

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**BEYAZ HİNDİBA (*CICHORIUM INTYBUS L.*) BİTKİSİNİN KİMYASAL
ANALİZİ VE ELDE EDİLEN YAĞIN GC-MS İLE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Nursel KAM
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

VAN-2017

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KİMYA ANABİLİM DALI

**BEYAZ HİNDİBA (*CICHORIUM INTYBUS L.*) BİTKİSİNİN KİMYASAL
ANALİZİ VE ELDE EDİLEN YAĞIN GC-MS İLE KARAKTERİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Nursel KAM
DANIŞMAN: Yrd. Doç. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

VAN-2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

KİMYA Anabilim Dalı'nda Yrd. Doç. Dr. GÜLŞAH SAYDAN KANBEROĞLU'nun danışmanlığında, Nursel KAM tarafından sunulan "BEYAZ HİNDİBA (CICHORIUM INTYBUS L) BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZİ VE ELDE EDİLEN YAĞIN GC-MS İLE KARAKTERİZASYONU" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 23 / 10 /2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Yrd. Doç. Dr. VAHAP YÖNTEN

İmza:



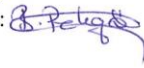
Üye : Yrd. Doç. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

İmza:



Üye : Yrd. Doç. Dr. BERNA OTO

İmza:



Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/11/2017 tarih ve 2017/51-F sayılı kararı ile onaylanmıştır.

...../...../20

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Nursel KAM



ÖZET

BEYAZ HİNDİBA (*CICHORIUM INTYBUS L.*) BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZİ VE ELDE EDİLEN YAĞIN GC-MS İLE ANALİZİ VE KARAKTERİZASYONU

KAM, Nursel

Yüksek Lisans Tezi, Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

Ekim 2017, 108 sayfa

Bu çalışmada otsu bitkilerden olan *Beyaz Hindiba* (*Cichorium intybus L.*) bitkisinin kimyasal analizi ve elde edilen yağın GC-MS ile karakterizasyonu için *Cichorium endivia* sapsı öğütölüp kimyasal analizleri yapıldı. Daha sonra bitkinin süperkritik sıvı ekstraksiyonu ve GC-MS ile tayini yapıldı. *Cichorium intybus L.* bitkisinin lignin, selüloz, nem, kül, yağ içerikleri ve ekstraktifler sırasıyla % 14.9, % 30.0, % 5.4, % 10.7, % 2.5 ve % 6.8 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen yağın yağ asidi bileşimi incelenmiş ve Linoleik asit major yağ asidi (%31.8) olarak bulunmuştur. Yağın çoklu doymamış yağ içeriği (%58.9) doymuş yağ içeriğinden (%41.2) daha yüksek bulunmuş ve tekli doymamış yağ tespit edilememiştir. Bu sonuçlar *Cichorium intybus L.* bitkisinden elde edilen yağın yüksek oranda çoklu doymamış yağ asidi içeriğinden dolayı besinsel değerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: *Cichorium intybus L.* sapsı, GC-MS, Kimyasal analiz, Süperkritik sıvı ekstraksiyon.

ABSTRACT

CHEMICAL ANALYSIS OF CHICORY PLANTS (*CICHORIUM INTYBUS L.*) AND ANALYSIS AND CHARACTERIZATION OF THE RESULTING OIL BY GC-MS

KAM, Nursel

M.Sc. Thesis, Department of Chemistry

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

October 2017, 108 pages

In this study, Chemical composition and fatty acid composition of the *Cichorium intybus* L. plants were investigated. For this aim, *Cichorium intybus* L. plant was powdered and analyzed. After supercritical carbon dioxide extraction method was applied and fatty acid composition of *Cichorium intybus* L. plants powder was determined by GC-MS. Lignin, cellulose, moisture, ash, fat and extractives content of the plant were determined as 14.9 %, 30.0 %, 5.4 %, 10.7 %, 2.5 % and % 6.8 respectively. Linoleic acid was determined as major fatty acid of the plant (31.8 %). The polyunsaturated fatty acid content of the plant (58.9 %) was higher than saturated fatty acid content (41.2). The monounsaturated fatty acid was not determined in the samples. This study suggested that *Cichorium intybus* L. plants could be considered as a healthy fat source due to high polyunsaturated content.

Keywords: *Cichorium intybus* L. handle, chemical analysis, GC-MS, Supercritical fluid extraction.



ÖNSÖZ

Bu çalışmada yüksek lisans tezi olarak seçilmesinde, yürütülmesinde, geliştirilip, sonuçlandırılmasında her daim bilgilerinden ve tecrübelerinden yararlanmış olduğum, her geçen gün gelişen bilgileriyle bana yardımcı olan Sayın Yrd. Doç. Dr. Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU ve Yıldız Teknik Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Sezgin ÇELİK, Doç. Dr. Erol KAM Hocalarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Topluma daima iyi bir birey olmam için beni büyüten, yetiştiren, gittiğim her yolda her zaman destekleyen ve bana ellerinden geldiğince tüm olanakları sunup başarılı olmamda katkılarını esirgemeyen; aileme müteşekkirim.

2017

Nursel KAM



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Dünyada Enerji ve Kimyasal Hammadde İhtiyacı	3
1.2. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Üretimi	4
1.3. Dünyada Fosil Enerji Kaynakları Üretimi ve Tüketimi	5
1.4. Dünya ve Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli	6
1.4.1. Türkiye’nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli.....	6
1.4.1.1. Biyogaz.....	6
1.4.1.2. Rüzgar enerjisi.....	7
1.4.1.3. Güneş enerjisi	8
1.4.1.4. Jeotermal enerji	9
1.4.1.5. Hidroelektrik enerjisi.....	10
1.4.1.6. Biyokütle	10
1.5. Lignoselülozik Materyalin Kimyasal Yapısı.....	11
1.6. Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L)	13
1.6.1. Beyaz hindiba bitkisinin genel özellikleri.....	13
1.6.2. Beyaz hindiba bitkisinin dünyada ve Türkiye'deki durumu.....	14
1.6.3. Beyaz hindiba bitkisinin biyolojik etkileri ve halk arasındaki kullanımları.....	15
1.7. Yağlar ..	18
1.7.1. Yağların genel özellikleri.....	18
1.7.2. Yağ asitlerinin genel özellikleri.....	21

	Sayfa
1.7.2.1. Palmitik asit.....	22
1.7.2.2. Stearik asit.....	22
1.7.2.3. Oleik asit.....	23
1.7.2.4. Linoleik asit.....	24
1.7.3. Yağ Asitlerinin Adlandırılması.....	25
1.7.4. Yağ Asitlerin Numaralandırılması.....	27
1.7.5. Yağ Asitlerinin Yapısı ve Sınıflandırılması.....	28
1.7.5.1. Doymuş yağ asitleri.....	28
1.7.4.2. Doymamış yağ asitleri.....	29
1.7.4.3. Çoklu doymamış yağ asitleri.....	31
1.7.4.4. Tekli doymamış yağ asitleri (TDYA).....	32
1.7.4.5. Esansiyel yağ asitleri.....	32
1.7.4.6. Yağ asitlerinin önemi.....	33
1.7.4.7. Antimikrobiyal savunmada serbest yağ asitleri.....	34
1.7.4.8. Bitki koruma ve yağ asitleri.....	36
1.8. Ekstraksiyon.....	37
1.8.1. Ekstraksiyon tekniğinin tarihçesi.....	37
1.8.2. Ekstraksiyonun tanım ve özellikleri.....	37
1.8.3. Ekstraksiyon öncesi işlemler.....	38
1.8.4. Ekstraksiyon parametreleri.....	39
1.8.4.1. Sıcaklık.....	39
1.8.4.2. Basınç.....	39
1.8.4.3. Çözücü.....	40
1.8.4.4. Parçacık büyüklüğü.....	41
1.8.4.5. Süre.....	42
1.8.4.6. Karıştırma hızı ve karıştırıcı tipi.....	42
1.8.4.7. Nem.....	42
1.8.4.8. Yüzey aktif madde etkisi.....	43
1.8.5. Ekstraksiyon tipleri.....	43
1.8.6. Ekstraksiyon yöntemleri.....	44

	Sayfa
1.8.6.1. Çözücülerle ekstraksiyon.....	45
1.8.6.2. Katı-sıvı ekstraksiyonu.....	45
1.8.6.3. Anfloraj yöntemi (Katı yağlarla ekstraksiyon).....	45
1.8.6.4. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu.....	46
1.8.6.5. Süperkritik akışkanlarla ekstraksiyon.....	47
1.8.7. Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri.....	49
1.8.7.1. Soxhlet ekstraksiyonu.....	49
1.8.7.2. Basınçlı sıvı ekstraksiyonu (Pressurized liquid extraction, PLE).....	52
1.8.7.3. Mikrodalga-destekli solvent ekstraksiyonu (Mikro-assisted extraction, MAE).....	57
1.8.7.4. Ses dalgaları-destekli sıvı ekstraksiyonu (Sonication-assisted liquid extraction, SAE).....	60
1.8.7.5. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu (Supercritical fluid extraction, SFE).....	62
1.8.8. Ekstraksiyon Sonrası Temel İşlemler.....	64
1.8.8.1. Süzme.....	65
1.8.8.2. Buharlaştırma.....	65
1.8.8.3. Kurutma.....	65
1.8.8.4. Kristallendirme.....	65
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ.....	67
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	72
3.1. Materyal.....	72
3.1.1. Çalışmada kullanılan araç ve cihazlar.....	72
3.1.2. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler.....	72
3.2. Yöntem.....	72
3.2.1. Örnekleme.....	72
3.2.2. Öğütme ve eleme.....	72
3.2.3. Lignin tayini.....	73
3.2.4. Selüloz tayini.....	73
3.2.5. Kül tayini.....	74

	Sayfa
3.2.6. Nem tayini.....	74
3.2.7. Ekstraktifler.....	74
3.2.8. Yağ tayini	75
3.2.9. <i>Beyaz hindiba (Cichorium intybus L)</i> bitkisinde kimyasal analizi ve elde edilen yağın GC-MS ile analizi ve karakterizasyonu.....	75
4. BULGULAR.....	77
4.1. <i>Cichorium intybus L</i> Bitkisinin Kimyasal Analiz Sonuçları.....	77
4.2. <i>Cichorium intybus L</i> Ununun Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçları....	77
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	81
KAYNAKLAR.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	88

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve kullanım durumu.....	6
Çizelge 1.2. <i>Cichorium intybus</i> L besin değerleri.....	16
Çizelge 1.3. Doymuş Yağ Asitlerinin İsim, Yapı ve Sembol.....	29
Çizelge 1.4. Doymamış Yağ Asitlerinin İsim, Yapı ve Sembol.....	31
Çizelge 1.5. Bazı çözücülerin molekül ağırlıkları, kritik sıcaklıkları, kritik basınçları ve kritik yoğunlukları.....	48
Çizelge 4.1. <i>Cichorium intybus</i> L. ununun kimyasal analizi.....	77
Çizelge 4.2. <i>Cichorium intybus</i> L. Unundan Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçları.....	78
Çizelge 4.3. <i>Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)</i> Ununun Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçlarının Ortalaması.....	78



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. 2007'den 2035'e kadar dünyadaki farklı kaynaklardan elde edilen Enerjinin üretimi.....	2
Şekil 1.2. Selüloz yapısı.....	12
Şekil 1.3. Lignin yapısı.....	13
Şekil 1.4. Hemiselüloz yapısı.....	13
Şekil 1.5. Beyaz hindiba (<i>Cichorium intybus</i> L.) çiçek kısmı.....	16
Şekil 1.6. Beyaz hindiba (<i>Cichorium intybus</i> L.) yaprak ve kök kısmı.....	17
Şekil 1.7. Beyaz hindiba (<i>Cichorium intybus</i> L.) kök ve yaprak kısmı.....	17
Şekil 1.8. Yağlardan yağ asitlerin oluşumu.....	25
Şekil 1.9. Yağ asitlerinin genel iskelet yapısı (A: doymuş yağ asiti, B: doymamış yağ asiti).....	26
Şekil 1.10. Bazı yağ asidi molekülleri.....	26
Şekil 1.11. Bir yağ asidinin genel formülü.....	27
Şekil 1.12. Doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin Moleküler yapısının basitleştirilmiş şeması.....	32
Şekil 1.13. Kesikli ekstraksiyon sistemi.....	44
Şekil 1.14. Soğutma su giriş-çıkışı.....	46
Şekil 1.15. Basınç-sıcaklık eğrisi.....	48
Şekil 1.16. Soxhlet ekstraktör cihazı.....	50
Şekil 1.17. PLE sistemi.....	54
Şekil 1.18. Organik bir solvent tarafından sarılan bir toprak veya sediment Partikülünün genelleştirilmiş bir modeli için PLE'de ekstraksiyon basamakları.....	55
Şekil 1.19. Örnek matriksinde analitin pozisyonu.....	56

Şekil	Sayfa
Şekil 1.20. MAE’de kapalı ve açık sistem.....	58
Şekil 1.21. Isıtma modelleri.....	59
Şekil 1.22. Dinamik ses dalgaları-destekli ekstraksiyonun şematik gösterimi.....	61
Şekil 1.23. Dinamik ses dalgaları-destekli sıvı ekstraksiyonun analiz sistemine bağlanmasının şematik gösterimi.....	62
Şekil 1.24. SFE sistemi.....	64
Şekil 4.1. <i>Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)</i> bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.....	79
Şekil 4.2. <i>Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)</i> bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.....	79
Şekil 4.3. <i>Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)</i> bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklama

g	Gram
ml	Millilitre
°C	Santigrat
K	Kelvin
µm	Mikrometre
MPa	Megapascal

Kısaltmalar

Açıklama

GC-MS	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektroskopisi
MeOH	Metanol
FAME	Fatty Acid Methyl Ester
PUFAs	Poly Unsaturated Fatty Acid(s)
Δ	Delta
Ω	Omega
GC-ECD	Gaz Kromatografisi-Elektron Yakalama Saptama
Be	Bome derecesi



1. GİRİŞ

Enerjinin tanımı ile enerji rezervlerinin devam edilebilirliği, geçmiş zamandan günümüze dünyanın çok önemli konularından ve problemlerinden biri haline gelmiştir. Enerji rezervlerinin hızlıca azalmasından dolayı petrol, kömür ve nükleer enerji gibi kendini yenileme şansı olmayan rezervlerin bilinçsiz olarak tüketilmesi ayrıca, bu rezervlerin doğa ile havaya etki ettiği kirlilik gibi sorunlar insanları yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanmaya yönlendirmiştir.

Dünyada artış gösteren enerji gereksinimini karşılamak amacıyla bilim insanları sürdürülebilir enerji rezervlerinin kullanımını her dalda artırmak amacıyla çok fazla çalışma yapmışlardır. Ayrıca, güneşten yararlanmak amacıyla da rüzgar değirmenleri kullanımına benzer projeler geliştirmiştir.

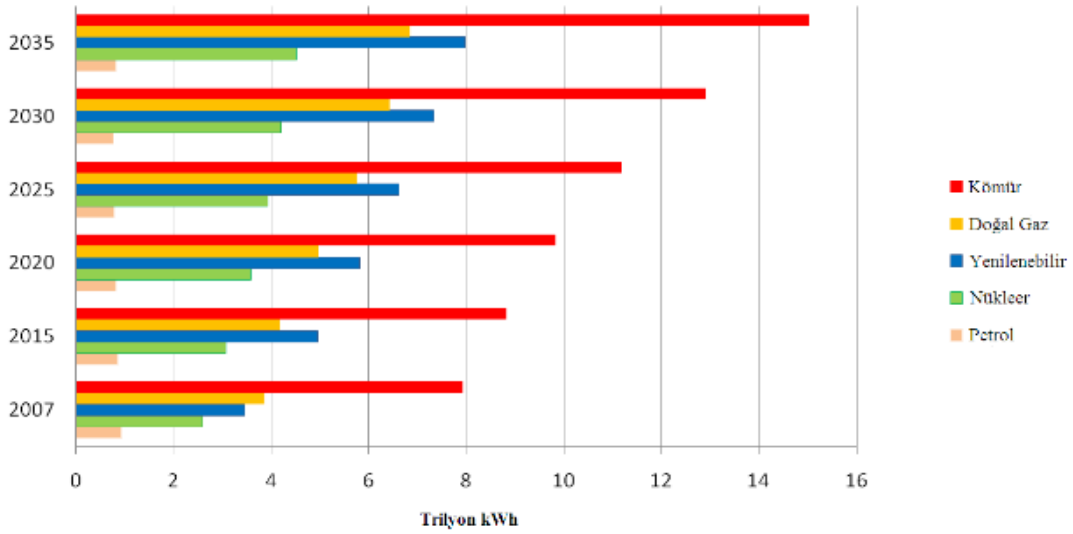
Sürdürülebilir enerji rezervlerinin en faydalılarından biri olan jeotermal enerji ise günümüzde endüstri, ziraat, tıp, turizme benzer birçok alanda kullanılan bir kaynaktır. Jeotermal enerji rezervlerinin birçok faydalarından başlıcaları, sürdürülebilir olmasından yani doğru kullanımından dolayı tükenmesi zor bir enerji türü olması, üretiminin rahat olması, maliyetinin az miktarda olması, yatırımın daha az bir sürede geri dönüş sağlaması, ayrıca öbür rezervlere nazaran yaşadığımız yere verilen zararın çok düşük olmasıdır.

Yeryüzünde jeotermal enerjinin değerinin farkına varılması ve bir enerji türü olmasıyla birlikte tüketimi ülkelere göre değişkenlik göstermektedir. Türkiye'nin çok değerli bir jeotermal kuşak üstünde olmasından ve 1300'den fazla rezerv bulundurmasına rağmen jeotermal enerjiden yeterince yararlanılmamaktadır. Ayrıca Türkiye'de jeotermal tüketimi; kaplıca turizmleri ve seracılığa benzer temel kullanımlarla kısıtlı bir biçimde yürütülmekle birlikte son dönemlerde konut ısıtılmasına yönelik faydalı işler yapılmaktadır.

Enerji; Bir cisimde var olan ve ortaya bir iş çıkaran güce denir. Yeryüzündeki yaşam, doğadaki enerji sayesinde ortaya çıkmıştır. Bu enerjinin büyük bir kısmı güneş ile sağlanır. Güneş enerjisi toplu bir halde kömürde, tahtada, benzinde depolanmış olarak bulunur. Güneş, yeryüzündeki suların buharlaşıp yağmur olarak tekrar yağmasını, bunun

sonucunda bir enerji kaynağı olan akarsuların meydana gelmesini sağlar. İnsanlık, yeni enerji kaynaklarının keşfine paralel olarak daha fazla yol katetmiştir (Acaroğlu, 2008).

Yenilenebilir enerji rezervleri; güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik enerji, biyokütle ve jeotermal enerji, gelgit enerjisi, dalga enerjisi olarak sıralanabilir. Şekil 1.1'de 2007 yılında 2035'e kadar dünyadaki farklı kaynaklardan elde edilen enerjinin üretimi görülmektedir.



Şekil 1.1. 2007'den 2035'e kadar Dünyadaki farklı kaynaklardan elde edilen enerjinin üretimi.

Biyokütle, yaşamını devam ettiren ya da yakın zaman içinde yaşamış olan varlıklardan elde edilen fosilleşmemiş bütün biyolojik malzemelerin genel ismidir. Biyokütle, bir enerji kaynağıdır ve endüstriyel manada biyokütle, biyolojik maddelerden yakıt ortaya çıkarılması maksadıyla veya diğer endüstriyel amaçlarla kullanılmasıyla ilgilidir. Yaygın bir şekilde, biyoyakıt elde etme maksadıyla yetiştirilen lifler ile bitkiler, ısı ve kimyasal ortaya çıkarmak gayesiyle kullanmış olduğumuz bitkisel ürünler ile hayvan ürünlerini tanımlar. Biyokütlenin ana bileşenleri bunlardır; azot, oksijen, hidrojen, karbon ve karbonhidrattır. Biyokütle, yeşil pigmentli bitkilerin güneşten gelen enerjiyi fotosentez yoluyla kimyasal enerjiye dönüştürüp hapsedmesi sonucunda meydana gelen bir biyolojik kütle olarak bilinir. ve buna bağlanarak organik maddeler oksijenle reaksiyon sonucunda ısı açığa çıkarırlar. Biyokütle enerjisi aynı zamanda yüklü bir

potansiyeye de sahiptir. Güneş enerjisi veya rüzgar enerjisine benzer kesikli bir enerjiye karşılık, güneş ışığı olduğu sürece daimi olarak karbon depolayan önemli enerji kaynağıdır. Ayrıca biyokütle katı, sıvı, gaz olarak ayrılırlar. İhtiyaç şekline göre değişik kullanım alanlarına sahiptirler. En önemli özelliklerinden biri de mevcut diğer kaynaklardan değişik bir şekilde kolay olarak depolanabilir olmasıdır. Biyokütle enerjisinden yakıt eldesinin bazı yöntemleri; değişim evreleri (termokimyasal ve biyokimyasal evreleri); fiziksel (kurutma, ekstraksiyon, ebatını küçültme-kırma, öğütme, biriktirme ve filtrasyon)'dır.

Biyokütle enerjisi maddenin katı, sıvı, gaz halinde yakıt elde etmeye yararken biyogaz, biyodizel, biyoetanol haricinde metan ve odun biriktirme, gübre ve hidrojen benzeri yakıt çeşitlerini de saymakta fayda vardır. Sürekli gelişen ve ilerleyen teknolojiler sayesinde verimlilik artmıştır.

1.1. Dünyada Enerji ve Kimyasal Hammadde İhtiyacı

Sürekli artış gösteren nüfusun ve gelişme gösteren sanayinin enerji ihtiyaçlarını sınırlı kaynaklar karşılayamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki fark sürekli artış göstermektedir. Küresel enerjisinin tüketimi, 2035 yılına geldiğinde 1998 yılına oranla harcanan enerji oranının iki katına, 2055 yılında ise bunun üç katına çıkacağı öne sürülüyor.

Diğer taraftan, kömür, doğalgaz, petrol ve nükleer enerji ve benzeri “yenilenemeyen”, geleneksel enerji rezervleri doğayı ve canlı hayatını her geçen gün daha çok sıkıntıya sokacak duruma gelmişlerdir. Geleneksel enerjisinin rezervleri, öncelikli olarak ulaştırma olmak üzere, konut ve sanayi alanlarında fazla tüketilmesi, sorunu daha da içinden çıkılmaz hale getirir. Örneğin, ulaştırma alanında enerji harcamasının % 95'i petrolden karşılanır. Bu oranın gelecekteki beş yıl içerisinde, yükselmekte olan devletlerde yılda % 1.5 gelişme gösteren ülkelerde ise % 3.6 seviyesinde yükselmesi beklenen bir durumdur. Fosil yakıtların da yanmasından dolayı açığa çıkan karbondioksit (CO₂) oranı yeşil alanlarında azalmasıyla zamanla artmaktadır. Bundan dolayı atmosferdeki var olan diğer gazlarla ortak olarak güneş ışınlarının geri yansımaya engel olmaktadır. Bu nedendir ki, “sera etkisi” meydana gelmekte ve iklim farklılıklarına sebebiyet vermektedir. Küresel ısınmanın artış göstermesi ve devamlılık göstermesi

halinde, 2040 senesine kadar, deniz seviyesinin bir metreye kadar artış göstereceği ve bunun sonucundan dünyanın büyük şehirlerinin suların altında kalacağı yönünde fikirler ortaya atılmaktadır.

Fosil yakıtlarının yanması sonucunda açığa çıkan gaz türlerinden biri olduğu bilinen karbon monoksit (CO) canlı bünyesindeki oksijen miktarını azaltıp ölümlere sebebiyet verirken, kükürt dioksit (SO₂) kansere yol açmaktadır. Doğalgazın yanması sonucu ile birlikte açığa çıkan kokusuz ve çıplak gözle görülmeyen azot oksit (NO) ise bir yandan havada öteki gazlar ile tepkimesi sonucu canlı bünyesinin bağışıklık sisteminin çökmesine yol açmaktadır.

Atmosferin kirlenmesi yolunda alınan önlemler, 1970’li senesinde sanayisi gelişmiş birden fazla ülke tarafından alınmaya başlanmış olmakla beraber, kirleticilerin hava olayları ile beraber taşınmasında ve sınır ötesi zararlar engellenememiştir. Uzak yerlere taşınan kirleticiler, insan bünyesine olumsuz etki etmiş, toprakta ve su kaynaklarından asit miktarının yükselmesine sebep olarak bazı canlı türlerinin ortadan kalkmasına, metal yüzeylerini etki etmesine ve ayrıca binaları da olumsuz yönde etkilemiştir.

