, 246-249.
31. Nieh, C. D., and Snyder, H. E., 1991, "Solvent Extraction of Oil from Soybean Flour II-Pilot Plant and Two-Solvent Extractions", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 68, 4, 250-253.

32. Karlovic, D., Sovilj, M., and Turkulov, J., 1992, "Kinetics of Oil Extraction from Corn Germ", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 69, 5, 471-476.
33. Hron, R. J., Sr., Abraham, G., Kuk, M. S., and Fisher, G. S., 1992, "Acidic Ethanol Extraction of Cottonseed", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 69, 9, 951-952.
34. Bizimana, V., Brene, W. M., and Csallany, A. S., 1993, "Avocado Oil Extraction with Appropriate Technology for Developing Countries", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 70, 8, 821-822.
35. Wan, P. J., Pakarinen, D. R., Hron, R. J., Sr., Richard, O. L. and Conkerton, E. J., 1995, "Alternative Hydrocarbon Solvents for Cottonseed Extraction", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 72, 6, 653-659.
36. Wan, P. J., Hron, R. J., Sr., Dowd, M. K., Kuk, M. S., and Conkerton, E. J., "Alternative Hydrocarbon Solvents for Cottonseed Extraction: Plant Trials", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 72, 6, 661-6664.
37. Čertik, M., Andráši, P., and Šajbidor, J., 1996, "Effect of Extraction Methods on Lipid Yield and Fatty Acid Composition of Lipid Classes Containing γ -Linolenic Acid Extracted from Fungi", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 73, 3, 357-365.
38. Proctor, A, and Bowen, D. J., 1996, "Ambient-temperature Extraction of Rice Bran Oil with Hexane and Isopropanol", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 73, 6, 811-813.
39. Sineiro, J., Domínguez, H., Núñez, M. J., and Lema, J. M., 1998, "Ethanol Extraction of Sunflower Oil in a Pulsing Extractor", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 75, 8, 753-754.
40. Kuk, M. S., and Hron, R. J., Sr., 1998, "Cottonseed Extraction with a New Solvent System: Isohexane and Alcohol Mixtures", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 75, 8, 927-930.
41. Topallar, H., and Geçgel, Ü., 2000, "Kinetics and Thermodynamics of Oil Extraction from Sunflower Seeds in the Presence of Aqueous Acidic Hexane Solutions", *Turk. J. Chem.*, 24, 3, 247-253.
42. Kwiatkowski, J. R., and Cheryan, M., 2002, "Extraction of Oil Ground Corn Using Ethanol", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 79, 8, 825-830.
43. Kuk, M. S., Tetlow, R., and Dowd, M. K., 2005, "Cottonseed Extraction with Mixtures of Acetone and Hexane", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 82, 8, 609-612.

44. Cruz, S., Yousfi, K., and Oliva, J., 2007, "Heat treatment Improves Oil Ekstraction", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 84, 11, 1063-1068.
45. Meziane, S., and Kadi, H., 2008, "Kinetics and Thermodynamics of Oil Extraction from Olive Cake", *J. Am. Oil. Chem. Soc.*, 85, 4, 391-396.
46. So, G. C., and Macdonald, D. G., 1986, "Kinetics of oil extraction from Canola (Rapeseed)", *Can J Chem Eng.*, 64, 80-86.
47. Grompone, M. A., 2005, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th Edn., Vol. 2, "Edible Oil and Fat products: Edible Oils, Sunflower Oil", Edited by Fereidoon Shahidi, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, pp. 655-730.
48. Przybylski, R., Mag, T., Eskin, N. A. M., and McDonald, B. E., 2005, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th Edn., Vol. 2, "Edible Oil and Fat products: Edible Oils, Canola Oil", Edited by Fereidoon Shahidi, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, pp. 61-122.
49. Moreau, R. A., 2005, *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*, 6th Edn., Vol. 2, "Edible Oil and Fat products: Edible Oils, Corn Oil", Edited by Fereidoon Shahidi, A John Wiley & Sons, Inc. Publication, pp. 149-172.

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımın her aşamasında, pratik ve teorik bilgilerini, tecrübelerini ve manevi desteğini esirgemeyen, yüksek lisans programı süresince beni daima en iyi şekilde yönlendiren Sayın Hocam Prof. Dr. Hüseyin TOPALLAR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca, kimya laboratuvarında çalışma imkanı veren Olin Edirne Yağ Sanayi ve Tic. A.Ő.'ye ve yağlı tohumların tedarik edilmesini sağlayan Edirne Tarım İl Müdürlüęü'ne de teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında İstanbul'da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi İstanbul'da tamamladım. 2004 yılında T.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya bölümünü kazandım ve 2008 yılında lisans öğrenimimi tamamladım. 2008-2009 Eğitim-Öğretim yılının güz döneminde T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim dalında (Fizikokimya) Yüksek Lisans eğitimime devam etmekteyim.

SERHAT ASLAN