1.2. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Üretimi

Güneş, rüzgar, jeotermal benzeri enerji çeşitlerinin 20. Yüzyılın son dönemlerinde tanınıp ve kullanılmaya başlanması ile birlikte enerjide, “yenilenebilir” ve “yenilenemeyen” enerji sınıfları gibi iki yeni bölüme ayrılmıştır. Böylece petrol, doğal gaz, kömür, linyit ve nükleer, yenilenemeyen (yani tükenebilir) Enerji Kaynakları; hidrolik, rüzgar, güneş, jeotermal, biyogaz da yenilenebilir (yani tükenmeyebilir) Enerji Kaynakları olarak bölümlere ayrılmıştır. Diğer bir bakımdan; enerjiyi birincil ve ikincil enerji rezervleri türünden iki değişik bölümden incelemek olasıdır. Taşkömürü, linyit-asfaltit, petrol, doğal gaz, hidrolik, jeotermal, odun, hayvan ve bitki atıkları enerji rezervleri, elektrik enerjisi rezervleri, kok, briket, havagazı ise ikincil enerji rezervleri şeklinde bölümlendirilmektedir. Diğer bir söyleyişle, ikincil enerji rezervleri, birincil enerji rezervlerine bağlı bir şekilde üretilmiş bir enerji türüdür. Bir önceki sene yıllık dünya enerji harcaması, yaklaşık 10 Milyar ton eşdeğer petrol olarak gerçekleşmiştir. Bu talebin % 87’si fosil yakıtlarından elde edilmiştir. Ülkemizde ise, daha önceki yıldan elde

edilen verilerine göre elektrik enerjisinin üretimin de yaklaşık olarak % 50'si doğal gaz, % 20'si yerli kömür, % 18'i hidrolik, % 5'i ithal kömür, % 5'i sıvı yakıt, % 2'si rüzgar, jeotermal ve diğer enerji kaynaklarından elde edilmiştir. Verilenlere baktığımız zaman Türkiye'mizde enerji rezervlerinin % 50'sinden çoğu dışarıdan temin edilmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansının, dünyaya gerekli olan enerjinin 2030 senesine kadar, yılda yaklaşık olarak % 2'lik bir yükselmesiyle beraber günümüzdeki isteklerin üç katına yükseleceği tahmin ediliyor. Bu enerji gereğinin dışarıdan temin edilmesi için önümüzdeki 20 yıl içerisinde, 20 trilyon USD yatırım yapılması şarttır. Bunun gibi yatırımların fosile dayalı enerji üretimi yönünde yapılması durumunda "sera gazlarının" % 50 dolayında artış göstereceği hesaplanıyor. Yaşanılabilir ortam ve devamlı bir gelecek için, 2050 senesine kadar sera gazlarının % 50 miktarında azaltılması şarttır. Bunun yapılabilmesi için ise enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji sahalarına kesin, devamlı, büyük adımların atılması şarttır.

1.3. Dünyada Fosil Enerji Kaynakları Üretimi ve Tüketimi

Petrol rezervlerinin kullanımındaki yükselme, bizde olduğu ölçüde dünya içinde de ciddi bir tehlike ortaya çıkarmaktadır. Enerjinin ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi olduğu göz önünde bulundurularak, bu temel girdinin sanayide, ulaşımda ve gündelik hayatımızda en verimli bir biçimde sunulması ve harcanması gerekmektedir. Günümüz de fosil yakıtların çok fazla miktarda kullanılmaktadır. Teknolojinin fosil kaynağına paralel bir geliştirilmesi ve fosil yakıtlardan elde edilen birim enerji değerinin az olması, CO₂ emisyonunda önemli bir yükselme ortaya çıkarmıştır.

Dünyada enerji gereksiminin karşılanmasında temel kaynakların fosil yakıtların olmasıyla, fosil yakıtların da yanma reaksiyonunun sonucunda karbondioksit (CO₂) gibi zararlı emisyonlar açığa çıkarılması, çevre ile ilgili sorunları da beraberinde doğurmaktadır. Günümüzde dünyanın en dikkate değer çevrenin problemi olan küresel ısınmada ana sebeplerden biri, çoğalan CO₂ emisyonunun atmosferde sera etkisinin göstermesidir. Kyoto Protokolü'ne göre, AB'ye üye devletler başta, 2008-2012 yılları arasında, sera gazı etkisi ortaya çıkaran emisyonları 1990 yılı seviyesine %8 oranında düşürmeyi taahhüt etmişlerdir (Özsezen ve Çanakçı, 2006).

1.4. Dünya ve Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli

1.4.1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli

Ülkemizin önemli enerji kaynaklarından petrol, linyit, kömür, doğal gaz, jeotermal, odun, ve hidrolik enerji şeklinde görülmektedir. Ülkemizin enerji üretimi, tüm enerji gereksiniminin yalnızca % 48'ini karşılayabilecek durumda olduğunda; olan hal yenilenebilir enerji kaynaklarının açısından Çizelge 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynakları potansiyeli ve kullanım durumu

Yenilenebilir enerji kaynağı	Mevcut brüt potansiyel (GWh/yıl)	Teknik yönden değerlendirilebilen potansiyel (GWh/yıl)	Ekonomik yönden değerlendirilebilen potansiyel (GWh/yıl)	Kullanılan Potansiyel (GWh/yıl)	Kullanım (%)
Hidrolik	430-450	215	100-130	35330	30
Güneş	365	182*	91**	4.1	4.5
Biyogaz	1.58	0.79*	0.4**	0.1	16.8
Rüzgar	400	124	98	61	62
Jeotermal	16	8*	4**	0.9	22.5

*: Brüt potansiyelin % 50'si alınmıştır.

** : Teknik yönden değerlendirilebilen potansiyelin % 50'si alınmıştır.

Yenilenebilir enerji rezervleri; biyogaz, rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle ve hidrolik gibi fosil olmayan enerji kaynaklarıdır.

1.4.1.1. Biyogaz

Biyogaz üç aşamada meydana gelir. Bunlar;

- Hidroliz
- Asit oluşturma
- Metan oluşumudur.

İlk adımda atık maddenin mikroorganizmaların salgıladıkları enzimler yardımıyla çözünebilir duruma getirilmesidir. Bu evrede polisakkaritler monosakkaritlere, proteinler peptidlere ve aminoasitlere dönüşür. Daha sonraki evrede asit açığa çıkaran bakteriler rol olarak bu maddeleri CH_3COOH gibi ufak yapılu maddelere dönüştürmektedirler. Asit oluşturma aşamasında pH'nin azalmasına sebep verebilir. Bu halde CH_4 gazının oluşmasını sağlayarak bakteriler üstünde olumsuz bir etken ortaya çıkarabilir. Son evrede ise bu mikrobiyolojik organizmaların etkileneceği bütün durumlar biyogaz üretimine de etki etmektedir.

Hidroliz aşaması: Birinci evrede mikroorganizmaların salgıladıkları selular enzimler ile çözünebilir durumda yer almayan maddeler çamur içinde çözünebilir duruma gelirler. Bu asit organiklere dönüşümü sonucunda ise ilk adım olan hidroliz evresi tamamlanır.

Asit oluşum aşaması: Çözünebilir duruma dönmüş organik maddeleri CH_3COOH , uçucu yağ asitleri, H_2 ve CO_2 gibi ufak yapılu maddelere dönüşüverirler. Bu evre anaerobik bakterilerle birlikte gerçekleşmiş olur. Bu bakteriler CH_4 oluşturuca bakterilere uygun şartların oluşmasını sağlar.

Metan(CH_4) oluşumu: Bakterilerin CH_3COOH çözererek veya H_2 ile CO_2 sentezi sonucunda biyogaza dönüştürülmesidir. CH_4 gazı üretiminin diğer aşamalara nazaran daha yavaş bir aşamadır. CH_4 gazının ortaya çıkmasında rol alan bakteriler çevre şartlarından çok fazla etkilenirler.

1.4.1.2. Rüzgar enerjisi

Rüzgar, güneş enerjisinin dünyanın oldukça değişken olan yüzeyini aynı ölçüde ısıtılmamasından kaynaklanmış sıcaklık, yoğunluk ve basınç farkları sebebiyle ortaya çıkan yatay hava hareketleri şeklinde tanımlanmaktadır. Buna dayanarak, güneş olduğu zaman zarfı süresince rüzgarın ve buna bağlı olarak kuvvetin de var olacağı söylenilebilir.

Genellikle rüzgarlar, dünya büyüklüğünde, kıtalar, ülkeler, yerel büyüklükte ve mikro (çok küçük) büyüklüklerde meydana gelebilirler. Rüzgar enerjisi ise hava kütlelerinin barındırdığı kinetik enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle ortaya çıkar. Rüzgar enerjisi, güneş enerjisinin dönüşüme uğramış halidir. Rüzgar enerjisini

yeryüzünün engebeliliği, rüzgar engelleri, park etkisi olumsuz şekilde etki ederken, tünel ve tepe etkileri olumlu şekilde etki etmektedir.

Ülkemizin Rüzgar Enerji Potansiyel Atlası (REPA), ülkemizin rüzgar rezervlerinin karakteristiklerini ve dağılımını belirleme gayesiyle Yenilenebilir Enerji Genel müdürlüğü tarafından 2006 yılında kurulmuştur. Yıllık ortalama değerlerini gözlemlendiğinde ülkemizin öncü rüzgar kaynağı sahaları kıyı şeritlerinin, yüksek bayırların ile dağların tepe kısımlarında veya açık alanların yakınlarında yer almaktadır. Açık alanlara yakın olan kısımlarda en kuvvetli yıllık ortalama rüzgar hızları ülkemizin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınlarında dar bir bölgede ortaya çıkmaktadır. Orta kuvvetteki rüzgar hızının geniş yayıldığı bölgeler ile rüzgar gücü yoğun olduğu yerler Türkiye'nin orta kesimlerinde yer almaktadır.

Ülkemizin Rüzgar Atlası yerin seviyesinden 50 metre yüksekte rüzgar potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyellere aittir. 7 m/s'den büyük rüzgar hızlarını göz önünde bulundurduğumuzda Türkiye rüzgar enerjisi potansiyeli 47.849 MW olarak tespit edilmiştir.

1.4.1.3. Güneş enerjisi

Güneş dünyanın en değerli enerji kaynağıdır. Güneş ışınım enerjisi, yer ve atmosfer modelindeki fiziksel oluşumlara etki eden en önemli enerji kaynağıdır. Dünyadaki madde ve enerji akınları güneş enerjisinin varlığıyla mümkün olabilmektedir. Rüzgar, denizin dalgasında, okyanusun sıcaklık farkından ve biyokütle enerjileri, güneş enerjisini dönüşüme uğramış halleridir. Güneş enerjisi, doğadaki su döngüsünün gerçekleşmesine katkı sağlayarak, akarsu gücünün açığa çıkmasını sağlar. Fosil yakıtlarının da, biyokütle özelliğindeki materyallerde depolanmış güneş enerjisi olduğu kabul ediliyor. Doğal enerji rezervlerinin çoğunluğunun temeli olan güneş enerjisinden, ısıtma ve elektrik ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla doğruca yararlanılıyor.

Güneş enerjisi yaşadığımız yerde temiz bir kaynak niteliğinde olduğundan dolayı fosil yakıtlara seçenек doğurmaktadır. Doğaya senelik gelen güneş ışınım enerjisinin, doğadan tespit edilmiş olan fosil yakıt depolarının neredeyse 160 katı kadardır.

Güneş enerjisi bol olmasının yanında, daimi ve yenilenebilir ayrıca bedava bir enerji kaynağı olduğundan dolayı insanların daha çok tercih ettikleri bir enerji kaynağıdır.

Ayrıca geleneksel yakıtların tüketiminde kaynaklanan çevresel problemlerin büyük bir kısmının güneş yakıt kullanımının dayandığı yanma teknolojisinin kaçınılmaz ürünü olan karbondioksit (CO₂) yayılımı sonucunda, havadaki CO₂ miktarı, son yüzyıl içerisinde hemen hemen 1.3 kat gibi bir artış göstermiştir. Önümüzdeki 50 yıl içerisinde, bu oranın, şimdiye kıyasla 1,4 kat gibi bir artış olacağı olasılığı öne sürülmüştür.

Türkiye'deki en kapsamlı güneş enerjisi kullanım alanı sıcak su ısıtma sistemleridir. Türkiye'de kurulu olan güneş kolektörü sayısı 2001 yılı için 7,5 milyon m² dolayındadır. Akdeniz bölgesinde ve Ege bölgesinde ise kullanımı yoğun olan bu sistemlerden neredeyse yılda 290 bin TEP ısı enerjisi üretiliyor. Senelik üretilen hacim 750 bin m² olmuş ve bu üretimin bir kısmı da satılıyor dışarıya. Bu durumda Türkiye dünyada önemli bir seviyede güneş kolektörü üreticisi ve kullanıcısı pozisyonunda yer alıyor.

1.4.1.4. Jeotermal enerji

Jeotermal enerji yer altında magmada depolanmış sıcak bölgeden yeryüzüne doğru çıkan yerküre iç ısısı şeklinde tarif edilir. Jeotermal biçim üç önemli bileşen ile ifade edilir. İlki ısıyı yeraltından yüzeye çıkaran akışkan; bir diğeri bu akışkanın dolaşımını sağlayacak miktarda geçirgenli taşlardır; sonuncusu ise ısı kaynağıdır. Yarıçapı toplam 6370 km olan yerkürede kalın mantoya karşı olabildiğince ince olgunlaşmış katı bir kabuk mevcuttur. Kabuğun alt kısmında yer alan magma sokulum alanları potansiyel jeotermal alanları oluşturabilir. Yerkürenin içlerine doğru yol alındıkça sıcaklığının yükseldiği biliniyordu.

Kısaca jeotermal potansiyelimizin sadece % 3,5 oranından faydalanılıyor. Bu oranın yükselmesinde hiçbir sebep yoktur. Günümüzün enerji rezervleri yenilenemeyen enerji rezervleri (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji rezervleri (odun, bitki atıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi) biçiminde bir sınıflandırma yapılıyor. Misal nükleer enerji aksine ve öbür bütün enerji kaynaklarına karşı daha ekonomik, doğa dostu olan jeotermalden daha yüksek oranda yararlanmak ilerde önemli faydalar sağlayacak.

1.4.1.5. Hidroelektrik Enerjisi

Türkiye'nin gelecekteki elektrik enerjisi gereksiminin tamamını hidroelektrik santrallarda üretmek mümkün olmadığı gibi elektrik üretiminin tamamının yalnızca hidroelektrikten karşılanması da türlü sakıncaları mevcuttur. Ülkemizde yeterince bol miktarda bulunan linyitin ve diğer fosil yakıtların yanında, ilerde nükleer enerji kaynaklarından yararlanmak zorunlu olacaktır. Enerji ihtiyacının karşılanması için hidroelektrik tesislerin ekonomik olanlarının yapımına öncelik tanımak gerekir. Enerjinin önemi artıkça, bugün 122420 GWh olan ekonomik potansiyel de artacak ve hidroelektrik tesislerinden daha yüksek miktarda enerji üretilecektir. Ülkemizde aktif vaziyete olan büyük hidroelektrik tesislerinin üçü de Fırat üzerinde yer almaktadır.

1.4.1.6. Biyokütle

Biyokütle canlıları ve atıklarını ihtiva eden bir enerji hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Biyokütlenin bir kısmı fotosentez sonucu güneş ışığında klorofil yardımıyla meydana gelmektedir. Klorofil, güneş enerjisini kullanarak havadaki karbondioksit ve suyu, karbon bileşiklerine ve oksijene dönüştürülmektedir. Bu reaksiyon klorofil eşliğinde şöyle gerçekleşmektedir.



Bu reaksiyonda elde edilen karbon bileşikleri yakıldığında yine H₂O ve CO₂'e dönüşürler. Biyokütle, bu yöntem sayesinde güneşteki enerjinin depolanması için doğal bir batarya gibi görev almış olur.

Biyokütleyi, sentetik malzemelerden farklı kılan en bariz özellik, kendilerini tazeleme yeteneğine sahip olmalarıdır. Ayrıyeten yapay olmayan yollarla yeşermeleri, bazı iklimsel dış faktörlerin kimyasal ve biyolojik özelliklerin değişik bir şekilde oluşmasına sebep olmaktadır. Bu olay yalnızca farklı bitkiler arasında değil, hatta aynı bitkisel materyalin farklı bölgelerinde (dalında, gövdesinde, kök kısmında) ortaya çıkabilmektedir.

Biyokütleyi hammadde şeklinde kullanan endüstri kollarından örneğin selüloz, kağıt ve orman ürünleri endüstrisinde heterojenliğin minimuma indirilmesinden dolayı genel olarak birbirine yakın genetik veya kimyasal özellik gösteren materyaller aynı grup dahilinde gruplandırılıyor. Bu sınıflandırma, çok farklı bir şekilde yapılabilmekte ve bazı alt katmanlara ayrılabilir.

Odunların, kimyasal içeriği neredeyse %90-99 arasındadır ve bunlar şu üç polimerden meydana gelmektedir; lignin, selüloz ve hemiselülozden meydana gelmektedir. Ayrıca, daha az miktarda olmak üzere (%1-10) inorganik (kül) ve organik bazı renk, koku vb. ekstrakte edilmiş maddelerin içinde yer almaktadır. Otsu ve odunsu lignoselülozik bitkisel materyallerde %10-30 oranında yer alan lignin, kimyasal olarak şeker üniteleri bulundurmadığından, sakkarifikasyon/fermentasyon yardımıyla sıvı yakıtlara dönüştürülmektedir. Lignoselülozik bitkisel kağıt üretimi sırasında meydana çıkan kalıntılar yakılıp değerlendirilir (Koç ve Kaya, 2015).

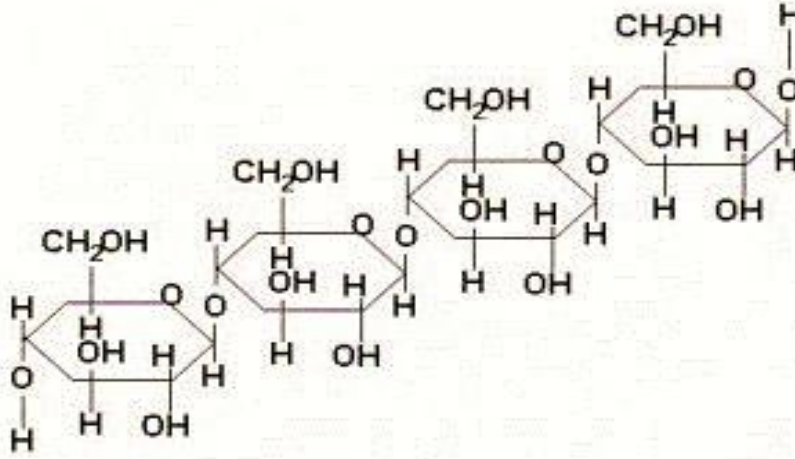
1.5. Lignoselülozik Materyalin Kimyasal Yapısı

Canlı varlıklar alemi olarak adlandırılan biyosfer de yaklaşık olarak 27×10^{10} ton karbon canlı organizmalara bağlı bir şekilde ve bunun %99'dan daha çoğu bitkisel materyallerde yer almaktadır. Bitkilerde bulunan karbonun neredeyse %40 selülozdan oluşmaktadır. Bundan dolayı, selüloz, doğada en yüksek miktarda bulunan doğal polimerlerdir ve ilkel bitkilerden (Algler, yosun, eğrelti otu vb.) fazla miktarda organizasyonlu bitkilerde (odunlar) ve bazı bakterileri kapsayacak kadar çok kapsamlı bir dağılım gösterir.

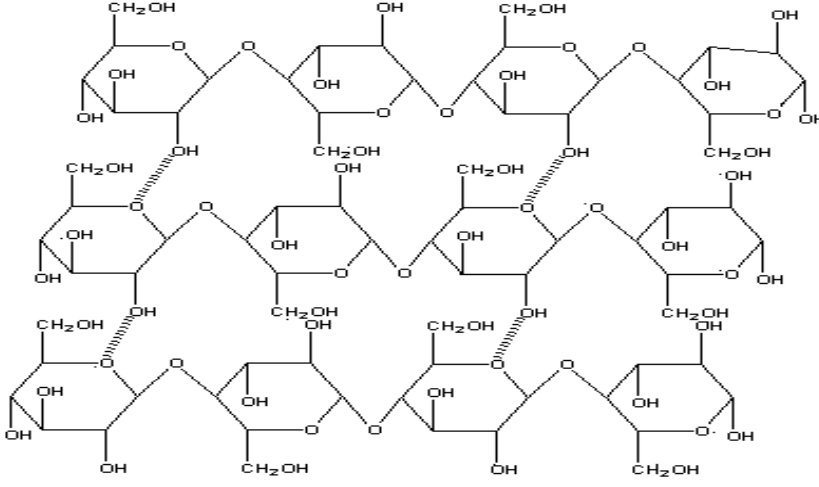
Selüloz saf halde en fazla (< %95) pamuk bitkisinin yapısında yer almaktadır. Diğer lignoselülozik bitkilerde de (odun, ziraat bitkileri ve otlar), lignin, hemiselüloz ve ekstrakte edilmiş kimyasal bileşimlerle beraber %30-70 miktarında, morfolojik bakımdan daha az bir seviyede gelişim gösteren yosun, alg benzeri bitkilerde ise daha düşük oranında (%10-40) mevcuttur. Bitkilerin içerisinde yer alan selülozden sonra en çok bulunan doğal polimer lignindir. Hücre duvarındaki selülozun asıl görevi, yapışkan özelliği ile selüloz liflerini birlikte tutmaktır. Ligninin polimerik yapısının büyük bölümünü üç alkol olan; sinapil, p-kumaril ve koniferil alkollerini oluşturmaktadır. Bu yapıtaşlarındaki reaktif gruplar, alifatik yada aromatik hidroksil gruplarının reaksiyonu

sonucu ise oldukça karmaşık üç boyutlu kompleks bir fenilpropan polimeri şeklindeki lignin makro molekülünü oluşturur.

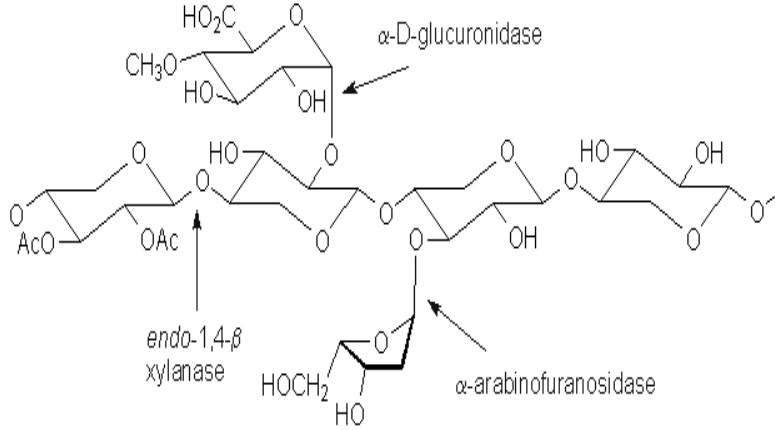
Materyal uygulamalarında ligninin insanoğlu tarafından kullanım alanı yalnızca kereste, levha ve ağartılmamış kağıtların üretimi ile kısıtlı kalmıştır. Amerika'daki Orman ürünlerinin yıllık tüketimi yaklaşık olarak 300 milyon tonu bulmaktadır. Bu da 70 milyon ton lignine karşılık geliyor. Örneğin, Kraft kağıt hamuru elde edilme süreci için Amerika'daki kimyasal kağıt üretiminin yaklaşık % 95'i için kullanılmaktadır. Kraft hamuru operasyonunda çözünen 16 milyon ton ligninin yalnızca minimal bir fraksiyonu ile geri kazanılır ve atık siyah likördeki organik materyaller (çevreye olumsuz şekilde etki eden), operasyonun ısı dengesine ciddi bir yarar sağlamak için fabrikalardaki geri dönüşüm ünitelerinde yakılır. Bu ise bir materyalin en kötü bir biçimde kullanıldığı anlamına gelmektedir (Şahin ve ark., 2001).



Şekil 1.2. Selüloz yapısı.



Şekil 1.3. Lignin yapısı.



Şekil 1.4. Hemiselüloz yapısı.

1.6. Beyaz Hindiba (*Cichorium İntybus L*)

1.6.1. Beyaz hindiba bitkisinin genel özellikleri

Papatyagiller (asteraceae) familyasından yer alan *Beyaz hindiba* (*Cichorium İntybus L*), yaprak ve kök kısmının karanlık ve ısıyla maruz bırakılarak elde edilen tomurcuk biçimindeki hindiba türünden olan bir sebze çeşididir. Başlangıçta Belçika'da yetiştirilmesinden dolayı Belçika hindibasası şeklinde de isimlendirilir. Bitkinin kök

kısmına uygulanan özel koşullar ile elde edilen *beyaz hindiba* hem sebze hem de salata olmak üzere iki şekilde tüketilebilir.

Beyaz hindiba düşük bir miktarda kalori bulunduran besleyici, zengin ve hafif olan bir besin türüdür. Tadı buruktur fakat son yıllarda burukluğu düşürüldüğünden dolayı türleri de üretilmeye başlanmıştır. Avrupa’da üretimi daimi olsa da beyaz hindiba bir kış sebzesi şeklinde biliniyor. Kuzey Avrupa’da en fazla tereyağlı limonlu soslarla ocakta ya da beşamele benzer beyaz soslarla fırında pişiriliyor.

Genel Nitelikleri: Alteratif (arındırıcı, temizleyici, mikrop öldürücü), diüretik (idrar söktürücü), antipiretik (ateş düşürücü)

Türkçe Adı: Beyaz hindiba

İngilizce Adı: Chicory

Tadı: Kekremsi

Kullanılan Kısımları: Tohum, kök ve çiçekler

Enerjетиği: Serinletici

Sindirim Sonrası Etkisi: Acı

1.6.2. Beyaz hindiba bitkisinin dünyada ve Türkiye’deki durumu

Hindiba, Avrupa, Ortadoğu, İran, Kuzey ve Güney Afrika, tüm Amerika, Avustralya Yeni Zelanda gibi oldukça geniş bir bölgede yetişebilen otsu bitkidir. En sık bulunduğu bölgeler Avrupa, Ortadoğu, İran, Kuzey ve Güney Afrika, tüm Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda gibi oldukça geniş bir coğrafyada yetişebilen otsu bir bitkidir. . Beyaz Hindiba’nın Türkiye’deki varlığı çok daha yeni. Türkyede henüz yeni ve son 10 yıldır üretilmeye çalışılıyor. Belçika ve Holanda’da ise 1830’dan bu yana üretimi sürmektedir. Sıcak, nemli ya da kumlu topraklarda gelişmesi iyi olan bir bitkidir. Uzun toprak üzerinde gelişen yapraklara sahiptir.

Orta Avrupa, Güney Avrupa ülkelerinde birçok bölgede yetiştirilir. Ayrıca Balkanlarda ve ülkemizde Anadolu kesiminde de hemen hemen her yerde yetiştirilebilir.

Salatalarda ve yemeklerde yaygın olarak kullanılır. Yabani olarak da yol kenarlarında ve çayırlarda rastlamak mümkündür.

1.6.3. Beyaz hindiba bitkisinin biyolojik etkileri ve halk arasındaki kullanımları

Kullanılabilir kısımlar: Bitkinin medikal amaçlı kullanılan kısımları kurutulmuş veya taze toprak üstü kısımları ile kurutulmuş kök kısmıdır. Bitki, çiçeklendiği mevsim olan sonbaharda toplanarak kurutulur ve tüm yıl kullanılabilir.

Etkin Maddeler olan, seskiterpenler (seskiterpen laktonları, özellikle laktusin, laktukopikrin, guaionolid glikozidleri vs.), kafeik asit türevleri (sirorik asit, klorogenik asit, isoklorogenik asit, dikafeil tartarik asit), hidrosikumarinler, flavonoidler vs.

Hindiba yaprakları tıpkı kereviz gibi gıda olarak sıklıkla tüketilebilen bir yiyecektir, baharat olarak da kullanılabilir. Bitkinin kökleri de kaynatılarak yenilebilir. Hindibanın kök kısmı kurutulup kavrulup toz kahveye karıştırılabilir. Hindiba ayrıca safra üretimini de uyarak sindirime yardım eder. Dijitalis benzeri bileşenler içirdiği için kalp atım hızını düşürdüğü de düşünülmektedir. Bunun haricinde laktukopikrin ve diğer suda çözünen bileşikler içerdiğinden hafif sedatif (rahatlatıcı, gevşetici) etkisi de vardır. Hindibanın içeriğindeki seskiterpenlerin bakteriyostatik etkinlik gösterdiği (bakteri üremesini durdurucu) ayrıca hindibadaki maddelerin genel olarak antiinflamatuvar etkiye (iltihaplanmayı azaltıcı etki) sahip olduğu bilinmektedir.

Bunların haricinde hindiba güçlü bir antioksidan olan beta karoten içeriği açısından da zengindir. Safra salgısını arttırarak sindirimi kolaylaştırıcı etkileri vardır. Mide için iyi bir toniktir. Tohumların suda kaynatılarak demlendikten sonra suyu içilirse yada tohumları toz haline getirilerek yenilirse adet düzensizliklerine veya amenoreye (adet görememe) iyi gelir. Aynı zamanda toz haline getirilmiş tohumlar karaciğer için de etkili bir canlandırıcıdır. Karaciğerin yetersiz çalıştığı durumlarda ve tıkanıklıklarında, ayrıca dalağın ödem topladığı durumlarda kullanılması faydalıdır. Kökü kahveye alternatif bir içecek olarak tüketildiğinde hazma yardımcı olur.

Hindiba çiçeklerinden yapılan şerbet, karaciğer bozukluklarında şifa amaçlı kullanılmaktadır. Hindiba ayrıca vücuttaki taşları dökmek için faydalı bir bitkidir. Bunların yanı sıra hindiba Hint herbalizminde iştahsızlık, baş ağrıları, cilt alerjileri ve mide bulantısı gibi durumlar için de kullanılabilir. Beyaz hindiba besin değerleri;

Çizelge 1.2. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* besin değerleri

β- Karoten	1300,0 µg
B ₅ Vitamini	0,90 mg
Protein	1,3 g
Enerji	17,0 kcal
Karbonhidrat	3,4 g
Yağ	0,2 g
Potasyum	314,0 mg
Demir	0,8 mg
Manganez	0,42 mg

Su: 93,8 g bütün yaprakları aperatif ve dip soslarda atlık olarak da kullanılıyor. Beyaz hindiba bol oranda potasyum bulundurur. Lif ve su bakımından zengindir. Çiğ ve pişmiş olmak üzere iki şekilde tüketilebilir. Daha sonra asıl amacımız olan *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* bitkisinden elde edilen yağın GC-MS ile analiz edilecek ve kullanılabilir yerler hakkında yeni bilgiler ortaya uygulanacaktır.



Şekil 1.5. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* Çiçek Kısmı.



Şekil 1.6. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* Yaprak ve Kök Kısmı.



Şekil 1.7. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* Kök ve Yaprak Kısmı.

1.7. Yağlar

1.7.1. Yağların genel özellikleri

Eter, benzen, klorofom gibi polar olmayan organik çözücülerde çözünebilen bileşiklere genel olarak lipit (yağ) adı verilir. Organik bir bileşik olan lipitler, temel olarak karbon, hidrojen ve oksijenden oluşurlar. Ayrıca yapılarındaki farklılıkları oluşturan fosfor ve azot elementleri de bulunabilir. İçerdikleri karbon miktarı oksijen miktarından daha fazla olan yağlar, vücutta yakıldığı zaman karbohidrat ve proteinlerden daha çok enerji verirler. Buna karşılık yağların yakılmasında daha çok oksijene gereksinim vardır. Lipitler, birim ağırlıkta en yüksek enerjiyi vermesi ve enerji depolamada elverişli olması nedeniyle insan ve hayvan beslenmesinde önemli yer tutan ve karbohidratlardan sonra miktar açısından ikincil enerji kaynağı olan temel bileşenlerdir. Kutuplu bir yapıya sahip olmayan lipitler suda çok az çözünürler ya da çözünemezler.

Bitkiler hareketsiz organizmalar olduklarından, işlevlerini nişasta halindeki büyük enerji depoları yardımıyla sürdürürler. Tohumlar da bitkinin enerjiyi yağ şeklinde sıkıştırarak depoladığı yerler olduğu için bitkisel yağlar genellikle tohumlardan elde edilmektedir. Hayvanlar ise uzun dönemli besin depolarını kendileri ile birlikte taşıdıkları yağ (adipoz) hücrelerinde (adiposit) saklarlar. Adipoz doku böbrek gibi hayati organlara destek görevi yapar ve onları dış etkenlere karşı korur. Ayrıca deri altındaki yağ tabakası vücuttan ısı kaybını önler (ısı izolasyonu).

Yağların diğer bir önemli görevi de hücre zarının yapısına iştirak etmeleridir. Hücre zarı yağların katkısıyla akıcılık ve esneklik kazanır. Hidrofobik ve anyonik özellikleri ile hücre zarından bazı iyon ve polar maddelerin geçişine engel olurlar. İnsan vücudunun farklı bölgelerindeki oranı % 25 ile % 75 arasında değişmektedir. Doyma duyusunun oluşmasına yardımcı olur. Sindirim metabolizmasının düzenli yürümesini sağlar. Ayrıca yağda eriyen A, D, E ve K vitaminlerinin çözücüsü ve taşıyıcısıdır. Lipitler, vücudun direncini yükseltir. Lipitlerin hücrede oksidasyonu ile açığa çıkan çok miktardaki metabolik su, kış uykusuna yatan, olumsuz koşullarda uzun yolları kullanan hayvanlar için önem taşır.

Lipitler insan ve hayvanların temel besinleri arasında yer alır. Fazla alınan karbonhidrat ve proteinler yağa dönüştürülerek depolanır. Aşırı yağlı ya da yağa dönüştürülebilen besinler ile beslenme, obeziteye, dolaşım bozukluklarına dolayısı ile kalp ve damar hastalıklarına neden olur. Yağ asitleri, nötr lipitler (trigliserit), fosfolipitler ve steroidler biyolojik önem taşıyan lipitlere örnek verilebilir. Lipit kapsamında kabul edilen bileşiklerin sınıflandırılması farklı kaynaklarda farklı şekillerde yapılmakla birlikte şu şekilde özetlenebilir (Stoffel ve Grol, 1974).

Basit Lipitler, yalnızca C, H, O den meydana gelen ve yağ asitlerinin esterleri olan lipitlerdir. Bu lipidler;

Yağlar, trigliseritler, triaçilgliseroller ya da serbest olarak asidik veya bazik gruplar içermediği için nötral yağlar olarak da adlandırılır. Gliserol ve yağ asitlerinin dehidrasyon tepkimeleriyle bir araya gelmesiyle oluşur. Lipitlerin doğada en çok ve en yaygın bulunan şeklidir. Bitkisel ve hayvansal hücrelerin başlıca depo kaynağıdır. Yağ sentezi esas olarak karaciğer, yağ doku hücreleri, memedeki süt salgı bezleri ve bağırsak mukozasında gerçekleşir.

Mumlar, yağ asitlerinin, bir -OH grubuna sahip uzun zincirli doymuş monoalkoller ile yaptıkları esterlerdir. Mumlar yağlar kadar kolay hidrolize olmaz ve sabunlaşamazlar. Lipaz enzimleri mumları çok yavaş hidrolize edebildiğinden mumların besinsel değeri fazla olmamakla beraber, biyolojik yönden önem taşırlar. Çoğu bitkinin yaprakları ve meyvelerinin mumsu örtüyle kaplı olması su kaybını azaltır ve küçük otçul hayvanların zararından bitkiyi korur. Kuşların tüylerinin ve bazı hayvanların kürklerinin (postları), böceklerin dış iskeletlerinin mumsu örtüye sahip olması su kaybını engeller ve onları ıslanmaktan korur. Yine ağaç kurbağalarının saldıkları mumlar sayesinde kurak havalarda derinin kuruması engellenir. Bal peteğindeki mum sayesinde, peteğin suda erimesi engellenir ve yüksek erime ısıyla peteğin normal hava sıcaklığında katı kalmasını sağlar.

Fosfor içeren lipitler, lipitlerin yağlardan sonraki en önemli grubudur. Fosforik asidin (H_3PO_4) diesteridir. Alkolü gliseroldür. Gliserolün üçüncü hidroksil grubuna, eksi elektrik yükü taşıyan bir fosfat grubu bağlanmıştır; bu fosfat grubuna genellikle yüklü veya polar ek gruplar bağlanarak farklı fosfolipit gruplarını ortaya çıkarırlar. Olgun eritrositler dışında tüm hücrelerde fosfolipit sentezlenebilir. Fosfolipitler, daha çok

hayvansal dokularda (karaciğer, beyin ve yumurta sarısı) çok bulunan ve organizmanın gelişmesinde önemli rol oynayan maddelerdir.

Şeker içeren lipitler, karbohidrat içeren lipitlerdir. Sfingomiyelinlere benzemekle birlikte fosfat grubu yerine monosakkarit veya oligosakkarit içermeleriyle ayrılırlar. Galaktoz monosakkaritini içeren glikolipitlere serebrozit; oligosakkarit içerenlere de gangliozit denilir. Serebrozit ve gangliozitler, beyin ve sinir dokusunda hücre zarının dış yüzeyinde bulunur ve zar reseptörü olarak hücreler arası iletişimi sağlar. Ek olarak hücrelere antijenik özellik de sağlar.

Protein içeren lipitler, proteinlerin lipitlerle yaptıkları bileşikler olan lipoproteinler kandaki lipit taşıyıcı moleküllerdir. Lipoproteinlerin büyüklükleri 10-1000 nm arasında olur ve büyüklüklerine göre sınıflandırılırlar. Bunlardan vücutta en yaygın olanlar; şilomikronlar (yaklaşık 1000 nm), VLDL (çok düşük yoğunluklu lipoproteinler) (25-90 nm), LDL (düşük yoğunluklu lipoproteinler) (<26 nm), HDL (yüksek yoğunluklu lipoproteinler)' dir (6-12.5 nm). Besinle alınarak kana geçen hayvansal kolesterol ve trigliseritler şilomikronlar aracılığıyla karaciğere taşınır. Şilomikronlar taşıdıkları lipitlerin bir kısmını vücuttaki dokulara bırakarak tekrar karaciğere dönerler. Karaciğerde üretilen kolesterol ve diğer lipitler (trigliserit gibi) ise, VLDL olarak kana salgılanır. VLDL' de bulunan yağlar hücrelere aktarıldıkça VLDL' nin yapısı ve yoğunluğu değişerek zamanla LDL' ye dönüşür. Sonra, arta kalan bir miktar yağı ile birlikte LDL, kan yoluyla karaciğere döner. Yine karaciğerde sentezlenen HDL ise, vücut tarafından sentezlenen kolesterolün işlenerek vücuttan atılması için karaciğere taşır.

Türev Lipitler; Steroitler, karotenoitler, A, D, E ve K vitaminleri, basit ve bileşik lipitlerin hidrolizi sonucu oluşan alkoller (gliserol ve sfingozin), yağ asitleri, mono ve digliseritler, aldehitler ve ketonlar türev lipitler sınıfına dahil edilir. Bu grupta yağ asitleri, hidrokarbonlar, yağda eriyen renk maddeleri, yağda eriyen vitaminler, pro ve antioksidanlar, yüksek alkoller ve tat koku maddeleri yer almaktadır. Lipitlerin özelliklerini özetledikten sonra çalışmamızın esasını oluşturan yağ asitleri daha detaylı anlatılacaktır.

1.7.2. Yağ asitlerinin genel özellikleri

Katı ve sıvı yağlar, gliserol ve yağ asitleri bileşenlerinden oluşan trigliseritler grubunda yer alırlar. İçerdikleri yağ asitlerinin kompozisyonu yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemektedir (Kayahan, 2009). Bu özellikler onların, yemeklik sıvı yağ, sabun, parfümleri ve diğer endüstri kollarında kullanılmasını belirlemektedir. Yağı meydana getiren unsurlardan gliserol tüm yağ bitkilerinde aynı iken; diğer bileşen olan yağ asitleri her bir yağ bitkisinde farklı profillerde bulunmaktadır (Baydar, 2000). Bitkisel yağlarda bulunan en önemli doymuş yağ asidi palmitik (C16:0) ve stearik asittir (C18:0). Bunlar, kalite ve kantite anlamında oleik (C18:1), ve linoleik (C18:2) gibi doymamış yağ asitlerinden daha az önem taşırlar. Ayrıca türe özgü olarak laurik (C12:0), miristik (C14:0), palmitoleik (C16:1), araşidik (C20:0), eikosanoik (C20:1) gibi yağ asitlerine de rastlanmaktadır (Salisbury ve Ross, 1985).

Yağ asitleri yapısındaki karboksil grubunu (-COOH) taşıyan düz zincirli hidrokarbonlar, yağın en önemli unsurudur. Yağ asitleri; hidrokarbon zincirindeki karbon sayısı, karbon atomları arasında çift bağ bulunup bulunmaması, çift bağ varsa yeri ve sayısı gibi özelliklere göre tanımlanırlar (Baydar, 2000). Yağ asitlerinin yapısında yer alan hidrokarbon zinciri karbonları, -COOH karbonundan itibaren isimlendirilir: -COOH karbonuna komşu ilk karbon atomuna α -karbon, ikinciye β -karbon, üçüncüye γ -karbon denir. En sonda bulunan metil grubunun karbonu ise ω -karbon olarak isimlendirilir.

Yağ asitleri 4 ile 36 arasında karbon içeren karboksilik asitlerdir. Karbon-karbon atomları arasında tek bir kovalent bağdan (-C-C-) oluşan ve oda sıcaklığında genelde katı olan yağ asitleri doymuş yağ asitleri olarak adlandırılır. Asetik asit (C2:0), Propiyonik asit (C3:0), Bütirik asit (C4:0), Kaproik asit (C6:0), bitkilerde ve hayvanlarda en bol bulunan Palmitik asit (C16:0) ve Stearik asit (C18:0) doymuş yağ asitlerine örnektir.

Karbon-karbon atomları arasında en az bir çift bağ bulunan yağ asitleri doymamış yağ asitleri olarak adlandırılır. Yapıdaki çifte bağ sayısına göre; tekli doymamış (monoansatüre) iki veya daha çok sayıda çift bağ varsa çoklu doymamış (poliansatüre) yağ asidi olarak adlandırılır. Palmitoleik asit (C16:1), Oleik asit (C18:1) ve esansiyel yağ asitleri Linoleik asit (C18:2), γ -Linolenik asit (C18:3), α -Linolenik asit (C18:3) Araşidonik asit (C20:4) doymamış yağ asitlerindedir. Doymamış yağ asitleri zeytinyağı,

soya, mısır, ayçiçeği, fındık gibi bitkisel yağlarda ve somon, ton, uskumru gibi özellikle soğuk sularda yaşayan balıklarda bol miktarda bulunmaktadır.

Çoklu doymamış yağ asitlerinin tersine, tekli doymamış ve doymuş yağ asitleri; diğer yağ asitlerinden veya karbohidratlar gibi yağ asidi olmayan öncüllerden sentezlenebilir. İnsan vücudu, üç tanesi hariç, ihtiyaç duyduğu bütün yağ asitlerini kendi oluşturabilir. Bazı çoklu doymamış yağ asitleri vücutta sentezlenemediği için besin yoluyla dışarıdan alındıklarından “esansiyel yağ asitleri” olarak adlandırılırlar. Bunlar linoleik asit (C18:2 ω- 6) (LA), α-linolenik asit (C18:3 ω-3) (ALA) ve araşidonik asittir (C20:4) (AA).

1.7.2.1. Palmitik asit

Uzun zincirli ve çok önemli doymuş yağ asidi. Tabiatta pratik olarak bütün bitki ve hayvan yağlarında, ekseriya stearik asitle beraber bulunur. Birçok balık yağında % 10, pamuk yağında % 20 ve hurma yağında % 40 nisbetlerinde bulunur. Diğer yağ asitleri gibi palmitik asit de tabiatta serbest halde bulunmaz. Fakat, yine diğerleri gibi gliserinle esterleşmiş halde yağlarda bulunur ki, bunlara gliseridler denir. Palmitik asit, yağlarda gliserin tripalmitat olarak bulunur. Palmitik asidin formülü $CH_3(CH_2)_{14}CO_2H$ şeklinde olup, renksiz katıdır ve çeşitli kristal şekilleri vardır ki, bunlar içinde en kararlı olanının erime noktası 62.9°C'dir. Palmitik asit bir monokarboksilli asit olduğundan, bu sınıfın genel kimyasal özelliklerini gösterir. Mesela; alkollerle esterleri meydana getirirler.

1.7.2.2. Stearik asit

Stearik asit, $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ formülüyle gösterilen doymuş bir yağ asididir. Çoğu hayvan ve bitkiden elde edilen katı-sıvı yağlarda, ekseriya gliserid stearin şeklinde bulunur. Stearik asit ve bileşikleri, özellikle tuzları ticari önemi haizdirler. (Vikipedi)
Formül: $C_{18}H_{36}O_2$, Molar kütle: 284.4772 g/mol, Kaynama noktası: 361 °C, Yoğunluk: 941 kg/m³

1.7.2.3. Oleik asit

Oleik asit, doğada pek çok bitki yağında ve % 30 oranında hayvansal yağlarda gliserin esteri olarak bulunan doymamış yağ asididir. $C_{17}H_{33}COOH$ kimyasal formülle gösterilen, iki kristal yapıya sahip olan oleik asit, doymamış yağ asitlerinin en önemlisidir. Beta oleik asit 16.3 derecede erir, alfa oleik asit ise 13.4 derecede erir. Molekülün dokuzuncu ve onuncu karbonları arasında bir tane çift bağ bulunmaktadır. Açık sarı renkte, hücre zarı yapısında yeterince bulunan omega 9 serisinden 18 karbon atomlu tekli doymamış bir yağ asididir. Endüstri alanında stearik asit üretiminin alt ürünüdür. Basınç altında yağlı asit peltelerinden elde edilen sıvıdan üretilmektedir. Düşük basınçla damıtılabilir ve havanın etkisiyle acı bir koku verir. Oleik asit iki hidrojen atomunu bağlar ve stearik aside dönüşür. Nitrik asitle elaidik aside dönüştürülebilir. Suda çözünmeyen yağ asidi, alkolün içinde az miktarda çözünmekte, eter ve organik çözücülerin çoğunda iyi çözünmektedir. Doymamış yağ asidi olduğundan, katılma reaksiyonları vermektedir. Bromla katılma bileşiği vermektedir. Oleik asit zeytinyağının bileşiminde % 71-91 oranında bulunmaktadır. Ayrıca fındık yağı, ayçiçek yağı gibi bitkisel yağlarda da bulunmaktadır.

Yağların hidrolizinden elde edilen oleik asit, hidrolizde katalizör şeklinde, çinko ya da aromatik sülfanik asit kullanılmaktadır. Serbest asit şeklinde ayrılan asit, soğutulur ve preslenerek uzaklaştırılır. Daha sonra düşük basınçta fraksiyonlu destilasyon yoluyla saflaştırılır.

Daha çok sabun yapımında, tıp alanında, cila üretiminde, deri ve tekstil alanında kullanılır. Sabun sanayisinin hammaddesi konumundadır. Tekli doymamış yağ asidi olarak yüksek tansiyon riskini azalttığı, kolesterolü dengeleyerek kalp ve damar hastalıklarına karşı koruma sağladığı yapılan araştırmalarla tespit edilmiştir. Ayrıca şeker hastalarının insülin ihtiyacını azaltmakta ve kanser türlerine karşı koruyucu etki yapmaktadır.

Bu yağ asidi eser miktarda HNO_2 (Nitröz asit) ile işlem gördüğünde katı elaidik asit üretimi için kullanılır. Mürekkep üretiminde amin yağlayıcı ajan olarak kullanılmaktadır. Linoleik asit, vücudumuzun çeşitli fizyolojik fonksiyonlarını düzgün gerçekleştirebilmesi için ihtiyaç duyulan, esansiyel yağ asitlerinden biridir. Esansiyel yağ

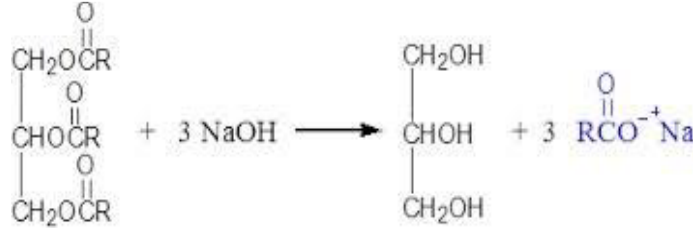
asitleri vücut tarafından sentez edilemez; bu nedenle dışarıdan takviyelerle veya besinler yoluyla alınmalıdır.

1.7.2.4. Linoleik asit

Çoklu doymamış bir yağ asididir ve çoğunlukla organik hücre zarlarında mevcut olan yağlarda bulunur. Linoleik asit, en çok bitkisel yağlar ve tohum yağında yaygındır. Linoleik asitlerin tüketimi neden önemlidir? Linoleik asit eksikliği, doğrudan kuru cilt, kırılğan saçlar, yaraların iyileşmesinde zorluk, saç dökülmesi gibi bazı koşullar ile ilişkilidir.

Linoleik asitten zengin gıdaların arasında süt, kuzu ve sığır linoleik asitin iyi kaynaklarıdır. Fare ve sıçanlar üzerinde yapılan deneyler özellikle kolon, meme bezleri ve deri tümörlerinin büyümesini engellediğini göstermiştir. Her ne kadar linoleik asit vücudumuz için yararlıysa da, her şey de olduğu gibi onun da fazlası zararlıdır. Bazı sık görülen yan etkileri ishal, bulantı, artmış kan şekeri, mide ekşimesi, HDL kolesterol düzeylerinde azalma, kızarıklık, ürtiker ve kaşıntılı cilttir. En ciddi yan etkilerinden biri artan diyabet riskine yol açan insülin direncinin daha da ağırlaşmasıdır. Burada asıl önemli olan dengeyi sağlamaktır. Vitaminler, mineraller, proteinler, karbonhidratlar, yağlar unutmayın ki vücudunuzun bunların hepsine ihtiyacı var. Maksimum faydayı sağlamak için aşırıya kaçmadan bu besin öğelerinin hepsini beslenmenize dahil etmelisiniz.

Esansiyel yağ asitleri; kan pıhtılaşması, kan basıncı, kan lipit seviyelerini, bağışıklık ve enfeksiyona bağlı yangısal (enflamasyon) tepkileri denetleyen prostaglandin sentezinde kullanılırlar. Balık tüketiminin az, kaynakların sınırlı ve maliyetin yüksek olması, esansiyel yağ asitleri için daha çok bitkilerin tercih edilmesine yol açmıştır. Bu nedenle son yıllardaki çalışmalarda yüksek besleyici ve farmasötik içerikli yeni tohum yağlarının araştırılmasına odaklanılmıştır (Oomah ve ark., 2002; Besbes ve ark., 2005; Yamasak ve ark., 2016).

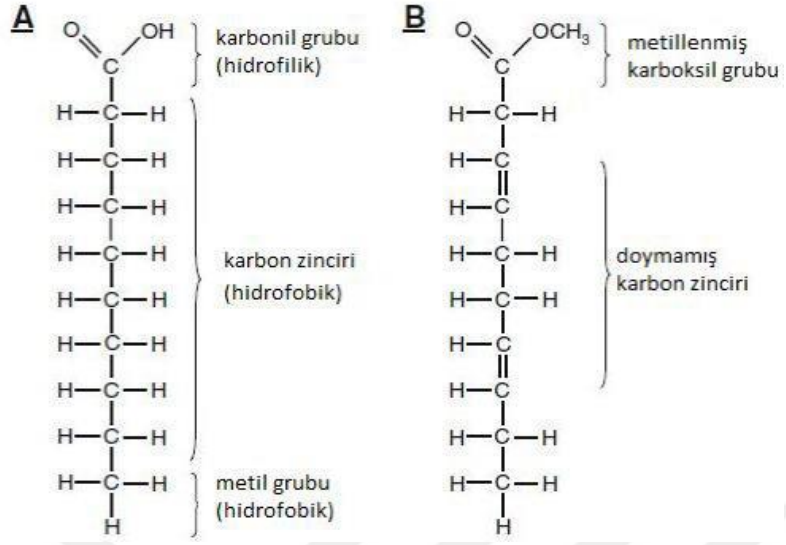


Şekil 1.8. Yağlardan yağ asitlerinin oluşumu.

1.7.3. Yağ asitlerinin adlandırılması

Yağ asitlerinin isimlendirilmesinde kullanılan geleneksel adların, asitlerin kimyasal yapılarının incelenmeden önce konduğu ve çoğu kez asidin kaynağını belirtecek şekilde seçildikleri bildirilmiştir. Örneğin, palmitik (hurma: İng. Palm), oleik (zeytinyağı: Olea europea), linoleik ve linolenik (keten tohumu: İng. Linseed), risinoleik (hintyağı: Ricinus communis) ve araşidik asit (Arachis hypogea). Ancak geleneksel isimlerin kullanımı kolay olmasına rağmen, maddenin yapısını özetleyici olmadığı bildirilmektedir.

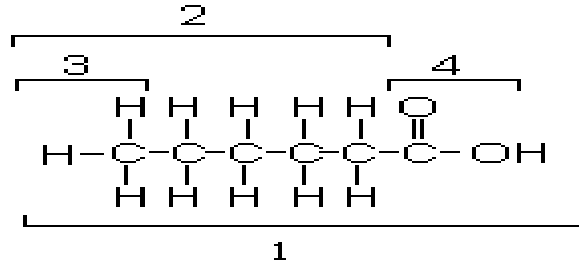
Uluslararası Teorik ve Uygulamalı Kimya Birliği (IUPAC) tarafından yağ asitlerinin zincir uzunluğu, çift bağların konumu ve doymamışlık dereceleri dikkate alınarak kısa ve sistematik olmak üzere iki farklı şekilde isimlendirilme yapılmıştır. Kısa isimlendirme yapılırken “ n veya ω ” kısaltmaları, sistematik isimlendirme yapılırken ise “ Δ ” terminolojisi kullanılmaktadır. Her iki sistemde ayırım iki nokta (:) ile olur. Bu isimlendirme sistemlerinde; noktalama işaretinden önce karbon, sonra çift bağların sayısı verilmektedir. Δ adlandırma yönteminde ise zincirin karboksil ucuna göre çift bağların konumunu belirlemede sayısal değerler kullanılmaktadır. Örneğin, 18 karbon ve 3 çift bağ içeren α -linolenik asit 18:3 Δ 9,12,15 zincirin karboksil ucunun son tarafından itibaren 9,12,15. karbonlarında çift bağ içermektedir. Kısa isimlendirmede ise yağ asidinin metil ucundan itibaren çift bağın konumuna göre yani α -linolenik asit 18:3 n-3 veya 18:3 ω -3 şeklinde yapılmakta ve metil ucundan sonra ilk çift bağın 3 ile 4. arasında veya 3. Karbon arasında olduğunu göstermektedir.



Şekil 1.9. Yağ asitlerinin genel iskelet yapısı (A: doymuş yağ asiti, B: doymamış yağ asiti).



Şekil 1.10. Bazı yağ asidi molekülleri.



1. Yağ asidi
2. Alifatik karbon zinciri
3. Terminal metil grubu
4. Karboksil grubu

Şekil 1.11. Bir yağ asidinin genel formülü.

1.7.4. Yağ asitlerin numaralandırılması

Yağ asitlerinin kısaca gösterilmesi mümkündür. Eğer yağ asidi doymuş bir yağ asidi ise yağ asidinin karbon sayısı yazılır. Üst üste iki nokta konduktan sonra zincirde çift bağ bulunmadığını göstermek için sıfır sayısı yazılır. Örneğin palmitik asit 16 karbonlu doymuş bir yağ asididir. Buna göre 16:0 şeklinde gösterilir. Doymamış yağ asitlerinde durum daha farklıdır. Çünkü hem çift bağların sayısının ve hem de konumlarının gösterilmesi gerekir. Bunun için çeşitli düzenlemeler kullanılmaktadır. Bu gösterimlerin bazılarında yağ asidinin karbon sayısı yazılır. Üst üste iki nokta konduktan sonra doymamış yağ asidindeki mevcut çift bağ sayısı yazılır. Daha sonra açılan parantez içerisinde de çift bağın yeri belirtilir. Örneğin oleik asit 18 karbonludur, 1 çift bağ taşımaktadır. Çift bağların yerleri ise 9-10 karbonlar arasındadır. Dolayısı ile bu sisteme göre 18:1 (9) şeklinde gösterilir. Parantez yerine ";" işaretide kullanılabilir. Diğer bir şekilde ise çift bağın yerinin gösterilmesinde delta (Δ) işareti kullanılır. Oleik asit örneği tekrar ele alınacak olursa 18: 1 Δ 9 gibi.

Günümüzde doymamış yağ asitlerindeki bu sistem yerine, karbon ve çift bağ sayısının önüne hidrokarbon zincir ω -karbon (n-karbon) atomdan itibaren sayılarak ilk çift bağın yerinin gösterildiği sistem kullanılmaktadır; oleik asit için ω -9, 18:1 gibi. Bu çift bağın ω atomundan itibaren sayıldığında 9-10 karbonlar arasında olduğunu gösterir.

Doymamış yağ asitleri “ ω -karbon” atomuna göre dizgilendiğinde hayvansal organizmalar için önemli olan ve ω -9, ω -6 veya ω -3 olarak bilinen yağ asitleri serilerinin oluşumuna yol açmaktadır.

1.7.5. Yağ asitlerinin yapısı ve sınıflandırılması

Yağ asitlerinin genel formülü $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n \text{COOH}$ olarak gösterilebilir. Trigliseridler, gliserol adlı küçük bir molekülle birbirine bağlanan üç yağ asidinden oluşur.

1.7.5.1. Doymuş yağ asitleri

Doymuş yağ asitleri karbon- karbon (-C-C-) atomları arasında tek bir kovalent bağdan oluşan ve oda sıcaklığında genelde katı olan yağ asitleridir. Bu yağ asitlerince zengin olan yağlara doymuş yağlar denir. “Doymuş” terimi hidrojenle ilişkili olarak kullanılır ve karboksilik asit [-COOH] grubu dışında kalan diğer karbonların olabildiğince çok hidrojenle bağ yapmış olduğu anlamını taşımaktadır.

$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$ genel formülü ile ifade edilirler. Buradaki “n” sayısı genellikle çifttir. Doymuş yağ asitlerinin; 2-6 karbonluları kısa zincirli, 8-12 karbonluları orta zincirli, daha fazla karbonluları uzun zincirli olarak tanımlanır. 12’ den az sayıda karbon taşıyanlar ile 20 ve daha fazla sayıda karbon atomu taşıyan doymuş yağ asitlerine daha az rastlanmaktadır. Bitkisel yağlarda en çok bulunan doymuş yağ asitinin “palmitik asit” olduğu bildirilmektedir.

Doymuş yağ asitleri düzenli bir konfigürasyona sahip olup, istenilen sıcaklıkta katı bir kristal oluştururlar. Erime noktalarının yüksek oluşu buna bağlıdır. Doymuş yağ asitlerindeki hidrokarbon zinciri, ana omurgadaki tek bağların kendi etraflarında serbest hareket edebilmesinden dolayı tamamen kıvrılabilir bir yapıya sahiptir. Bu nedenle çok sayıda konformasyon şeklini, yani “en az enerji gerektiren şeklini” kazanırlar. Doymuş yağ asitleri, insan vücudunda sentez edildiğinden, yağ tüketilmese bile bu tür yağ asitleri karbonhidrat metabolizması ile oluşan moleküllerden sentez edilebilir. Doymuş yağ asitlerinde karbon sayısı belirten ismin sonuna “-oik” eki, doymamış yağ asitlerinde ise “-enoik” eki getirilerek isimlendirme yapılır.

Çizelge 1.3. Doymuş Yağ Asitlerinin isim, Sistematik isim, Yapı ve Sembol

İSİM	SİSTEMATİK İSİM	YAPI	SEMBOL
Bütirik asit	Bütanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COH}$	C4:0
Kaproik asit	Hekzanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COH}$	C6:0
Kaprilik asit	Oktanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COH}$	C8:0
Laurik asit	Dodekanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COH}$	C12:0
Miristik asit	Tetradekanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COH}$	C14:0
Stearik asit	Oktadekanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COH}$	C18:0
Araşidik asit	Eikozanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COH}$	C20:0
Behinik asit	Dokosanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{20}\text{COH}$	C22:0
Lignoserik asit	Tetrakosanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{22}\text{COH}$	C24:0
Serotik asit	Hekzakosanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{COH}$	C26:0
Montanik asit	Oktakosanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{26}\text{COH}$	C28:0
Melisik asit	Triakontanoik asit	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{COH}$	C30:0

1.7.4.2. Doymamış yağ asitleri

Doymamış yağ asitleri karbon zinciri üzerinde çeşitli konumlarda, karbon-karbon arasında bir veya birden fazla kovalent çift bağ içeren yağ asitleri olarak adlandırılır. Doymamış yağ asitlerinin doymuş yağ asitlerine göre daha reaktif olmasının nedeni yapılarındaki çift bağlardır. Çift bağlar oksidasyon ve diğer kimyasal tepkimeleri gösterdikleri için, çift bağların sayısı arttığında hızlı bir biçimde oksidasyonu artar. Çift bağların iki yanındaki karbon atomları cis ya da trans konumda bulunabilirler. Cis konumda iki komşu hidrojen, çift bağın aynı tarafında olup, çift bağla birbirine bağlı atomlar bu bağın eksenini etrafında dönemediklerinden, cis izomeri durumunda yağ asidinin zinciri bu noktada bükük olur ve zincirin hareket serbestliği azalır. Bir zincirde ne kadar çok cis konumlu çift bağ olursa zincirin esnekliği o derece azalır. Örneğin; bir tane çift bağlı oleik asitte bir "köşe" bulunurken, α -linolenik asit üç tane cis bağından dolayı çengel görünümündedir.

Trans konumda çift bağlı karbonlara komşu iki hidrojen, çift bağın karşı taraflarında yer alırlar. Bu yüzden zincir fazla eğilmez. Bu tür yağ asitleri şekilleri bakımından doymuş yağ asitlerine benzerler.

Bitkisel yağlarda yer alan doymamış yağlar, yağ asitlerinin cis izomerlerinden oluşur. Trans yağ asitleri ise sıvı bitki yağlarının hidrojenizasyonu sırasında oluşan izomerlerdir.

Doymamış yağ asitleri $C_nH_{2(n-a)}O_2$ genel formülü ile gösterilmektedir. Bu formüldeki “a” çifte bağ sayısını göstermektedir. Yağ asiti zincirinin sonundaki metil grubu ile karboksil grubuna en uzak konumda bulunan çifte bağ arasındaki karbon atomu sayısına göre doymamış yağ asitleri n-3 ya da ω -3 ve n-6 ya da ω -6, n-9, vb. yağ asitleri olarak sınıflandırılmaktadırlar. Ω (ω) ve n olarak ifade edilen adlandırma, yağ asitlerinin sınıfını belirtmektedir. Bu ifade biçiminde; terminal metil grubundan itibaren sayıldığında etilenik bağların pozisyonunu göstermektedir. Yağ asitlerini tanımlarken kullanılan ilk rakam içerdikleri karbon atomu sayısını, ikinci rakam çifte bağ sayısını, ‘n’ harfinden sonra gelen rakam ise yağ asitinin metil ucundan başlanınca ilk çifte bağın kaçınıcı karbondaki olduğunu gösterir.

Doymamış yağ asitleri; tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tekli doymamış yağ asitleri insan vücudunda sentez edilebilir. Tekli doymamış yağ asitlerine oleik asit, gadoleik asit, palmitoleik asit ve erusik asit, çoklu doymamış yağ asitlerine (Poly Unsaturated Fatty Acids-PUFAs) linoleik asit (LA), α linolenik asit (ALA), γ -linolenik asit (GLA), araşidonik asit (AA) ve dokozaheksaenoik asit (DHA) örnek verilebilir.

Çoklu doymamış yağ asitleri (PUFAs) aileler olarak gruplandırılmıştır. İki ana grup, linoleik asit tabanlı n-6 asitleri ve α -linolenik asit tabanlı n-3 asitleridir. Diğer iki küçük grup ise oleik asit (n-9) ve 9-hekzadekenoik asit (n-7)’ tir. n-3 ve n-6 PUFA’ lar esansiyel yağ asitleri olarak bilinmektedir. İki ya da daha fazla sayıda çifte bağ taşıyan, insan vücudunda sentezlenemeyen ve diyetle alınması gereken yağ asitlerine ‘’esansiyel yağ asitleri’’ denir.

Çizelge 1.4. Doymamış yağ asitlerinin isim, sistematik isim, yapı ve sembol

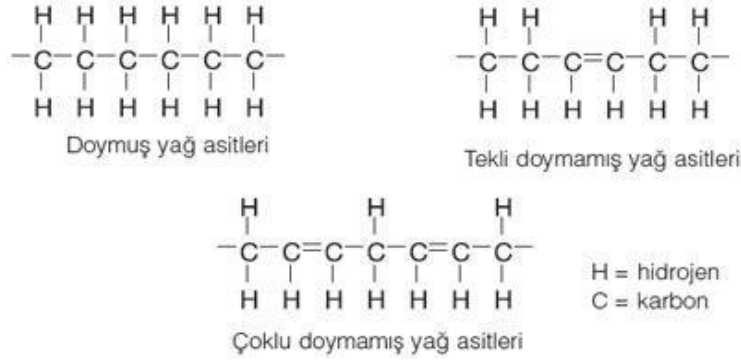
İsim	Sistematik isim	Yapı	Sembol	Seri
Palmitoleik asit	Z)-9- hegzadesenoik asit	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	16:1	ω-7
Oleik asit	Z)-9-oktadesenoik asit	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	18:1	ω-9
Linoleik asit	(Z,Z)-9,12- oktadekadienoik asit	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	18:2	ω-6
α-Linolenik asit (ALA)	Z,Z,Z)-9,12,15- oktadekatrienoik asit	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	18:3	ω-3
γ-Linolenik asit (GLA)	(Z,Z,Z)-6,9,12- oktadekatrienoik asit	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	18:3	ω-6

1.7.4.3. Çoklu doymamış yağ asitleri

Çoklu doymamış yağ asitlerinde, çifte bağların transformasyonu ile meydana gelen pozisyonel ve geometrik izomer karışımlara ‘konjuge yağ asitleri’ denir. Konjuge linoleik asit (CLA) terimi karbon zincirinin Δ7,9-, Δ8,10-, Δ9,11-, Δ10,12- ve/veya Δ11,13- pozisyonlarında cis veya trans çifte bağ konfigürasyonu içeren oktadekadienoik asiti’ in pozisyonel ve geometrik izomerleri karışımı olarak tanımlanmaktadır. Bitkilerde CLA oluşumu ısı etkisi altında, et ve sütteki CLA oluşumu ise; rumendeki uzun zincirli yağ asitlerinin mikrobiyal enzimatik reaksiyonlarında linoleik asit önce cis-9, trans-11 izomerlerine, daha sonra vaksenik aside (C:18.1 trans-11) ve sonunda stearik aside (C18:0) dönüştürülmektedir.

Linoleik asit’ in en az 8 farklı izomeri bulunmaktadır. c9 ve t11 izomeri ile t10 ve c12 izomerleri en sık rastlanan izomerleridir. Bu izomerlerden c9, t11 izomeri biyolojik aktiviteye sahip en doğal form olarak bilinmektedir.

Antikanserojenik özelliğe sahip linoleik asitin 4 izomeri tanımlanmış, saflaştırılmış ve epidemiyolojik çalışmalarda kullanılmıştır. İzomerlerin çoğunun hayvan türlerinde tümör gelişimini baskıladığı ve çoğu kanserli hücrelerin yayılımını inhibe ettiği görülmüştür. Cis-9, trans-11 izomerine dayanan CLA ile zenginleştirilmiş sığır sütünün insanlarda meme kanseri hücrelerinin gelişimini engellediği ve vücudun savunma sisteminde süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon peroksidaz gibi antioksidanları da arttırdığı bildirilmiştir.



Şekil 1.12. Doymuş, tekli doymamış ve çoklu doymamış yağ asitlerinin moleküler yapısının basitleştirilmiş şeması.

1.7.4.4. Tekli Doymamış Yağ Asitleri (TDYA)

Yağ asidi zincirindeki yan yana karbon atomlarının her ikisinden bir hidrojen atomu çıkarsa bu iki karbon atomu arasında bir çift bağ oluşur. Böyle sadece bir çift bağ içeren yağ asitleri tekli doymamış yağ asitleri olarak tanımlanır. Çift bağlar muhtemelen oksidasyon ve diğer kimyasal tepkimeleri gösterirler. Çift bağların sayısı arttığı zaman hızlı bir biçimde oksidasyonu artar. Çift bağlar zincire düzensiz bir özellik katar. Yan yana iki karbon atomu üzerinde duran hidrojen atomları bağın aynı tarafında uzandığında bu cis çift bağ olarak bilinir. İki hidrojen atomu bağın karşı taraflarında uzandığında zayıf bir düğüm oluşur ve bu trans izomer olarak tanımlanır. Var olan bu iki durum bir tek çift bağın kendi etrafındaki serbest dönmesini engellediği için çift bağ bir sınırlama ya da uzayda eğilmeme şeklinde tanımlanır.

1.7.4.5. Esansiyel yağ asitleri

İnsan vücudu, yağ asitlerine, karboksilik asit tarafından sayılmak üzere 9. Karbondan sonrasına çift bağ ekleyemez. İnsan vücudu tarafından gereksinim duyulan, çoklu doymamış bağlara sahip dolayısıyla besin yoluyla alınmaları gereken yağ asitlerine esansiyel yağ asitleri denir. Bu yağ asitleri insan metabolizmasında biyogenetik olarak gerekli enzimlerin bulunmamasından dolayı sentezlenemezler böylece diyet yoluyla günlük olarak alınmaları gerekir. Numaralandırmaya metil uçlarından başlamak üzere 3. ya da 6. karbondaki çift bağ olmasıyla ayırt edilen iki tür esansiyel yağ asidi (Omega-3 ve

Omega-6) genel olarak dokuda ve vücut sıvısında bulunur. Bu iki esansiyel yağ asidi; Linoleik asit “LA; 18:2 (ω -6)” ve α -linolenik asittir “ALA; 18:3 (ω -3)”. Bunlar bitki yağlarında bol miktarda bulunurlar.

Esansiyel yağ asitleri vücut tarafından üretilemezler yani vitaminler ve aminoasitler gibi vücut fonksiyonları için esansiyel maddelerdir. Hücre membranının esnekliği, akışkanlığı esansiyel yağ asitlerinin membrandaki miktarına bağlıdır.

Esansiyel yağ asitleri biyolojik hücre membranlarının asıl yapısal bileşenleri olup sağlıklı hücre fonksiyonları için hem ω -6 hem de ω -3 yağ asitlerinin dengeli bir şekilde tüketilmesi gerekmektedir. Esansiyel yağ asidi eksikliğinde görülen belirti ve bulguları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

Hafıza ve mental fonksiyonlarda zayıflama, görme fonksiyonlarında azalma, pıhtılaşma eğiliminde artma, bağışıklık fonksiyonlarında azalma, trigliserid ve kolesterol seviyesinde artma, membran fonksiyonlarında bozukluk, bebeklerde ve çocuklarda büyüme geriliği, egzama, seboreik dermatit (kepek), saç dökülmesi, erkeklerde kısırlık, kan dolaşımında olumsuz etki, kan basıncında artma, yara iyileşmesinde yavaşlama.

1.7.4.6. Yağ asitlerinin önemi

Yağ asitleri zararlı bakteriler ve böcekleri öldürücü etkisinin yanında, insan beslenmesinde de önemli yere sahiptir. Bu yağ asitleri sadece yüksek enerji kaynağı olmayıp, yağda çözünen vitaminleri içermeleri, kan lipit düzeyindeki rolleri ve metinde verilen diğer birçok nedenden dolayı oldukça önemlidirler. Doymuş yağlardan elde edilen kalorisinin %10'dan az olması, yağlardan elde edilen günlük kalorisinin ise % 30-35'den fazla olmaması gerekmektedir.

Yağ asitlerinin fiziksel, kimyasal ve beslenmedeki rolleri moleküldeki karbon atomu sayısı, doymuşluk derecesi, karbon atomları arasındaki çift bağ sayısı ve karbon atomlarına bağlı hidrojenlerin pozisyonu ile belirlenmektedir.

Doymuş yağ asitleriyle alınan kalori, diğer yağ asitlerinin verdiği kaloriyle aynı olmasına rağmen; vücutta yağ birikimi ve kilo alımına neden olmaktadır. Kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin iyileştirilmesinde doymuş yağların tüketiminin azaltılması ve alınan doymuş yağ miktarının toplam enerjinin %7'sinden az olması gerektiği belirtilmektedir. Doymuş yağ asitleri kandaki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL, kötü

kolesterol) temizlenmesini engellemektedir. Bunun sonucunda damarlarda birikinti oluşturarak ateroskleroza neden olabilmektedir. Doymuş yağ asitlerinin kanın yağ oranını ve LDL kolesterol düzeyini yükselttiği, diyabete eğilimi artırdığı belirtilmektedir.

Tekli doymamış yağ asitlerinin (TDYA), LDL kolesterol üzerindeki etkileri nötral olmasına karşın, yüksek yoğunluklu lipoproteini (HDL kolesterol, iyi kolesterol) artırıcı etkisi vardır. TDYA kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin iyileştirilmesinde rol oynadığı için doymuş yağların tüketiminin azaltılması, TDYA'nın tüketiminin artırılması gereklidir. Ancak, bu olumlu etkilerine rağmen TDYA miktarının toplam enerjinin %20'sini geçmemesi gerektiği belirtilmektedir.

Kan damarları ve diğer vücut fonksiyonlarını kontrol ederler. Bu nedenlerle, çok uzun zincirli ÇDYA (C18-22) ve ω -3 omega yağ asitleri metabolizma üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı modern beslenmenin bir parçası olarak kabul edilmektedir. En önemlisi de, omega 3 yağ asitlerinin kalp-damar hastalıkları ve kansere karşı koruyucu etkisi, bunların daha önemli olmasına yol açmıştır.

Konjuge linoleik asit (KLA), linoleik asidin (cis-9, cis-12, octadekadienoik asit) geometrik ve pozisyonel izomerlerini kapsamaktadır. KLA'nın kansere karşı koruyucu, Vücut yağını azaltıcı, obeziteyi engelleyici, bağışıklığı artırıcı ve antidiabetik özellikte olup insan sağlığı üzerine yararlı etkileri bulunmaktadır.

Yüksek miktarda trans yağ asidi içeren gıdalarla beslenme sonucu LDL kolesterolde artış HDL kolesterolde azalma meydana gelmektedir. Bu durum da kalp-damar hastalıklarına neden olmaktadır. Beslenme rejiminde trans yağ tüketim oranına dikkat edilmelidir.

1.7.4.7. Antimikrobiyal savunmada serbest yağ asitleri

Yağ asitleri zararlı bakteriler ve böcekleri öldürücü etkisinin yanında, insan beslenmesinde de önemli yere sahiptir. Bu yağ asitleri sadece yüksek enerji kaynağı olmayıp, yağda çözünen vitaminleri içermeleri, kan lipit düzeyindeki rolleri ve metinde verilen diğer birçok nedenden dolayı oldukça önemlidirler. Doymuş yağlardan elde edilen kalorinin %10'dan az olması, yağlardan elde edilen günlük kalorinin ise % 30-35'den fazla olmaması gerekmektedir.

Yağ asitlerinin fiziksel, kimyasal ve beslenmedeki rolleri moleküldeki karbon atomu sayısı, doymuşluk derecesi, karbon atomları arasındaki çift bağ sayısı ve karbon atomlarına bağlı hidrojenlerin pozisyonu ile belirlenmektedir.

Doymuş yağ asitleriyle alınan kalori, diğer yağ asitlerinin verdiği kaloriyle aynı olmasına rağmen; vücutta yağ birikimi ve kilo alımına neden olmaktadır. Kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin iyileştirilmesinde doymuş yağların tüketiminin azaltılması ve alınan doymuş yağ miktarının toplam enerjinin %7'sinden az olması gerektiği belirtilmektedir. Doymuş yağ asitleri kandaki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL, kötü kolesterol) temizlenmesini engellemektedir. Bunun sonucunda damarlarda birikinti oluşturarak ateroskleroza neden olabilmektedir. Doymuş yağ asitlerinin kanın yağ oranını ve LDL kolesterol düzeyini yükselttiği, diyabete eğilimi artırdığı belirtilmektedir.

Tekli doymamış yağ asitlerinin (TDYA), LDL kolesterol üzerindeki etkileri nötral olmasına karşın, yüksek yoğunluklu lipoproteini (HDL kolesterol, iyi kolesterol) artırıcı etkisi vardır. TDYA kalp damar hastalıkları risk faktörlerinin iyileştirilmesinde rol oynadığı için doymuş yağların tüketiminin azaltılması, TDYA'nin tüketiminin artırılması gereklidir. Ancak, bu olumlu etkilerine rağmen TDYA miktarının toplam enerjinin %20'sini geçmemesi gerektiği belirtilmektedir.

Kan damarları ve diğer vücut fonksiyonlarını kontrol ederler. Bu nedenlerle, çok uzun zincirli ÇDYA (C18-22) ve ω -3 omega yağ asitleri metabolizma üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı modern beslenmenin bir parçası olarak kabul edilmektedir. En önemlisi de, omega 3 yağ asitlerinin kalp-damar hastalıkları ve kansere karşı koruyucu etkisi, bunların daha önemli olmasına yol açmıştır.

Konjuge linoleik asit (KLA), linoleik asidin (cis-9, cis-12, octadekadienoik asit) geometrik ve pozisyonel izomerlerini kapsamaktadır. KLA'nın kansere karşı koruyucu, Vücut yağını azaltıcı, obeziteyi engelleyici, bağıışıklığı artırıcı ve antidiabetik özellikte olup insan sağlığı üzerine yararlı etkileri bulunmaktadır.

Yüksek miktarda trans yağ asidi içeren gıdalarla beslenme sonucu LDL kolesterolde artış HDL kolesterolde azalma meydana gelmektedir. Bu durum da kalp-damar hastalıklarına neden olmaktadır. Beslenme rejiminde trans yağ tüketim oranına dikkat edilmelidir.

Serbest yağ asitlerinin biyolojik aktiviteleri, potansiyel patolojik ve fırsatçı (oportünistik) mikroorganizmalara karşı dirençte etkilidirler. Bu etkinin önemli bir tarafı da bakterilerin gelişimlerinin durdurulması yahut direkt olarak öldürülmeleridir. Serbest yağ asitlerinin antibakteriyel etkileri, çeşitli organizmalardan elde edilmiş ekstrelerin biyoaktivite çalışmalarında sıkça gözlemlenir. Bu etkiler tipik olarak genel bir spektruma sahiptir ve kuvvetleri, besiyeri ortamında doğal antimikrobiyal peptitlerle karşılaştırılabilir. Serbest yağ asitleri; memeliler, bitkiler, yumuşakçalar, su yosunları ve amfibiler dâhil birçok çok hücreli organizmanın antimikrobiyal savunmasında görev alır. Serbest yağ asitleri, üzerlerinde oldukça fazla çalışılmış antimikrobiyal peptitler kadar yapısal çeşitliliğe sahip olmasalar da, insanlarda doğuştan gelen bağışıklık sisteminin önemi, özellikle deri ve mukoza yüzeylerinin savunmasındaki önemi kabul görmüştür. Gerçekten de, insan derisi lipit örneklerinde serbest yağ asitleri en aktif antimikrobiyal etkindir ve derideki mevcudiyetleri, bakteri mikrobiyotasını kontrol etmede yeterlidir. Bakterileri inhibe etmenin ya da öldürmenin yanında, serbest yağ asitleri deri yüzeyinde asidik bir pH sağlayarak bakteri gelişimine elverişsiz bir ortam oluştururlar.

Genel olarak yağ asitleri gram (+) bakteriler ve mayaların en etkin inhibitörleridirler. Laurik, miristik, palmitik asitlerin bakterilere, kaprik ve laurik asitlerin ise mayalara karşı etkili inhibitörler oldukları bilinmektedir. Yağ asitlerinin inhibitör aktivitesi çift bağ sayısı ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Yağ asitleri hafif asitli gıdalar ve diğer koruyucuların tam etki gösteremedikleri bazı gıdalar için potansiyel bir inhibitördür.

1.7.4.8. Bitki koruma ve yağ asitleri

Yağ asidi ekstraları hedef organizmanın hücre zarı bileşenleriyle etkileşir ve zarın bütünlüğünü bozarak ölüme yol açar. Çeşitli yağ asitleri böcek, mantar, bitki ya da yosun öldürücü olarak etkilidir. Pelargonik asidin insektisit olarak kullanımı, bitkilerde, meyvelerde ya da süs bitkilerinde çeşitli böcek türlerinin kontrolünü; mantar öldürücü olarak kullanımı, üzüm, gül ya da diğer mahsulde hastalık kontrolünü; bitki öldürücü olarak kullanımı ise bahçelerde ot ve yosun büyümesi kontrolünü kapsar. Hedef haşereye geniş alanda etki etmesi için sprey olarak kullanılırlar.

Yağ asitleri, sıvı konsantre formülasyonlarında satılmaktadır. Yaprak biti gibi yumuşak vücutlu böcekleri kontrol etmekte ve külleme hastalığının patojenlerinin tedavi edici kontrolünde kullanılırlar. Bahçelerdeki yosunları ve çitlerde, çatılarda ve seralarda büyüyen koyunotunun kontrolünde etkilidirler. Ayrıca meyve seyreltici olarak kullanılanları da piyasada bulunmaktadır.

1.8. Ekstraksiyon

1.8.1. Ekstraksiyon tekniğinin tarihçesi

İnsanlık tarihinde ekstraksiyon tekniğinin kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. M.Ö. 2700'lerde Çin Medeniyetinde, İmparator CHIN-NONG zamanından bu yana bilinmektedir.

Ekstraksiyon için ilk başlarda çözücü olarak su kullanılıyordu. Daha sonra ise sirke, şarap ve yağ kullanılmıştır. Perkolasyon yöntemini ilk olarak ARISTOT (M.Ö.350) ham potas elde etme amacıyla kullanmıştır. Perkolasyon yöntemini eczacılıkta alanında 19. Yy da Real ve Boullay kullanmışlardır.

1.8.2. Ekstraksiyonun tanım ve özellikleri

Ekstraksiyon kelimesi Latince “Extrahere” (çekme) sözcüğünden kaynaklanan bir kelimedir. Çözeltideki bir maddenin bir fazdan başka bir faza çekme işlemi tarif eder.

Ekstraksiyon işleminde ilk olarak ekstre edilmesi gereken etken maddenin kimyasal yapısına ve fiziksel özelliklerine uyumlu koşullar sağlanmalıdır. Ekstre edilecek maddeye uygun çözücünün belirlenmesi önemlidir. Ekstraksiyon işleminin gerçekleştirilmesinin ardından, ekstre edilecek maddenin fraksiyonlanması, kromatografik yöntemlerle ayrıştırılması ve saf hale getirilmesi benzer işlemler gereklidir.

Ekstraksiyon işlemi bitkisel materyallere etki edecek madde yalıtımına uygulanacak olan ve ilk işlem olması sebebiyle eczacılık bakımından önemli bir temel işlem görevini her zaman muhafaza etmiştir. Ayrıca, eczacılıkta ekstraksiyon metoduyla

elde edilen preparatlar halen de önemini korumaktadır. Farmakopelerde bu tip preparatlara sahiptir.

1.8.3. Ekstraksiyon öncesi işlemler

Ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmeden önce materyalin bazı ön işlemlerden geçmesi gereklidir. Bu işlemler bitkisel materyalin taze yada kuru olması şeklinde farklılıklar gösterirler. Bitkisel materyal taze iken işlenip içindeki etken madde veya maddeler alınabildiği gibi çoğunlukla kuru şekilde ekstraksiyon işlemlerine sokulur. Gıda endüstrisinde materyalin yaş veya kuru olmasına bağlı olarak elde edilen ürün konkret ya da oleorezin şeklinde farklı adlandırma ile anılabilirler.

Bitkisel materyalin taze bir durumda kullanılmakla beraber çoğunun kurutulması ardından kullanılır. Eğer drogdan alınacak olan etken madde glikozit yapıda bir madde ise drog sağlamlaştırıldıktan sonra elde etme metodu tercih ediliyor.

Stabilizasyon: Kaynar haldeki su ve kaynar haldeki alkol, alkol buharı ya da diğer çözücülerin sıcak buharlarının drog üstüne gönderme şeklinde uygulanarak ve drogdaki enzimleri parçalayarak muhafaza edilmesini sağlayan metottur.

Eğer drogdan uçucu yağ elde edilecekse, hem taze hem de kuru drog kullanılabilir. Fakat, kurutma işleminin çok titiz yapılmış olması gerekir. Materyalin taşıdığı uçucu yağın bitkinin hangi kısmında bulunduğu dikkate alınarak yapılacak kurutma işlemi büyük önem taşır. Doğrudan güneş ve kuvvetli hava akımı altında yapılan kurutma işlemleri uçucu yağ kaybına sebep olacağından mutlaka kaçınmak gerekir. Güneş altında kurutma işlemleri genel olarak odun, kök, kabuk ve sert tohum benzeri kısımlar için kullanılır.

Drog kurduğunda hücreler ve özellikle protoplazmanın su kaybı sebebiyle selüloz tabakası sertleşir ve dolayısıyla buna bağlı etken maddelerin çözücü ile alınabilmesi zorlaşır.

1.8.4. Ekstraksiyon parametreleri

Katı veya sıvı halde bulunan bir bileşimin uygun bir ekstraksiyon tekniği kullanarak bulunduğu karışım içinden alınması işlemi ister en basit uygulamalarda, isterse en karmaşık endüstriyel uygulamalarda gerçekleştirilsin, kesinlikle ekstraksiyonu etkileyen çok fazla parametreyle karşı karşıya kalınır.

Ekstraksiyon işleminin en ideal şartlarda ve istenilen en üst düzey verimle gerçekleştirebilmesi parametrelerin doğru bir seçim yapılmasına bağlıdır. İstenilen kalitedeki ürünün alınabilmesi amacıyla en uygun ekstraktör türünün seçimi yanında ekstraksiyon işlemlerinin öncesinden ve işlemler sırasında dikkatli yapılması gereken çok fazla parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerde en önemli olanları kısaca; sıcaklık, basınç, çözücü, parçacık büyüklüğü, süre, karıştırma hızı ve karıştırıcı tipi, nem, yüzey aktif madde etkisi, materyalin por özelliği şeklinde sayılabilir.

1.8.4.1. Sıcaklık

Ekstraksiyon işlemlerinde en önemli parametrelerden biri sıcaklıktır. Birçok maddenin sıcakta çözünürlüğünün arttığı bilinmektedir. Ancak, bu etki ekstraksiyonun daima yüksek sıcaklıkta yapılması gerektiği anlamına gelmez. Sıcaklık artışı maddelerin bozunma olayını da kendisiyle beraber ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenden dolayı, ekstre edilecek olan maddelerin hangi sıcaklık değerine kadar bozunma olmaksızın çıkılabileceğinin bilinmesi gerekir. Özellikle ısıya karşı hassas olan maddelerin ekstraksiyon işlemlerinde uygulanacak olan işlem sıcaklığını dikkate almak gerekir. Aksi durumda istenilmeyen birden fazla madde oluşur bu yüzden istenilen kalitede olan ürün elde edilemez. Isı uygulaması veya ortam sıcaklığının düşürülmesinin maliyet arttırıcı olduğu unutulmamalıdır.

1.8.4.2. Basınç

Ekstraksiyon işlemleri genelde atmosferik basınç altında gerçekleştirilir. Ancak, yukarıda açıkladığı gibi ısıya hassas maddelerin işlenmesi durumunda ortam basıncının düşürülmesi yoluna gidilebilir. Basınç değişikliği genelde ekstraksiyon işlemlerinin

tamamlanmasını izleyen ekstraksiyon sonrası adımlarda çok daha önemli hale gelir ve bu adımlar sıklıkla uygulanır.

1.8.4.3. Çözücü

Çözücü tercihi ekstraksiyon işlemlerindeki kritik parametrelerden bir tanesidir. Çözücü tercihindeki en önemli özellik öncelikli olarak ekstre edilecek olan madde veya maddeleri çözücünün tam bir şekilde çözebilmesi beklenen en faydalı durumken, istenmeyen maddeleri ise çözmemesi gerekir. Bu istenen özellikleri barındıran bir çözücüyü bulmak ise çokta kolay değildir.

Çözücünün polaritesi ile çözünmesini istediğimiz madde veya madde grupları arasında sıkı bir bağ bulunmaktadır. Örneğin çözünmesini istediğimiz madde polar yapıdaysa, ekstraksiyon için kullanılacak olan çözücünün de polar olması gereklidir. Benzer benzeri çözdüğünden dolayı böyledir. Kullanılacak olan çözücüde beklenen diğer nitelikler şunlardır:

- Toksik olmamalı
- İşlemden sonra kolaylıkla ve tamamen ortamdaki uzaklaştırılabilmeli
- Ucuz olmalı
- Yanıcı ve patlayıcı olmamalı
- Uygun viskozitede olmalı
- Diğer maddelerle istenmeyen reaksiyon ve etkileşme yapmamalı
- Kaynama noktası çok yüksek olmamalı
- İşlem sırasındaki kayıpları çok fazla olmamalı

Yukarıda açıkladığımız gibi böylesine ideal bir çözücüyü bulmak neredeyse imkansızdır. Fakat bu özellikleri hangi ölçüde taşıdığı dikkat edilerek en uygun çözücünün seçilmesine özen gösterilir.

Su insan hayatındaki vazgeçilmez madde olup, aynı zamanda polar maddeler için ise iyi bir çözücüdür.

Çözücü olarak sudan sonra tercih edilen bir diğer çözücü ise “alkol” (Etil alkol) dür. Birçok maddeyi çözebilme özelliğinin yanı sıra insan sağlığı açısından büyük bir tehlike oluşturmaması, hem de suda çözünmeyen veya sudaki çözünürlüğü az birçok maddeyi çözebilme özelliği nedeniyle alkol en yaygın kullanılan organik çözücülerin

başında gelmektedir. Alkol teknik olarak (%96'lık) saflıkta kullanabildiği gibi değişik konsantrasyonlarda kullanımı ile farklı ürünlerin alınmasına imkan sağlar. Özellikle farklı konsantrasyonlardaki tentürlerin hazırlanmasında kullanımı evrensel olan bir çözücüdür. %70'lik etanol çözünürlük için en geniş aralığa sahiptir. Konsantrasyonu yaklaşık %40 civarında olan etil alkol ise en yüksek viskoziteli alkol (suyun üç katından daha viskoz) olmasından dolayı diğer alkollerden daha çok tercih edilir buda molekül ağırlığı yüksek maddeleri daha iyi çözebilme özelliğinden dolayıdır.

Ekstraksiyon işlemlerini bazı hallerde asidik veya bazik ortamlarında gerçekleştirmesi gerekebilir. Fakat, bu şekilde bir uygulamada mutlaka işlemin sonunda elde edilmiş olan ekstrenin asidik mi yoksa bazik mi olup olmadığı kesinlikle kontrol edilip nötralize edilmelidir. Aksi takdirde elde edilmiş olan ekstre içerisindeki maddeler bu koşullar altında uzun zaman sürecinde kalıcı olmaz ve bozularak mevcut özelliklerini ve etkilerini kaybederler.

Alkolün dışında başka organik çözücüler de ekstraksiyon amacıyla kullanılır. Özellikle, ekstraksiyon öncesinde istenmeyen maddelerin uzaklaştırılması amacıyla ön ekstraksiyon yapılabilir. Bu tarzda uygulamalar için ise genel olarak hekzan ve petrol eteri gibisinde apolar çözücüler yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin droğun taşıdığı yağlardan uzaklaştırılabilmesi için ön ekstraksiyonlar uygulanabilmektedir.

1.8.4.4. Parçacık büyüklüğü

Ekstraksiyon işlemleri gerçekleştirilirken ekstre edilecek droğun parçacık büyüklüğü en iyi verim ve ürün kalitesinin elde edilmesi için önemli parametrelerden biridir.

Viskozite; Sıvıların akmaya karşı gösterdiği dirençtir.

Difüzyon; Moleküllerin sahip olduğu kinetik enerjilerinden dolayı buldukları çok yoğun ortamdaki az yoğun ortama doğru geçişine denir. Difüzyon olayı droğun parçacık büyüklüğü ile ilişkilidir. Parçacık büyüklüğü küçüldükçe difüzyon ve dolayısı ile ekstraksiyon işlemi kolaylaşır aynı zamanda ekstraksiyonun verimliliğini artırır. Fakat, bu artış durumu bir noktaya kadar bu şekilde devam ederek ardından belli bir değerden sonra artış durumu durur ya da azalır.

1.8.4.5. Süre

Ekstraksiyonun süreci arttıkça ekstraksiyonun verimliliği de artar. Fakat, bu işlem zamanının uzun olması işlem ekonomisi ve süre bakımından olumsuz etkiler de beraberinde doğurur. Bu nedendir ki ekstraksiyon işleminde seçilecek olan süre verim ve maliyet hesabı titiz bir şekilde yapılarak belirlenmelidir.

1.8.4.6. Karıştırma hızı ve karıştırıcı tipi

Karıştırma işlemi ekstraksiyon önemli parametreler arasındadır. Özellikle difüzyon olayının ön planda bulunduğu durumlarda daha fazla önem taşır. Çözücünün doygunluğa ulaşılmasıyla kütle transferinin durması ekstraksiyon işleminin bittiği anlamına gelir. Kısaca çözücünün daha çok madde çözebilme özelliği yok olarak bir dengeleme olur. Bu durumda yeni bir çözücü eklenmesiyle denge durumu bozularak kütle transferinin devamı sağlanır. Fakat bu işlem ancak mevcut tüm çözücünün doygunluğa ulaşmasına kadar gerçekleştirilebilir. Bütün çözücü çözünen madde ile denge durumuna geldiğinde kütle transfer olayı son bulur.

Karıştırmanın ekstraksiyon veriminde artışa sebep olması bunun sonsuz hızda aynen devam ettiği anlamına gelmez. Belli bir karıştırma hızına kadar artış olurken karıştırma hızındaki daha fazla artış ters bir etki sonucu ekstraksiyonun durmasına ya da azalmasına sebebiyet verebilir. Nedeni ise aşırı karıştırma işleminin çözücü ile birlikte ekstre edilecek olan materyalin beraber yığın hareketinden kaynaklanır.

Karıştırma hızının ekstraksiyon verimine etkisi yanında, seçilecek karıştırıcı tipi de büyük önem taşımaktadır. Çalışılan materyalin özellikleri de dikkate alınarak bu seçiminin yapılması son derece önemlidir.

1.8.4.7. Nem

Yukarıda açıklandığı gibi droğun taşıdığı nem(su) miktarı ekstraksiyon işleminde önem taşımaktadır. Drogda bulunan su droğun kısa vadede mantar ile bakteri üremesiyle bozunmasına neden olurken, diğer yandan işlem sırasında çözücü konsantrasyonunu değiştirerek farklı özellikteki ürünlerin alınmasına neden olabilir. Diğer bir taraftan verim

hesaplamalarının kuru baz üzerinden yapılabilmesi için droğun taşıdığı nem miktarının tespitini gerektirir.

1.8.4.8. Yüzey aktif madde etkisi

Ekstraksiyonun çözeltisine yüzey aktif madde eklenmesi ile maddelerin çözünürlüğünü artırabilir. Bundan dolayı ekstre edilecek olan madde için uyumlu olan bir yüzey aktif madde kullanılarak seçici ve yüksek verimli ekstraksiyon gerçekleştirmek mümkün olmaktadır. Kına-Kına, Belladonna, İpeka vb. droglarından alkaloid ekstraksiyonu için yapılan çalışmalarında % 0.02 konsantrasyonda yüzey aktif (non-iyonik) madde kullanılmış ve daha iyi sonuçlar alınmıştır. Bitkisel materyalin iki tip por özelliği vardır. Bunlar;

- Bitkisel dokunun içerisindeki boşluk (por) büyüklüğü
- Bitkisel materyalin parçacıkları arasındaki boşluk büyüklüğü

Doku içindeki porluk ne kadar yüksekse bitkinin şişme sırasındaki iç suyu daha bol oranda oluşur. Bu olay bitkinin kendi dokusuna özel bir özelliktir ve dış etkenlerle değişmez.

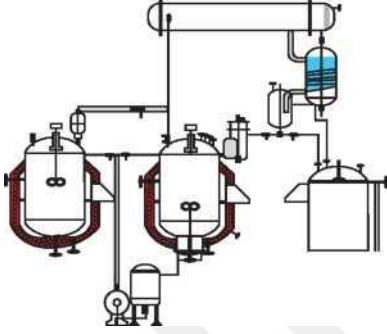
Parçacıklar arasındaki boşluk ne kadar büyükse bu defa materyalin şişmesi sırasında artış gösterir. Materyal miktarı fazla olup çok sıkışık bir tablo ortaya çıkıyorsa, bu durumda ikinci tip porluk olayı daha düşük bir şişmeyle sonuçlanır.

Bitkisel materyalin çözücü ile ıslanma ile şişme hızını her iki tip porluk oranları etkilenmektedir. Şişme hızı bitkisel materyalin ön vakumlama işlemi ile artırılabilir. Bu artış aynı zamanda basınç ve sıcaklık artışı ile de sağlanabilir.

1.8.5. Ekstraksiyon Tipleri

Ekstraksiyon işlemleri yaygın bir şekilde ya kesikli (Batch) bir uygulama ile veya sürekli (Continuous) bir uygulama ile gerçekleştirmekle beraber yarı kesikli ve sürekli olanlarına kısaca göz atalım. Yarı kesik uygulamalar ise bu iki uygulama şeklinin arasında yer alan bir ekstraksiyon tipidir. Kesik tipli ekstraksiyon metotları yaygın olarak küçük ölçekte ya da az miktarda droğun kullanıldığı işlem tipleri için uygundur.

Laboratuar ölçekli ya da yarı-endüstriyel sistemlerinde kullanılan ekstraktörler genellikle bu biçimdedir. Bu tarz sistemlerde beslenme (yükleme) ve boşaltma işlemleri yaygın olarak aynı ortamda yapılır. Bazılarında karıştırıcı, tepsi (raf) üniteleri bulunabilmektedir. Materyalin(droğun) bulunduğu kısım(yatak) genelde sabittir. Karıştırıcı vasıtasıyla yatak içinde bulunan malzeme karıştırılabilir.



Şekil 1.13. Kesikli ekstraksiyon sistemi.

Sürekli (Continuous) tip ekstraksiyon uygulamalarından yaygın olarak büyük ölçekli ya da fazla miktarda materyalin ekstraksiyon işlemlerinde uygulanmaktadır.

Endüstriyel ya da yarı-endüstriyel ölçekli sistemlerin bir bölümü bu tarzdadır. Bu tarz sistemlerde yükleme ile boşaltma işlemleri daima yapılır. Droğun bulunduğu kısım (yatak) genellikle hareketlidir. Yatak içerisinde yer alan malzeme bazı sistemlerde uygun mekanizma ile birlikte hareket halinde tutulabilir.

1.8.6. Ekstraksiyon yöntemleri

Ekstraksiyonun metotlarını başlıca mekanik ile mekanik olmayan şeklinde ikiye ayırmak mümkündür. Sıkma ve çizme işlemleri mekanik ekstraksiyon şeklinde adlandırılır. Mekanik olmayan metotlar çözücüler yardımıyla gerçekleştirilir. Gaz, sıvı ya da elverişli bir akışkan kullanımı ile yapılan ekstraksiyon ile absorpsiyon ve adsorpsiyon uygulamaları da bu grup altına girer. Ekstraksiyon yöntemlerini kısaca özetlersek; çözücülerle ekstraksiyon, mekanik ekstraksiyon, sıvılaştırılmış gazlara ekstraksiyon, süperkritik akışkanlarla ekstraksiyon, diğer metotlar.

1.8.6.1. Çözücülerle ekstraksiyon

Hidrokarbon çözücülerle yapılan ekstraksiyon yöntemi genel olarak kullanılan ekstraksiyon şeklidir. Ekstre edilecek olan malzemenin katı ya da sıvı fazda olmasına göre “katı-sıvı” ya da “sıvı-sıvı” ekstraksiyonu şeklinde sınıflandırılır.

1.8.6.2. Katı-sıvı ekstraksiyonu

Katı maddelerden sıvı çözücülerle yapılan ekstraksiyonlar en yaygın olan ekstraksiyon şeklidir. Katı-sıvı ekstraksiyon “Leaching” olarak adlandırılır. Materyalin içerisinde yer alan etken maddenin belirlenen çözücünün içerisinde alınarak elde edilmesi olarak ifade edilir. Katı-sıvı ekstraksiyonunda en önemli nokta belirlenen çözücünün çözünen maddelerle dengeye gelene kadar sürer. Denge durumuna ulaşıldığında ekstraksiyon işlemi sonlanır.

Maserasyon, droğun bir müddet çözücü ile etkileşimde bırakılmasıdır. Bu işlem için kullanılacak olan drog, küçük parçalar şeklinde olmalıdır. Drog ince toz şeklinde bir tabaka oluşturur. Bu şekilde droğun içine tam olarak nüfuz etmeyen çözücü yeterli ekstraksiyon verimliliği sağlanamaz. Ekstraksiyona uyumlu bir karıştırma işlemine gerek duyulur.

İnfüzyon, küçük parçalara ayrılmış drog üstüne kaynatılmış su eklenip, bir müddet kaynar su banyosu üstünde ısıtmak, soğuduktan sonra da süzerek gerçekleştirilen ekstraksiyon işlemidir. İnfüzyon hazırlamasında çözücü olarak su kullanılır. Suyun asidik veya bazik olmasının yanında içerdiği tuzlar da ekstraksiyonu etkiler. Örneğin, kalsiyum tuzları içeren su, bitkisel asitler zor çözünen bileşikler oluşturulur.

1.8.6.3. Anfloraj yöntemi (Katı yağlarla ekstraksiyon)

Yaygın olarak Fransa’da uygulanan bu metodun kullanımı çok fazla azalmıştır. Yasemin, sümbülteber (Tuberose) çiçeklerinin ekstraksiyonu örnek olarak verilebilir.

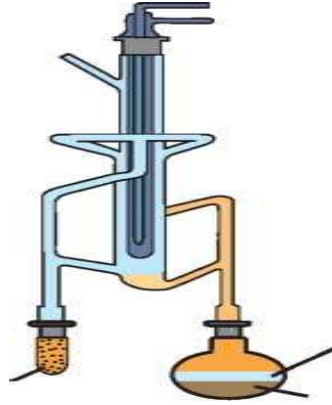
Anfloraj metodu için çözücü olarak iki katı yağın karışımı kullanılır. Sığır don yağı, domuz don yağı.

Her iki yağın da çok saf ve kokusuz olması gereklidir. Aksi takdirde istenilen kalitede ürün elde edilemez. Bu nedenle yağ kokusuz ve temiz olsa bile bazı işlemlerden geçmeden kullanılamaz. Yapılacak olan işlemler arasında acılaştırma engel olmak için anti-oksidan maddelerle muamelesi sayılabilir.

Bu iki yağ belli ölçülerde karıştırılıp anti-oksidan maddelerle muamele edildikten sonra “hazırlanmış yağ” olarak adlandırılır. Ve tahta kasa içinde yerleştirilmiş cam plakların alt ve üst yüzeylerine ince tabaka şeklinde sürülür. Ekstre edilecek olan çiçekler bu plakların üstüne serpiştirilir. Bitkisel materyale göre 24 saat veya 72 saat ardından yeni materyal ile yer değiştirilir. Tahta kasalar sık sık alt-üst edilir ve 1 kg yağ için 1,8 kg çiçek işleninceye kadar işleme devam edilir. Doymun yağ pomat (Pommadde) adıyla olduğu gibi kullanılabilir ancak daha çok etanol ile ekstre edilerek absolü hazırlanır.

1.8.6.4. Sıvı-sıvı ekstraksiyonu

Birbirine karışmayan iki sıvı ile sıvı-sıvı ekstraksiyonu yapılır. Safsızlıklardan arındırmak ya da bir sıvıda bulunan maddelerin istenilmeyen maddelerden arındırılması amacıyla genellikle kullanılır.



Şekil 1.14. Soğutma su giriş-çıkışı.

Süperkritik koşullar; Her maddenin kendisine özel kritik sıcaklık ve kritik basıncı vardır.

1.8.6.5. Süperkritik akışkanlarla ekstraksiyon

Çözücüler süperkritik koşullara getirildiğinde çok değişik vasıflara sahip olurlar ve akışkan olarak adlandırılırlar. Bu akışkanlar ne gaz ne de sıvı olarak değerlendirilir. Süperkritik koşullardaki bir madde hem gazın hem de sıvının özelliklerini taşıyabilmektedir. Buda ekstraksiyon işlemleri sırasında maddelerin seçici olarak ekstre edilebilmesine imkan sağlar.

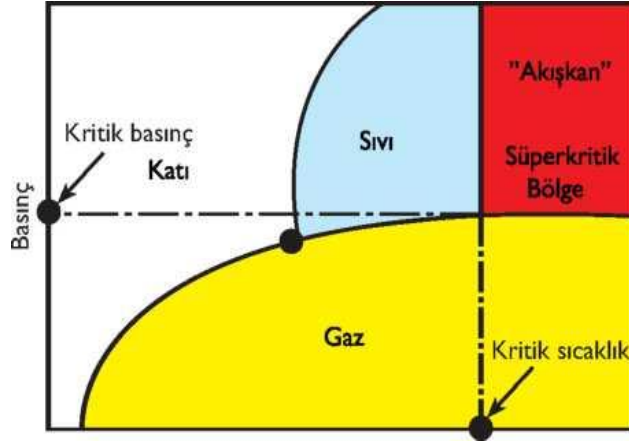
Eğer bir madde sahip olduğu kritik sıcaklık ve basınç değerlerinin üzerindeki bir değere getirilirse süperkritik vasfına elde ederler. Bu halde madde ne sıvı ne de gaz olduğunda akışkan olarak adlandırılır.

Yüksek sıcaklık ve düşük basınçta akışkanın yoğunluğu düşük olacağından süperkritik akışkan tıpkı gaz gibi davranır. Benzer şekilde düşük sıcaklık ve yüksek basınçta ise akışkanın yoğunluğu artacağından bu defa da akışkan bir sıvı gibi davranış gösterecektir. Bu özellikler dolayısıyla süperkritik akışkanlar uygulanan çok küçük sıcaklık ve basınç değişimleriyle birçok organik çözücünün sahip olduğu çözme gücüne sahip olur.

Süperkritik akışkanların en önemli vasıflarından birisi de yüzey gerilimlerinin olmamasıdır. Bu gazların bir maddeye etki etmesi yüksek basınçtaki bir gaz gibidir. Fakat çözme özellikleri sıvı çözücülere benziyor. Çözme gücü sıcaklık ile basınca bağlı olarak değişir. Düşük basınçta çözme kuvveti sıcaklık artışı ile azalırken yüksek basınçta artış gösterir.

Etan, etilen, propan, propilen, karbondioksit, amonyak, hekzan ve süperkritik akışkan olarak kullanılacak maddelerdir. Ancak süperkritik akışkan olarak kullanılacak maddeyi seçerken bazı hususları göz önünde bulundurmanız gerekmektedir. Bunları şu şekilde özetleyebiliriz:

- Kritik sıcaklık ve basıncı çok yüksek olmamalı.
- Ucuz ve bol olmalı.
- Yanıcı ve patlayıcı olmamalı.
- Kimyasal olarak inert olmalı.
- Toksik olmamalı.
- Radyoaktif uygulamalarda stabil olmalı.
- İşlemin sonrasında ekstreden kolayca uzaklaştırılabilmeli.



Şekil 1.15. Basınç-sıcaklık eğrisi.

Çizelge 1.5. Bazı çözücülerin molekül ağırlıkları, kritik sıcaklıkları, kritik basınç ve kritik yoğunlukları.

Çözücü	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Kritik Sıcaklık (K)	Kritik Basınç (atm)	Kritik Yoğunluk (g/cm ³)
Karbondioksit(CO ₂)	44.01	304.1	72.8	0.469
Su (H ₂ O)	18.015	647.096	217.755	0.322
Metan (CH ₄)	16.04	190.4	45.4	0.162
Etan (C ₂ H ₆)	30.07	305.3	48.1	0.203
Propan (C ₃ H ₆)	44.09	369.8	41.9	0.217
Etilen (C ₂ H ₄)	28.05	282.4	282.4	0.215
Propilen (C ₃ H ₆)	42.08	364.9	364.9	0.232
Metanol(CH ₃ OH)	32.04	512.6	79.8	0.272
Etanol(C ₂ H ₅ OH)	46.07	513.9	60.6	0.276
Aseton(C ₃ H ₆ O)	58.08	508.1	46.4	0.278

Bu parametreler göz önüne alındığında süperkritik akışkanlarla ekstraksiyon da en fazla kullanılan ve en güvenilir süperkritik akışkan olan karbondioksit (CO₂) tercih edilir. Çünkü kritik sıcaklığı yaklaşık olarak oda sıcaklığının hemen üzerinde (31.2 °C) olup kritik basıncı ise ulaşılması zor bir basınç değildir (73.8 bar.). Bunun kimyasal olarak inert olması, kokusuz, yanıcı ve patlayıcı özelliğe sahip olmaması ve ucuz olması diğer avantajları arasındadır. Çok az bir miktarda polar madde eklenmesi ile çözme gücü polar

maddeleri ekstre etme amacıyla istenen seviyeye getirebilmek de mümkün olmaktadır. CO₂ dışındaki diğer çözücüler parlama ve patlama özelliklerinin yanında toksik olmaları nedeniyle kullanımları pek uygun değildir. Günlük hayatımızda en yaygın olarak kullanılan su kritik özelliklerinin pratik uygulamalar için çok yüksek olması nedeniyle tercih edilmemektedir. Ayrıca işlem sonrasında ekstreten uzaklaştırılması da sorun yaratmaktadır.

1.8.7. Gelişmiş ekstraksiyon teknikleri

Ekstraksiyon basamağı, çoğu analitik işlemlerin vazgeçilmez bir parçasıdır. Bunun nedeni, otomasyona uygun olması, ekstraksiyon zamanının kısalması, organik solvent tüketiminin azalması, analitik laboratuvarlarında kirliliğin önlenmesi ve örnek hazırlama maliyetindeki azalmadır.

Yeni teknolojilerin gelişimine paralel olarak, ekstraksiyon prensiplerinin temel anlayışı ilerlemiştir. Bu ilerleme, örnek hazırlamada yeni yönelimlere yol açmıştır. Bunlar, mikroekstraksiyon, minyatürleşme ve analitik işlemlerde kullanılan örnekleme, ayırma ve kantitasyon basamaklarının entegrasyonudur. Bu yüzden örnek hazırlamada, klasik ekstraksiyon tekniklerinin yerini;

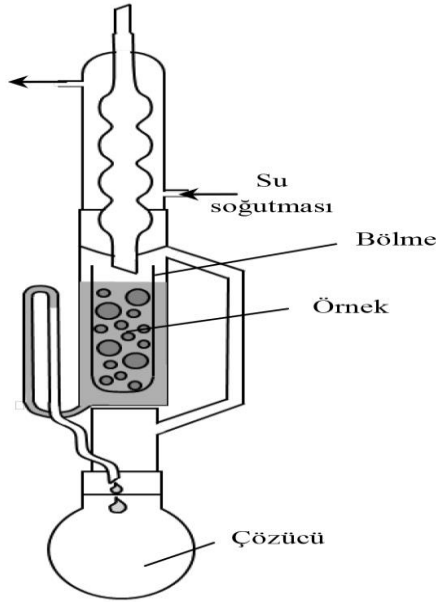
- Mikrodalga-destekli ekstraksiyon,
- Süperkritik sıvı ekstraksiyonu,
- Basınçlı sıvı ekstraksiyonu (veya hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu),
- Sonikasyon-destekli sıvı ekstraksiyonu gibi teknikler almıştır.

1.8.7.1. Soxhlet ekstraksiyonu

Soxhlet ekstraksiyonu özel bir cihazda gerçekleştirilir (Şekil 1.16). Katı veya yarı katı numuneler için uygundur. Soxhlet ekstraktörü, en eski ekstraksiyon sistemlerinden biridir ve hala geniş ölçüde kullanılmaktadır. Soxhlet ekstraktörü, bir solvent şişesi, orta çemberde bir sıvı akış borusu (sifon), soğutulmuş bir kondansör (yoğuşturucu) ve ısıtma sisteminden meydana gelmiştir.

Katı örnek, orta çemberin içindeki ekstraksiyon bölmesinin içine yerleştirilir. Solvent bunun altındaki solvent şişesinin içine konur. Solvent kaynama sıcaklığının

üzerinde ısıtılır ve kaynayan solventten gelen buharlar yoğunlaşmanın olduğu kondansatöre hareket eder; yoğunlaşır, örneğe doğru damlar. Solvent örneği ıslatır ve daha sonra solvent seviyesi sifonun tepesine ulaşır ulaşmaz, solvent tüm örnek bölmesini boşaltarak, solvent şişesine geri damlamaya başlar. Böylece sıcak solvent birkaç kere örnek içerisinde sirküle olur. Ekstrakte olan analitler solvent şişenin içinde kalırken, yalnızca temiz solvent buharlaştığından, her dolaşımında taze solvent buharlaştığından, her dolaşımında taze solvent kullanılır. Çevrim sayısını ve ekstraksiyon zamanını rapor etmek daha iyi bir karşılaştırma için önemlidir.



Şekil 1.16. Soxhlet ekstraktör cihazı.

Tipik ekstraksiyon zamanları 6 saatten 24 saate kadardır ve Oldukça büyük solvent hacimleri (100-500ml) gereklidir. Ekstraksiyon solventleri genellikle saf organik solventler veya bunların karışımlarıdır. Soxhlet ekstraksiyonu, esas olarak organik bileşiklerin katı örneklerden ekstraksiyonunda kullanılır. Bileşikler, solventin kaynama sıcaklığında termal olarak kararlı olmalıdır. Eşzamanlı ekstraksiyona izin veren Soxhlet cihazı çok düşük maliyete temin edilebilir. Kullanmadan önce, temiz bir solventle ekstrakte ederek temizlemek en iyisidir.

Geleneksel Soxhlet ekstraksiyonu bazı cazip avantajlara sahiptir. Örnek, sürekli olarak taze solvent ile temas halindedir. Böylece matriksten analitin uzaklaştırılması artar. Distilasyon balonuna uygulanan ısıyla, ekstraksiyon kavitesine ulaşıldığından, sistemin sıcaklığı oda sıcaklığında daha yüksek olur. Sistem bu yüksek sıcaklıkta değişmeden kalır. Ayrıca, özütlemeyen sonra filtrasyona gerek kalmaz ve örnekten üretilen madde miktarı, birkaç eşzamanlı ekstraksiyon paralel gerçekleştirilerek arttırılabilir. Düşük maliyetli basit ekipman kullanılması buna olanak sağlar. Dahası, Soxhlet ekstraksiyonu az uğraş gerektiren çok basit bir metodolojidir. En son kullanılan alternatiflerinin çoğundan (mikrodalga destekli ekstraksiyon, süperkritik sıvı ekstraksiyonu gibi) daha fazla miktarda örnek kütlesi ekstrakte edilebilir.

Soxhlet ekstraksiyonunun diğer bir katı örnek hazırlama teknikleriyle karşılaştırıldığında en önemli dezavantajları, uzun zaman gerektirmesi ve büyük miktarda organik solvent kullanılmasıdır. Çok miktarda solventin zararsız hale getirilmesi yalnızca pahalı değil, aynı zamanda çevresel problemlerin kaynağıdır. Örnekler genellikle solventin kaynama noktasında uzun süre ekstrakte edilir. Bu da termal olarak kararsız olan hedef türlerinin bozunmasına yol açabilir. Geleneksel Soxhlet cihazı, sürecin hızlanmasına yardımcı olan çalkalama sağlamaz. Büyük miktarlarda solvent kullanıldığından, ekstraksiyon sonrası buharlaştırma/deriştirme basamağı zorunludur. Soxhlet tekniği solvent seçiciliği ile sınırlıdır ve otomasyonu zordur.

Aynı temel prensibe dayanan Soxhlet ekstraktörlerinin modern versiyonları geliştirilmiştir. Bunlar, basınçlı Soxhlet ekstraksiyonu, ses dalgaları destekli destekli Soxhlet ekstraksiyonu ve mikrodalga destekli Soxhlet ekstraksiyonudur.

Soxhlet ekstraksiyonu yüzyıldan fazla zamandır avantajlarını kanıtlamıştır. Bu avantajlar çoğu eksikliklerin üstünden gelmiştir. Bunları şöyle sıralayabiliriz:

- 1)- Basınçlı Soxhlet ekstraksiyonunda, örnek kartuşuna uygulanan basıncın artmasıyla, solventin katı örneğe nüfuz etmesi kolaylaşmıştır. Bunun sonucu ekstraksiyon zamanı kısalmış ve solvent hacmi de azalmıştır. Bununla beraber yüksek basınçta çalışmak, deneysel kurulumu zorlaştırmaktadır.
- 2)- Otomatikleştirilmiş Soxhlet ekstraksiyonunda kullanılan farklı özellikteki birkaç ticari ekstraktörünün ortak paydası: ekstraksiyon süresini kısaltma, ekstraktant (ekstraksiyon yapan madde) hacmini azaltma ve birkaç örneğin eş zamanlı

ekstraksiyonuna olanak sağlamaktadır. Bu cihazların en önemli unsuru yüksek maliyet ve çok yönlü olmamasıdır.

3)- Dış enerjilerle ekstraksiyonunun desteklenmesi (ultrasonik enerji ve mikrodalga kullanımı) Soxhlet ekstraksiyonunun eksiklerinin giderilmesi için en iyi alternatiftir.

Soxhlet ekstraksiyonu hem çevresel analizlerde, hem de gıda analizlerinde uygulanmıştır. Balıkların kas dokuları alınmış ve homojenize edilmiştir. Petri kaplarında dondurulmuş ve liyofilize edildikten sonra hekzan ile Soxhlet cihazının gelişmiş bir versiyonunda ekstrakte edilmiştir. Analiz kromatografisi-elektron yakalama dedektöründe gerçekleştirilmiştir. Soxhlet ekstraksiyonu yöntemiyle fasülyeden organofosforlu bir insektisit olan fenitrotiyon kalıntılarını ekstrakte edilmiştir. 10 g örnek 24 saat boyunca 200 ml diklorometan ile solventin kaynama sıcaklığında muamele edilmiştir. Daha sonra uçurularak zenginleştirilen örnek yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ve GC-ECD ile tayin edilmiştir (Diagne ve ark., 2012).

1.8.7.2. Basınçlı sıvı ekstraksiyonu (Pressurized liquid extraction, PLE)

Ekstraksiyon için oldukça yeni bir tekniktir. Hızlandırılmış solvent ekstraksiyonu olarak da adlandırılır. Örneği sızdırmaz bir yüksek basınç ortamında tutarak, geleneksel solventler için daha yüksek sıcaklıklar kullanılmasına izin veren bir ekipman kullanır. Yükseltilmiş basınç, solventin daha yüksek sıcaklıklarda sıvı halde bulunmasını sağlar. PLE’de verim ve seçiciliği etkileyen kritik faktörlerden biri ekstraksiyon sırasında uygulanan sıcaklıktır. Yüksek sıcaklıklarının kullanımı, van der Waals kuvvetleri, hidrojen bağı ve dipol çekim gibi analit-örnek matriksi etkileşimlerinin bozulmasına yardımcı olarak ekstraksiyon verimini artırır. Termal enerji kullanımı benzer moleküller arasındaki kohezyon ve farklı moleküller arasındaki adhezyon kuvvetlerinin üstesinden gelmesine yardımcı olur. Bu durumda geribırakma (desorpsiyon) süreci için gerekli aktivasyon enerjisi azalır. Yükseltilmiş sıcaklık solventin, çözünenin ve matriksin yüzey gerilimini düşürür. Bu yüzden örneğin ıslanması artar. Solvent yüzey geriliminde azalma, solvent kavitesinin daha kolay oluşmasını sağlar. Böylece analitlerin solventte daha hızlı çözünmesine izin verir. PLE’nin temel özelliği, gerekli solvent miktarını önemli ölçüde azaltırken, ekstraksiyon sürecinin hızını artıran yüksek difüzyon sınırları kullanmasıdır.

Yükseltilmiş sıcaklık nedeniyle ekstraksiyon kinetiği de daha hızlıdır. PLE'nin amacı, yüksek sıcaklık ve basınç kullanılarak sıvı ekstraksiyonunu geliştirmektedir. Yüksek sıcaklık ve basınç, solventin örnek matriksinin içine nüfuz etme kabiliyetini artırır. Genellikle ekstraksiyon, solventin atmosferik kaynama noktasının üstündeki bir sıcaklıkta gerçekleştirilir. Analitlerin yayılma gücü ve çözünürlüğü, artan sıcaklıkta artmaktadır. Bu ekstraksiyonu daha hızlı ve daha etkin yapmaktadır. Ekstraksiyon sırasında uygulanan basıncın temel avantajı, sıcaklık kaynama noktasının üzerine çıkması bile solventin sıvı durumda kalmasıdır. Ekstraksiyon esnasında yüksek basınç, solventin analite ulaşmasını engelleyen, matrikste bulunan hava kabarcıkları ile ilgili problemleri kontrol eder. Bu koşullar analitin çözünürlüğünü ve matriksten desorpsiyon kinetiği artırır.

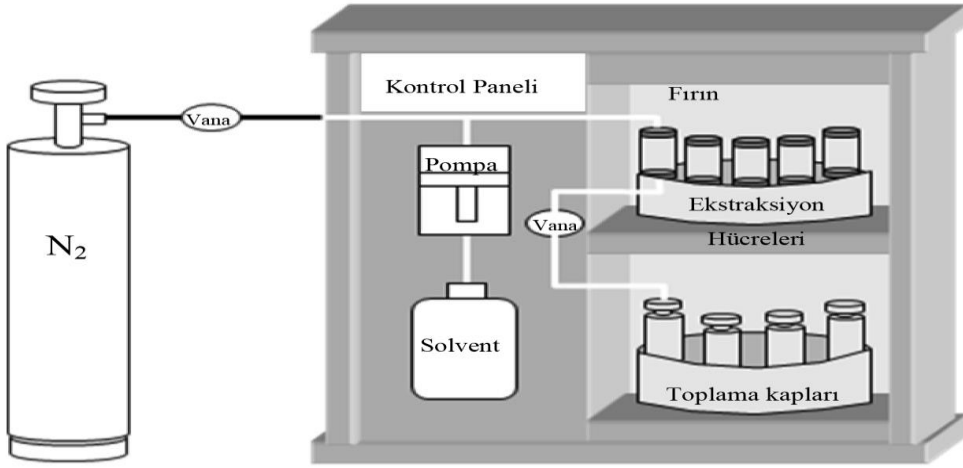
Bu yüzden tüm süreç Soxhlet ekstraksiyonundan daha hızlıdır. Isıtma sonrasında ekstraksiyon hücresi, solventin normal kaynama sıcaklığının altına kadar soğutulur. Daha sonra hücreye yüksek basınç uygulanır. Bu basınç, solvent ve ekstrakte edilen materyali bir filtreden geçerek dışarıya çıkmaya zorlar. Ekstraksiyon kinetiğini artıran 200°C'ye kadar yükseltilmiş sıcaklıkların kullanılmasında dolayı, solventin kaynamasını önlemek için 20 MPa kadar basınç gereklidir. Gerekli solvent miktarı, geleneksel sıvı ekstraksiyon yöntemlerinde kullanılan miktardan daha azdır. PLE'nin sınırlaması, ısıl kararlı olmayan örnekler için uygun olmamasıdır.

Bununla birlikte olası en yüksek sıcaklık ve basınç, mutlaka en yüksek verimle sonuçlanamaz. Bozucu etki de yapabilir. Ayrıca ekstraksiyon verimini etkileyen birkaç değişken daha vardır. Bunlar; ekstraksiyon zamanı, solvent seçimi, solvent hacmi ve yüklenen örnek miktarıdır. Orijinal örneğin bileşimine (organik bileşim, partikül boyutu ve heterojenite) ek olarak, örnek ön hazırlama teknikleri de (kurutma, öğütme gibi) sonucu etkileyebilir.

PLE statik modda, dinamik modda veya bunların kombinasyonu ile gerçekleştirilebilir. Dinamik modda, solvent örneğin içinden akar. Statik basınçlı sıvı ekstraksiyonu manuel olarak kapalı bir kaptaki gerçekleştirilir. Fakat ekstraksiyon daha çok otomatik bir enstrümanla gerçekleştirilir. Tipik bir PLE sistemi, bir fırın, ekstraksiyon hücresi, pompa ve basınç altında tutan sistem, birkaç vana ve toplama kaplarından oluşur (şekil 1.17). Statik ekstraksiyon modu şu basamakları içerir:

- Ekstraksiyon hücresine örneğin yükselmesi,
- Hücrenin organik solvent ile doldurulması,
- Hücrenin sıcaklık ve basıncının ayarlanması,
- Örneğin belirli bir zaman ekstrakte edilmesi,
- Basıncın serbest bırakılarak solventin toplama kabına transfer edilmesi.
- Tüm ekstraktın toplama kaplarına ulaşmasını sağlamak için hücrenin temiz solventle yıkanması,
- Uygun bir gaz kullanarak örnekten solvent atıklarının temizlenmesi.

PLE sisteminde toplanan hacim miktarı hücre büyüklüğüne bağlıdır. 10-100 ml arasında olabilir. Bu yüzden son ekstraktı değiştirmek için buharlaştırma basamağı gereklidir.



Şekil 1.17. PLE sistemi.

Örnek ekstraksiyon hücresine yüklenmeden önce, genellikle önışlem uygulanır. Toprak ve benzeri matrislere hava ile kurutma (24-48 saat) ya da dondurarak kurutma uygulanır. Örneğin kurutulması önemlidir. Çünkü matristeki su ekstraksiyon verimini düşürür. Soxhlet ve süperkritik akışkan ekstraksiyonunda, yüksek miktarda suyla başa çıkmak için örneğe sodyum sülfat eklenmesi önerilmiştir. Kurutma basamağını çoğunlukla eleme veya örneğin 100-1000 µm aralığında bir boyuta öğütülmesi izler.

Örneğin daha küçük boyutlara öğütülmesi, kısaltılmış difüzyon yol uzunluğundan dolayı analitin partikül yüzeyine taşınmasını kolaylaştırmada avantaj sağlayabilir.

Ekstraksiyon verimi, örnek matriksinin doğasına, ekstrakte edilen analite ve analitin matriks içindeki yerine bağlıdır. Heterojen örneklerin ekstraksiyon süreci Pawliszyn tarafından 2003 yılında bir model çizilerek açıklanmıştır. Bu model örnek partikülünün gözenekli ve bir organik katman tarafından sarıldığını varsaymıştır. Ekstraksiyon ve analitin örnek matriksindeki etkin bölgelerden geri bırakılır. Daha sonra matriks sıvı arayüzeyine ulaşabilmek için, matriksin organik kısmına doğru doğru difüze olur. Bu safhada analit, ekstraksiyon fazına dağılır. Sonra porların içinde bulunan ekstraksiyon fazı arasından difüze olur ve taşınım yoluyla ekstraksiyon fazı arasında difüze olur ve taşınım yoluyla ekstraksiyon fazı kısmına ulaşır (Şekil 1.18). Ekstraksiyon sürecinin son aşaması ekstrakte edilen analitin toplanmasıdır.



Şekil 1.18. Organik bir solvent tarafından sarılan bir toprak veya sediment partikülünün geliştirilmiş bir modeli için PLE'de ekstraksiyon basamakları.

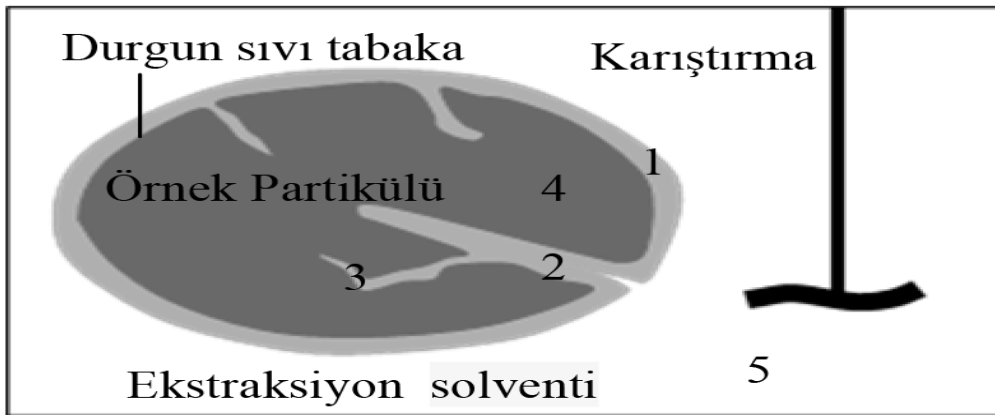
Ekstraksiyon sürecindeki kritik bir basamak, analitin örnek matriksi içindeki pozisyonudur. Beş farklı pozisyon olduğu varsayılmıştır (Şekil 1.19).

- Matriks yüzeyine adsorbe olması
- Bir solvent gözenğinde çözünmesi ve/veya yüzeye adsorbe olması
- Matriksin mikro/nano gözenğinde çözünmesi/adsorplanması
- Matrikse kimyasal olarak bağlanması
- Ekstraksiyon solventinde çözüm

Ekstraksiyon süresince hız sınırlayıcı basamak ekstrakte edilen matriksin doğasına bağlıdır. Doğal tortu (sediment), toprak ve çamur örneklerinin çalışıldığı çevresel uygulamalarda, solut-matriks etkileşimlerinin üstesinden gelmek zor olduğundan,

yüzeyden bırakma basamağı genellikle hız-sınırlayıcı basamaktır. Bitki materyalinde, hız-sınırlayıcı basamak daha yaygın olarak çözünme veya difüzyon basamaklarıdır.

PLE, katı ve yarı-katı örneklerin ekstraksiyonu için geliştirilmiş bir tekniktir. Örnekler genellikle toprak, tortu veya gıda örnekleridir. Çoğu durumda, PLE için organik solventler kullanılır. Kritik altı (subcritical) su ekstraksiyonu olarak adlandırılan teknikte, suyun ekstraksiyon solvent olarak kullanılması da mümkündür. Bir solvent olarak suyun özellikleri, yüksek sıcaklıkta ve basınçta önemli ölçüde değişir. Gıda endüstrisinin polifenoller açısından değerli yan ürünlerinden biri, nar kabuklarıdır. Geleneksel olarak bitki materyalinden organik solventler yardımıyla (özellikle metanol) ekstrakte edilir. Çam ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada polifenollerin ekstraksiyonu için basınçlı su ekstraksiyonu araştırılmıştır. Ekstraksiyon sonuçlarını etkileyen en önemli faktörlerin partikül boyutu, sıcaklık ve statik zaman olduğu bulunmuştur. Sonuçlar, basınçlı su ekstraksiyonunun geleneksel metanol ekstraksiyonu kadar efektif olduğunu göstermektedir. Misel ortam gibi katkılar, sıvı ve çevresel örneklerden organik kirleticilerin ekstrakte edilmesi için alternatif olarak kullanılabilir. Son zamanlarda, non-iyonik yüzey aktif çözeltiler alternatif bir solvent sistemi olarak kullanılmıştır (Çam ve ark.,2012).



Şekil 1.19. Örnek matrisinde analitin pozisyonu (Luthria ve ark., 2012).

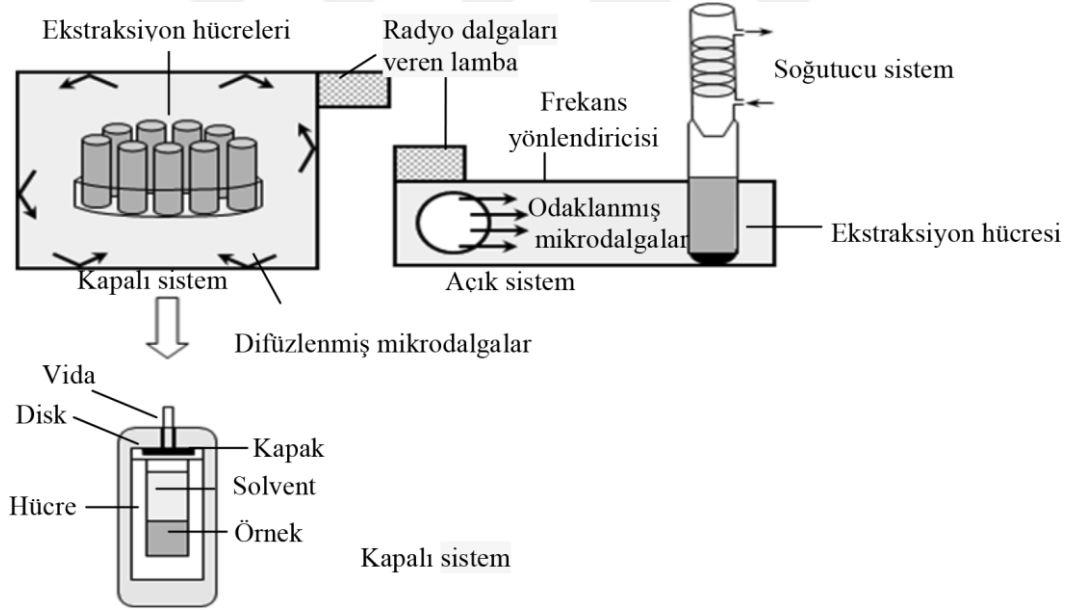
1.8.7.3. Mikrodalga-destekli solvent ekstraksiyonu (Mikro-assisted extraction, MAE)

Mikrodalgalar yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardır (300-300000 MHz). Mikrodalga enerji kullanılarak ısıtmanın prensibi, iyonların iletimi ve dipol rotasyonu (dönme) yoluyla molekül üzerine mikrodalga'nın direkt etkisi temeline dayanır. Çoğu uygulamalarda bu iki mekanizma eş zamanlı meydana gelir. İyonik iletim, bir manyetik alan uygulandığında iyonların elektroforetik göçüdür. Çözeltinin bu iyon akışına direnci friksiyon (sürtünme) ile sonuçlanır ve böylece çözelti ısınır. Dipol rotasyonu, uygulanan manyetik alanla dipollerin yeniden düzenlenmesi anlamına gelir. Başarılı bir ekstraksiyon gerçekleştirmek için uygun solvent seçimi çok önemlidir. Seçilen solventlerde mikrodalga ışımasını absorplaması, solventin matrisle etkileşimi ve analitin solventteki çözünürlüğü göz önüne alınmalıdır. Daha büyük dipol momente sahip olan solvent, mikrodalga ışıması altında daha hızlı olacaktır. Örneğin hekzan gibi nonpolar bir solvent ısınmayacak, oysa 2.69 dipol momente sahip aseton birkaç saniye içinde ısınacaktır. Eğer ekstraksiyonda hekzan ve toluen gibi nonpolar solventler gerekliyse, solventleri su metanol ve aseton gibi yüksek bir dipol momente sahip polar solventlerle karıştırmak önerilir. Seçilen solvent çok kuvvetli ısınmaya neden olursa, bileşiklerin degradasyonundan kaçınılamaz. Bu yüzden yaygın uygulama, yalnızca biri mikrodalga ışımayı absorplayan ikili karışımların (örneğin hekzan-aseton, 1:1) kullanımınıdır. Diğer önemli faktörlerden biride, ekstraksiyon solventi ile ekstraktın analizinde kullanılan analitik metodun uyumluluğudur. Gaz kromatografik analizler için daha az polar solventler tercih edilir. MAE'nin seçiciliği üzerine çok az literatür rapor edilmiştir. Örneğin içindeki tüm maddeler ekstrakte edildiğinden seçici bir ekstraksiyon tekniği olduğu söylenemez ve hemen hemen her durumda ekstraksiyon sonrası temizleme basamağı gereklidir.

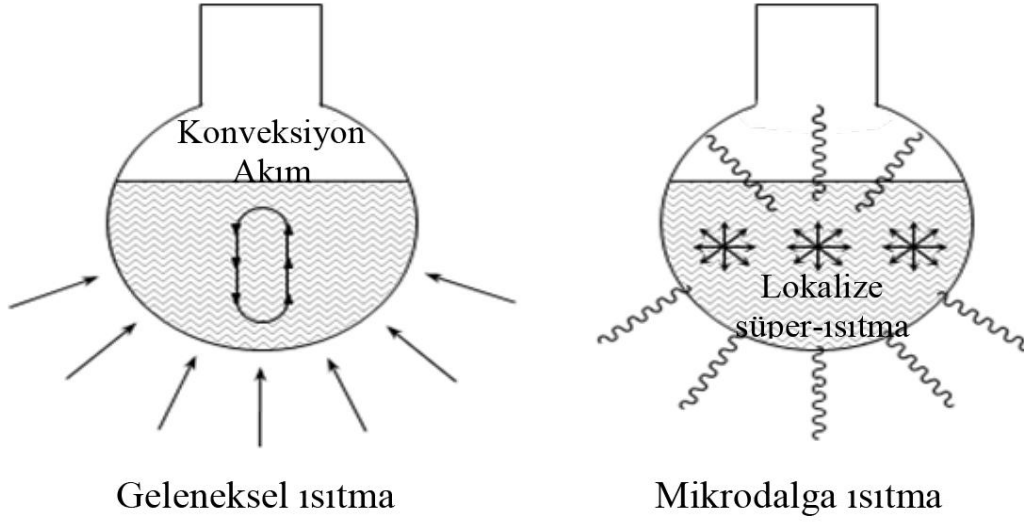
Ekstraksiyon genellikle kapalı bir kaptaki gerçekleştirilir. Bu durumda basınç artar ve solvent kaynama noktasından daha yüksek sıcaklıklara ısıtılabilir. Çoğu solvent için (aseton, aseton-hekzan, diklorometan-aseton gibi) kabın içindeki sıcaklık, solventin kaynama noktasının 2-3 katıdır. Temel olarak iki tip MAE sistemi kullanılabilir: Kapalı kap sistemi (kontrolü sıcaklık ve basınç altında) ve açık kap sistemi (atmosfer

sıcaklığında). Her iki sistemde Şekil 1.20’de gösterilmiştir. Kapalı kap sisteminde hücreler eşzamanlı olarak ışınlanırken, açık sistemde kaplar sıralı olarak ışınlanır. Açık kaplarda sıcaklık solventin atmosferik basınçta kaynama noktasıyla sınırlıyken, kapalı kaplarda sıcaklık uygulanan basınçla yükseltilebilir. Kapalı kap sistemi uçucu bileşikler olması durumunda en uygun görünmektedir. Bununla birlikte, kapalı kaplarda, ekstraksiyon sonrasında kap açılmadan önce sıcaklığın düşmesini beklemek gereklidir. Bu ekstraksiyon süresini artırır (yaklaşık 20 dakika). Her iki sistem ekstraksiyon verimlerine göre karşılaştırıldığında, toprak örneğinden poliaromatik hidrokarbonların ekstraksiyonunda, benzer performans göstermişlerdir.

Kapalı kap teknolojisi, PLE teknolojisiyle çok benzerdir. Her iki sistemde de solvent ısıtılır ve basınç uygulanır. Temel fark, ısıtmadır. Biri mikrodalga, diğeri geleneksel fırın ısıtmasıdır (Şekil 1.21). PLE’de, etkili parametrelerin sayısı azalır. Bu nedenle bu tekniğin uygulanması pratikte daha basittir (Franke ve ark., 2012).



Şekil 1.20. MAE’de kapalı ve açık sistem.



Şekil 1.21. Isıtma modelleri.

MAE, sıvı örnekler içinde uygundur olmasına rağmen, tipik olarak katı örnekler için kullanılır. MAE uygun bir solvent seçimiyle, organik bileşikler dekompoze etmek ve yükseltmek için kullanılabilir. Ekstraksiyon genellikle 20-50 ml solvent gerektirir. MAE genellikle çevresel analizlerde kullanılır. Tortu ve toprak gibi matrislerden, poliaromatik hidrokarbonlar, polikloro bifeniller ve organoklorlu pestisitlerin ekstraksiyonları çalışılmıştır. Zaman, sıcaklık, basınç ve nem içeriği gibi değişkenlerin ekstraksiyon verimine etkisi araştırılmıştır. Çoğu çalışmada matris neminin ekstraksiyon verimini artırdığı bulunmuştur. MAE gıda analizlerine de uygulanmıştır. MAE koşullarında örnek sıcaklığı 60°C'nin altında tutulmuştur. Bunun nedeni daha yüksek sıcaklıkta ısıtma karotenoid moleküllerinin yeniden düzenlenmesine ve toplam karotenoid içeriğinde azalmaya neden olabilir. Hidrofobik karotenoidlerin daha hidrofilik bileşiklere yükseltgenmesiyle termooksidasyon da gerçekleşebilir. Ayçiçeği tohumlarındaki pestisit atıklarının tayini için mikrodalga destekli Soxhlet ekstraksiyonu kullanılarak diklormetan solventiyle hızlı bir analitik yöntem geliştirilmiştir. Ekstraksiyon verimini etkileyen mikrodalga gücü, ısınlama zamanı, ekstraktant hacmi ve devir sayısı optimize edilmiştir. Ekstraksiyondan sonra orijinal ekstraktın lipid fraksiyonundan pestisit atıklarını izole etmek için, sıvı-sıvı ekstraksiyonu ve Florisil makro kolon kullanımıyla temizleme basamağı uygulanmıştır. Daha sonra örnek GC-MS sistemine enjekte edilmiştir. Nitro-poliaromatik hidrokarbonlar, amino- poliaromatik

hidrokarbonlara indirgenmiştir. İndirgenmiş analitler heptaflorobutirik anhidrit ile türevlendirilmiş ve GC-ECD ile tayin edilmiştir.

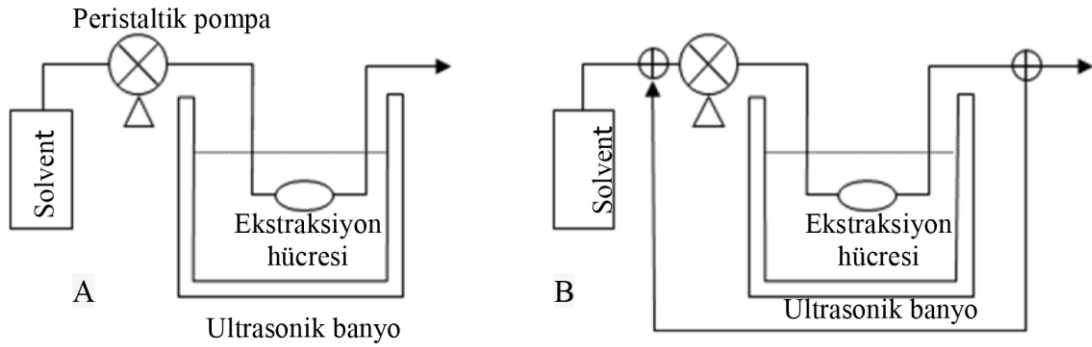
1.8.7.4. Ses dalgaları-destekli sıvı ekstraksiyonu (Sonication-assisted liquid extracion, SAE)

Ses dalgaları-destekli sıvı ekstraksiyonu, ultrasonik ekstraksiyon olarak da adlandırılır. Bu yöntemde örneğe 20 kHz üstündeki frenkanslarla akustik titreşimler uygulanır. Bu titreşimler sıvının içinden geçtiğinde kavitasyon (boşluk oluşumu) meydana gelir. Ultrasonik enerjinin neden olduğu kativasyon olarak bilinen bu etki sıvı ortamda çok sayıda ufacık kabarcıklar üretir ve katıların mekanik olarak sarsılmasına neden olarak partüküllerin kopmasını sağlar. Ses dalgaları, genellikle analitin iyi geri kazanımla sonuçlanan katı ve solvent arasında etkin bir temas sağlar. Ses dalgaları, hem sıvı hemde katı örnek hazırlamada kullanılır. Katı örneklerin ekstraksiyonu, digesyonu ve bulamaç oluşumu işlemini destekler. Sıvı örneklerde ise, sıvı-sıvı ekstraksiyonu, homojenizasyonu veya emülsiyon haline getirmeyi desteklemek için kullanılır. Katı örneklerden analitlerin ekstraksiyonu, su banyosuna ultrasonik radyasyon uygulamasıyla veya prob (ultrasonik aygıtların ucunda bir alıcı bulunan hareketli kısmı) gibi diğer cihazlarla gerçekleştirilir. En çok kullanılan ve en ucuz ultrasonik radyason kaynağı ultrasonik banyodur. Ayrıca örneklerin sonikasyonu için güçlü silindirik bir prob kullanılan daha etkin bir sistem geliştirilmiştir. Banyo ve prob arasındaki seçim analizin gerekliliklerine bağlıdır. Eğer amaç toplam katı-sıvı ekstraksiyonu ise, etkili bir prob kullanımı daha iyi olabilir. Çünkü ekstraksiyon için gerekli zaman daha azdır. Bununla birlikte, çok sayıda örneğin ultrasonik banyo ile analiz edilmesi daha iyi bir seçenektir. Sonikasyon problemlerinin ultrasonik banyoya karşı kullanımı, enerji dağılımında homojeniteyi sağlar. Fakat ultrasonik uçlar daha pahalıdır, ömrü daha kısadır ve daha düşük sayıda örnek işlenmesine izin verir.

Ekstraksiyon verimini artırmak için solvent türü, sıcaklık ve sonikasyon genliği koşulları gibi farklı faktörleri optimize etmek gereklidir. Ekstraksiyon verimini etkileyen diğer parametreler; sonikasyon zamanı, örnek partikül boyutu, örnek miktarı ve kullanılan cihazdır. Son zamanlarda, solvent miktarını azaltmayı sağlamak için analitik örnek hazırlama işlemlerine özel önem verilmektedir. Ultrason radyasyonun ilginç bir

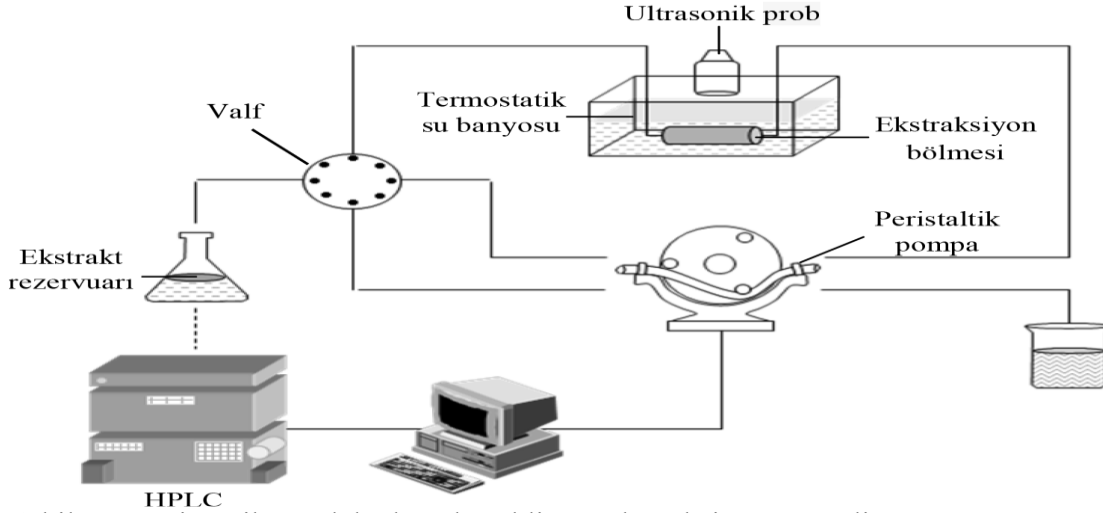
uygulaması dinamik ses dalgaları-destekli ekstraksiyondur. Burada numune ultrasonik su banyosuna yerleştirilmiş bir ekstraksiyon hücresi veya ultrasonik problu bir su banyosu içine konulur. Bu sistem taze ekstraksiyon solventinin sürekli olarak örneğe pompalandığı, artan analit transferi olan açık bir sistem veya ekstraktın seyrelmesini engelleyen ekstraksiyon solventinin yeniden dolaştığı kapalı bir sistem olarak kullanılabilir (Şekil1.22). MAE sistemi gibi, SAE sistemi de statik veya dinamik bir sistem olabilir. Analitler katı matriksten solvente transfer olur olmaz uzaklaştığından, dinamik ekstraksiyon kullanımı daha avantajlıdır. Diğer bir avantajı da, dinamik sistemde örneğin sürekli olarak taze solvente maruz kalmasıdır. Bu durum analitlerin örnek matriksinden solvente transferini artırır. Ekstraksiyon tipik olarak 20-200 mL solvent gerektirir ve ekstraksiyon zamanı 2 ila 20 dakika aralığındadır.

Ayrıca, dinamik ses dalgaları-destekli ekstraksiyon ile enstrümental analiz yönteminin çevrim içi bağlanması mümkündür (Şekil1.23).



Şekil 1.22. Dinamik ses dalgaları-destekli ekstraksiyonun şematik gösterimi

A) Açık sistem **B)** Kapalı sistem (Sanchez-Brunete ve ark., 2012).



Şekil 1.23. Dinamik ses dalgaları-destekli sıvı ekstraksiyonun analiz sistemine bağlanmasının şematik gösterimi (Sanchez-Brunete ve ark., 2012).

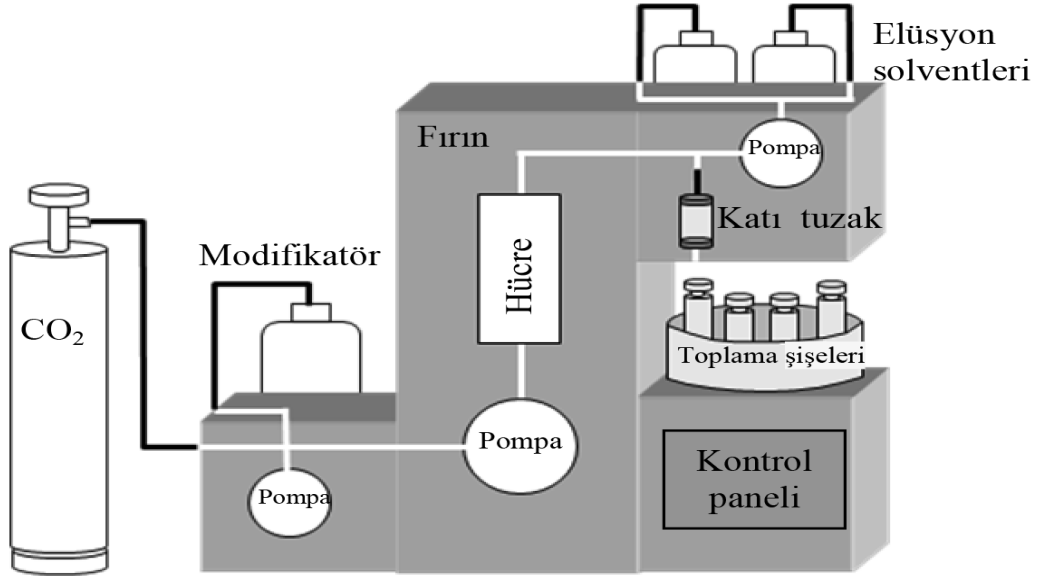
SAE sıvı ve katı örneklerin her ikisi için veya organik ya da inorganik bileşiklerin ekstraksiyonu için kullanılabilir. Ses dalgaları organik bileşiklerin yükseltgenmesi veya ayrışmasında yardım için de kullanılabilir. Ekstraksiyon solventi olarak, % 82 ile % 99 aralığında geri kazanım elde edilmesini sağlayan metanol seçilmiştir. Son zamanlarda, farklı kimyasal sınıfta ve geniş polarite aralığında 50 pestisit eş zamanlı analizinde uygulanan bu yöntemde etil asetat ekstraksiyon solventi olarak kullanılmıştır.

1.8.7.5. Süperkritik akışkan ekstraksiyonu (Supercritical fluid extraction, SFE)

SFE’de ekstraksiyon sıvısı, kritik üstü haldedir. Süperkritik akışkan, kendi kritik sıcaklığı üzerinde ısıtılan ve kendi kritik basıncı üzerinde basınç uygulanan bir element, madde veya karışım olarak tanımlanır. Bir süperkritik akışkan tek bir faz halinde bulunur (ne gaz ne de sıvıdır) ve basıncın veya sıcaklığın artmasıyla sıvılaştırılmaz. Bu yüzden süperkritik akışkan, bir gaz ve bir sıvı arasındaki maddenin ara formunu gösterir. Sıvıdaki gibi yüksek yoğunluk ve çözme gücü, gazdaki gibi düşük viskozite, sıfır yüzey gerilimi ve analitler için yüksek difüzyon hızına sahiptir. Daha yüksek difüzyon katsayıları ve düşük viskoziteleri nedeniyle, süperkritik akışkanların katı gözenekli materyallere nüfuz etmesi çok uygundur. Çözme ve yayılma gücü sıvılara göre daha fazla olduğundan, hızlı reaksiyon kinetiğine sahiptirler. Normal sıvıların tersine, süperkritik akışkanlar sıkıştırılabilir ve bu yüzden yoğunlukları geniş bir aralıkta değiştirilebilir.

Yoğunluk ve diğer özellikleri, sıcaklık ve basıncın ayarlanmasıyla kolaylıkla değiştirilebilir. Bu önemlidir, çünkü süperkritik akışkanının daha yüksek yoğunluğu, onun daha iyi çözme kabiliyeti anlamına gelmektedir. Yoğunlukla süperkritik akışkanlardaki maddelerin çözünürlüğü, sıvılardaki çözünürlüğü geçer. Süperkritik akışkan çeşitli örnek matrisleri için mükemmel bir ekstraksiyon ortamı oluşturur. Sıcaklık ve basınç değiştirilerek çözme gücüyle oynanmasıyla yüksek seçicilik de sağlanır. SFE’de, akışkan sürekli olarak örnek içinden geçmeye zorlanır. Bu yüzden kantitatif veya tam bir ekstraksiyon sağlayabilir. Süperkritik akışkan olarak genellikle düşük kritik sıcaklık ve basınca sahip olduğundan karbondioksit kullanılır. Karbondioksit ayrıca toksik değildir, alev almaz ve oldukça ucuzdur. Nonpolar olduğundan, daha polar analitlerin ekstraksiyonunu artırmak için karbondioksite modifikatörler eklenir. Tipik modifikatörler metanol ve diklormetandır.

SFE’de süperkritik akışkan üretimi, basınç, sıcaklık ve akış hızı kontrolü sağlayan bir cihazla gerçekleştirilir (Şekil 1.24). Genellikle ekstraksiyon dinamik dinamik moda uygulanır. Fakat statik veya statik/dinamik birleştirilmiş ekstraksiyon da uygulanabilir. Ekstrakt ya uygun bir solvent içinde veya katı-faz tuzunda toplanır. Ekstraksiyon 10-20 ml solvent gerektirir ve ekstraksiyon süresi 20-60 dakika aralığındadır. Geleneksel yöntemlere göre belirgin avantajı kısa ekstraksiyon zamanı ve organik solventlerin az kullanımınıdır. Bazı çalışmalar 20-60 dakikalık SFE’nin, birkaç saatlik Soxhlet ekstraksiyonundan daha yüksek geri kazanımlar sağladığını göstermiştir. Referans standart matryaller olan tortu ve kas dokusundan poliklorlu bifenillerin, SFE ve Soxhlet ekstraksiyonu ile tayini yapılarak yöntemlerin karşılaştırılması sağlanmıştır. SFE ile poliklorlu bifenillerin tayininde ekstraksiyon süresi 18-24 saatten 50 dakikaya indirilmiş ve Soxhlet ekstraksiyonu ile 250 ml olan organik solvent kullanımını 7.5 ml’ye düşürülmüştür. Genelde, SFE katı örneklerden organik analitlerin ekstraksiyonu için kullanılır. Isısal olarak kararsız analitler için de uygundur.



Şekil 1.24. SFE sistemi (Miyawaki ve ark., 2012).

SFE, çevresel, farmasötik, polimer ve gıda analizlerinde kullanılmaktadır. Ham sebze yağları gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılır, istenmeyen bileşiklerin uzaklaştırılması için tüketilmeden önce yağların rafine edilmesi gerekir. Saflaştırma süreci sırasında, yağdaki faydalı bileşikler de kaybolabilir. Buğday tanesi yağında, preslenerek elde edilen yeşil kahve yağında, ham palmye yağında ilgilenen bileşiklere zenginleştirilmiş ekstraktlar elde etmek için alternatif bir saflaştırma metodu olarak SFE önerilmiştir. SFE'nin en ilginç uygulamalarından biri, genetik olarak değiştirilmiş farklı mısır ve soya türlerinde amino asit ilişkisini belirlemede kullanılmasıdır. SFE gıda endüstrisinde yan ürünleri değerlendirmede geniş ölçüde kullanılmaktadır (Miyawaki ve ark., 2012).

1.8.8. Ekstraksiyon sonrası temel işlemler

Ekstraksiyon işleminin tamamlanması bu zaman içerisindeki adımlardan yalnızca birinin gerçekleştirilmesi demektir. Bütün işlemler burada bitmez. İstenilen kalite ve özelliklere sahip ürünün elde edilmesi için daha da başka işlemlerin yerine getirilmesi gerekmektedir. Yapılacak bu işlemleri sırasıyla ele alalım.

1.8.8.1. Süzme

Genel olarak süzme işlemi, herhangi bir katı-sıvı karışımının gözenekli bir yapıya sahip bir ortamdan geçirilmesi sonucu katı madde parçacıklarının sıvıdan ayrılması olarak tanımlanır. Karışımının katı ve sıvı bileşenlerini birbirinden ayırmaya yarayan gözenekli yapıdaki süzme ortamı üzerinde biriken katı maddelere filtre keki, süzülen sıvı kısma ise filtrat (süzüntü) adı verilir.

1.8.8.2. Buharlaştırma

Ekstraksiyon işlemleri tamamlandıktan sonra elde edilen ekstredeki çözücünün ortamdan uzaklaştırılması gerekir. Bu amaçla kullanılan sistemlere buharlaştırıcı denir.

1.8.8.3. Kurutma

Kurutma işlemi ekstraksiyon işleminden sonra gerçekleştirilen önemli adımlardan birini oluşturmaktadır. Bir anlamda ekstraksiyon işleminin tamamlanmasını ifade eder. Ekstre edilen maddenin çözücüsünden uzaklaştırılmasını takiben son ürün özelliklerine bağlı olarak değişik şekil ve şartlarda ve yine değişik yöntem ve sistemin önemi ortaya çıkar.

1.8.8.4. Kristallendirme

Katı olan bir maddenin, ona uygun bir çözücü içinde soğukta az çözünüp, sıcakta ise çok çözünmesi temeline dayanan bir kimyasal saflaştırma yöntemidir. Öncelikle uygun bir çözücü seçilir. Bu gayemiz için kullanılacak ideal bir çözücü soğukta az, sıcakta çok çözüyor olmalıdır. Maddeyi çözebilmeli safsızlıkları çözmemeli, madde içinde tepkimeye girmemelidir.

Saflaştıracak olan madde çözücü içinde ısıtılarak tamamıyla çözünmesi sağlanır. Çözücü su ise ısıtma işlemi için bek ya da elektrikli ısıtıcı; çözücü organik bir madde ise kaynama noktasına göre su banyosu kullanılmalıdır. Daha sonra süzme işlemine geçilir. Süzme işleminin sonucunda üstte safsızlık, altta çözücü içinde saf madde kalıyor.

Madde renkli safsızlıklar içeriyorsa süzmeden önce bu safsızlıkların uzaklaştırılması şarttır. Bundan dolayı aktif kömür kullanılır ve sıcak çözelti aktif kömürden süzülerek ayrıştırılır. Süzme işleminin sonunda alt kısımda kalan süzüntü üzeri kapatılarak soğumaya (kristallendirmeye) bırakılır.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Cichorium intybus L.'nin kök, gövde, yaprak ve tohumlarının biyokimyasal, bitki kökeni kimyasal ve antioksidan bileşimi belirlenmiştir. *Cichorium intybus*'un biyokimyasal antioksidan karışımına ilişkin farklı bölümleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark gözlenmiştir. Yapraklar, indirgenmiş suda eriyen şekerler toplam antioksidan ve fenolik asitlerin kısmen daha üst değerlere sahip olduğu bulgusu ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra, tohumların hafifleyitici şekerler, tuzda eriyen proteinler ve saponinler flavonoidler, terpenoidler, kardiyak glikozitler ve antosiyoninler varlığını kanıtlamıştır. Değişik bölümlerin metanolik özütlerinin antioksidan potansiyeli, 2,2-difenil-1-pikrilhidrafil (DPPH) radikal temizleme yeteneği ve indirgenme gücü yönünde hesaplanmıştır. Yaprak özünün, DPPH tutukluğu ve yüksek indirgenme gücü bakımından IC₅₀'nun oldukça düşük bir değere sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Hindiba'nın yaprakları, iyi biyokimyasal, bitki kökenli kimyasal ve antioksidan karışımı nedeniyle farmasötik formülasyonlarda kıymetli bir aday olacak ve iç kökenli serbest köklü değişikliklere aykırı antioksidan savunma sistemine katılarak insanların, canlı hayvan ve küme hayvanlarının sağlığını ilerletmede önemli bir rolü üstlenecektir (Shad ve ark., 2013).

Brüksel hindiba veya yabani marul (frenk salatası) tipik bir Batı Avrupa sebzesidir. Yabani marulun kültürü çift yönlüdür. İlkbahar ve yaz boyunca bitki yeşil yaprağın bir rozeti ve tarlada tombul bir musluk kökü imal eder. Bu kökler yazın sonuna doğru hasat edilir. Sonbahar ve kışında yeşil yapraklarından soyulmuş hasat edilen kökler, beyaz sarımsı solmuş bir kafa olan yenilenebilir ürün vermek için nem ve ısı vasıtasıyla tam karanlık bir ortamda bulunulmaya zorlanırlar. Başın yaprakları konik bir uç ile sebzeye silindirik şekli vererek birbirleri üzerinde sıkıca bükülürler (Schoofs ve Langhe, 1978).

Fruktanlar çeşitli endüstriyel alanlarda yaygın bir biçimde kullanılan polimerlerdir. Fruktanın sağlık alanındaki olumlu tesirleri son birkaç yıl içinde ilgisi gitgide artmıştır. Şu sıralar, fruktanlar genelde sadece Fransa, Hollanda ve Belçika'da yetiştirilen ve işlenen hindiba tarafından sağlanmaktadır. Ve bu bitki sadece o ülkelere özgüdür. Bu yüzden Güney Avrupa ülkelerindeki tarımı genişletmek için fruktan

yetiştiriciliği ilgi çekici düşünce haline gelmektedirler. Fakat su kıtlığı ve yüksek sıcaklıklar fruktanın büyümesi ve verimi üzerinde ciddi engellere yol açabilir. Şimdiye kadar, suyun etkileri üzerine bazı deneyler uygulanmıştır. Bu yüzden bu araştırma yağmur suyuyla beslenen ve sulak koşullardaki fruktan kalitesi ve yetiştirmesi üzerine odaklanmıştır. Su onarımının pozitif etkileri çoğunlukla ağır kuru zemin üstünde ilişkilendirilmiştir. Halbuki, kuru kök ağırlığı (RDV) daha az tesir etmiştir. 1999'da kuru kök ağırlığı üzerinde hiçbir, önemli farklılıklar bulunmamıştır. Oysaki 2000 yılında W_1 'de % 14 daha yüksek çıkmış. Özümseyici dağıtmada suyun etkisi çok bariz bellidir. Tüm bitki skalasındaki genel öncelik kök yapılarına ait olduğu görünmüştür. Daha sonraki öncelik su rezervlerinde ve sonuncu olarakda ADW'ye aittir. Bu yüzden fruktan içeriği W_0 'da daha yüksekti. W_0 ve W_1 arasındaki anlamsız farklılıklar son hasat zamanında fruktan alanında bulunmuştur. Su rejiminin fruktanlar üzerindeki tek kayda değer etkisi depolamaya hız kazandırmaktı. Yaprak fotosentez yeterliliği, su elverişliliğinden kötü bir şekilde etkilendi. Oysaki, yaprak ısı ve yaprak azotu içeriği tarafından istikrarlı bir biçimde yumuşatıldığı meydana çıkmıştır. Stomal geçirgenlik genellikle toprak suyundaki içerikten etkilenmiştir ve çoğunlukla yaklaşık olarak 300 mmol m^{-2-1} den A'ya kadar birbirleriyle bağlantılıdır. Fruktanın zincir uzunluğu su rejiminden etkilenmemiştir. Bunun yanı sıra fruktan zincir uzunluğu sınıfları normal bir istatistiksel yayılma sergilenmiştir. Ancak hasat çok geç olduğunda; çarpıklık ve kurtosis önemli ölçüde değişikliğe yol açmıştır (Monti ve ark., 2005).

Cichorium intybus L.'nin tohumlarının AB-IV bir fenolik bileşik ve alkolik ekstraktın farklı albino sıçanlarda karbon tetraklorür (CCl_4) ile indüklenen karaciğer hasarı üzerine antihepatotoksik aktivite açısından taranmıştır. Korunma derecesi, aspartat transaminaz (AST), alanin transaminaz (ALT), alkalın fosfatez ve toplam protein gibi biyokiyasal parametreler kullanılarak ölçülmüştür. Metanol fraksiyonu ve AB-IV bileşiği, standart ilaç Silymarine ilacı kıyaslanabilecek güçlü bir antihematoksik aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur. Aynı zamanda Karaciğerin histopatolojik çalışması da gerçekleştirildi, bunların içinde metanolik fraksiyon ve bileşik AB-IV ne yağ birikimi ne de nekroz görülmediği için dokuların neredeyse tamamen normalleştiğini göstermiştir (Ahmed ve ark., 2003).

Chicory Asteraceae familyasına ait olup küçük, aromatik binal (iki yıl) yada daha uzun ömürlü bitkidir. Hindiba, inulin, eskulin, uçucu bileşikler, kumarinler, flavonoidler

ve vitaminler gibi tıbbi açıdan önemli bazı bileşikler içerirler. Biz bu çalışmada çeşitli ikincil metabolitlerin mevcudiyeti için ve antibakteriyel patojenik bakteriye gram pozitif Stafilokok aureus ve mikrokok luteus ve gram negatif bakteri yapay koşullarda iyi bir difüzyon metoduyla antibakteriyel faaliyet için bitki kökenli fitokimyasal çözümlenmeleri değerlendirilmiştir. Hindiba'nın hekzan ve etil asetat kök özleri, kloroform, petrol eteri ve su özütlerine oranla bariz bir tutukluluk yeni engelleme dışı vurulmuştur. Kök özleri, Bacillus Substilis, Stafilokok aureus ve Salmonella typhi üzerinde mikrokok luteus ve Escherichia coliden daha fazla engelleyici etki ortaya atmıştır (Nandagopal ve Kumari, 2007).

Bu çalışmanın amacı, bitki yapraklarında Se bileşiklerinin belirlenmesi için geliştirilen bir metoddur. Suda eriyen Se bileşikleri su ile çıkarılmıştır. Proteinlere bağlı Se bileşiklerinin salınması için spesifik olmayan enzim proteaz XIV ile enzimatik hidroliz kullanılmıştır. Se türünün birbirinden ayrılması, Se^{IV}, Se^{VI} ve selenometiyonin (SeMet) için bir anyon değişim sütunu ve selenometil selenosistein (SeMeSeCys) ve selenosistein (SeCyS₂) için bir katyon değişim sütunu kullanılarak iyon değişim sütunu kullanılarak iyon değişim kromatografisi ile yapılmıştır. Kolonlar, ayırma ve tespit sistemi arasında bir UV lambası kullanılarak bir hidrit oluşturma atomik flüoresan spektrometresi (HG-AFS) 'on line' bağlandı. Geliştirilen yöntemle elde edilen sonuçların tekrar edilebilirliği, tüm Se türleri için %15'in (R.S.D) altındaydı; saptama limiti, 2-10ng Se/g yüzer maddedir. Doğruluk, referans materyallerin bazı literatür verileri ile karşılaştırılarak kontrol edildi, çünkü uygun bir sertifikalı referans metri mevcut değildi. Bu yöntem, farklı zamanlarda yüksek konsantrasyonlarda Na₂SeO₄ ile aeroponik olarak yetiştirilen bitkilerden yapılan hindiba (*Cichorium intybus* L.) yapraklarındaki Se bileşiklerinin tayini için kullanılmıştır. Se, porsuk yapraklarında, 41 günden sonra µg/g'a kadar, çoğunlukla (%64) Se^{VI} olarak verimli birikmiştir, yani Se eklenmiştir. Enzim hidrolizi özütlerinde inorganik Se'nin yanında SeMet ve SeMeSeCys bulunur. Bitki özütlerinin kromatogramlarında birtakım kesinleşmemiş doruklara rastlanmıştır (Mazej ve ark., 2005).

Cichorium intybus L.'nin yer üstü parçacıkları ve köklerinden uçucu fraksiyonun bileşimi incelenmiştir. Bitkiler çiçek açma aşamasında 2007'de Litvanya'nın beş farklı yerinde toplandı. Uçucu bileşikler kurutulmuş materyalin hidrodistilasyonu ile elde edilmiş ve GC/MS ile analiz edilmiştir. Bütün uçucu bileşenler arasında ana bileşen

olarak oktan, n-nanodekan, pentadekanon, hegzadekan ve geçici olarak tanımlanmış bir bileşik bulunmuştur. Oktan miktarı ve geçici olarak tanımlanan bileşik, şık köri yeryüzündeki parçalardan (sırasıyla % 8.0-25.6 ve % 0-0.9) daha yüksek köklerde (sırasıyla % 34.4-69.8 ve % 4.8-22.7) yüksekti. Nonadekan için zıt bir ilişki gözlemlenmiş, içeriği hava kısımlarında (% 5.1-46.9) köklerden (%0.3-3.9) daha yüksekt çıkmış. Alifatik bileşikler ve türevleri, ana fraksiyonu (hava kısımlarında ve köklerde sırasıyla % 63.2-76.9 ve %64.1-81.3), terpenoidler ise az miktarda bileşen oluşturuyormuş. Otuz ve yirmisekiz tanımlanan bileşik sırasıyla hava kısımları ve köklerindeki toplam içeriğin % 75.2-84.7'sini ve 83.4-95.1'ini oluşturmaktadır (Büdiene ve Judzentiene, 2008).

Sera deneyi zerdeçal çimlenme, hayatta kalma ve biyolojik kütle üretimi üzerine toprak yüzeyinin ve çöp örtüsünün etkisini belirlemek için bir sera deneyi yapılmıştır. Daha mikrotopografik rahatlama sağlayan yüzey tedavileri yüzeylerin pürüzsüz, ince veya kaba çöplerle kaplı olduğu tedavilerle kıyaslandığında çimleme ve büyüme için daha iyiymiş. Çatlaklarda çimlendirilen tohumlar, çatlakların veya kayaların toprak yüzeyiyle ilişkili olduğu yerde oluştu ve nemi koruyan ve fide köklerine kurulma fırsatı sağlayan “güvenli bölgeler” oluşturulmuştur. Optimal deneysel tedaviler, hindibanın sıcak, kuru ve yaşanması zor olan iklimin görüldüğü yol kenarındaki bitkilerin yetiştiği yere benzerdi. Fakat başarılı çimlenme ve fidanın dikilmesi için gerekli topografik heterojenliği temin edermiş (Smith ve Capelle, 1980).

Hindiba Avrupa ve Asya'da başlıca coğrafi varlığı ile altı özel türden meydana gelir. Çoğunlukla hindiba olarak adlandırılan beyaz hindiba veya Türk hindibası kahve temsilcisi olarak ünlüdür. Fakat aynı zamanda çoğunlukla diyabetten tutunma yaralara kadar çeşitli rahatsızlıkları tedavi etmek için tıbben kullanılmış. Bu bitki halk biliminde zengin tarihe sahip olmasına rağmen bileşenlerinin çoğu farmakolojik potansiyel bakımından keşfedilmiştir. Beyaz Hindiba'nın üzerindeki eczacılık bilimi verileri hala kısıtlıdır. Bu inceleme beyaz hindibanın önemli tıbbi kullanımının odak noktası haline gelmiştir. Beyaz hindibann geleneksel kullanımları bilimsel tasdikleme ve bitki kökenli kompozisyon detaylı bir şekilde tartışılmaktadır (Street ve ark., 2013).

Cichorium İntybus L.'nin yapraklarının hidroalkolik özütünün fitokimyasal antioksidan ve mineral bileşimi belirlendi. Yapraklar da, toplam flavonoid, toplam fenolik asitlerin nispeten daha yüksek değerler bulunmuştur. Fitokimyasal tarama,

bitkinin yapraklarında tanenler, saponinler, flavonoidlerin varlığını doğruladı. Yaprak özünün, 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil inhibisyonu için IC₅₀'nin göreceli olarak düşük bir değeri gösterdiği bulunmuştur. Hindiba yaprak özütünün IC₅₀ değeri 67,2±2,6µg/ml olarak bulundu. Ekstraktların özellikle Mg ve Zn olmak üzere çok miktarda mineral elementi içerdiği tespit edildi. İyi fitokimyasal ve antioksidan bileşiminden dolayı *C. İntybus* L.'nin yaprakları farmasötik formülasyonlarda önemli bir aday olacaktır ve serbest radikal üretimine karşı antioksidan savunma sistemine katılarak insan sağlığının iyileştirilmesinde önemli bir rol üstlenmiştir (Abbas ve ark., 2014).

Hindistan'da şekerli diyabet için geleneksel tedavi olarak yaygın olarak kullanılan *Cichorium İntybus*'un etanolik ekstraktının hipoglisemik ve hipolipidemik özelliklerini araştırmak üzere tasarlanmıştır. 9 haftalık erkek Sprague-Dawley sıçanlarına deneysel diyabet indekslemesi için intraperitoneal olarak streptozotosin uygulanmıştır. *Cichorium İntybus* bütün bitkileri %80 alkol ile etraflıca aktarıldı. Rotavapor kullanılarak 40°C ile yoğunlaştırıldı ve toz elde etmek için kurutulmuş donduruldu. CIE'nin hipoglisemik etkileri, 125mg bitki özütü/kg vücut ağırlığındaki bir dozun en güçlü hipoglisemik etkisini sergilediği bir oral glikoz tolerans testinde gözlenmiştir. Ayrıca, diyabetik sıçanlara 14 gün süreyle CIE (125mg/kg) verilmesi, serum glikozunu %20, trigliseridleri %91 ve toplam kolesterolü %16 oranında zayıflatmıştır. Bununla birlikte, CIE'nin pankreatik β hücrelerinden insülin sekresyonunu indükleme ihtimalini ortadan kaldıran serum insülin düzeylerinde bir değişiklik olmamıştır. Buna ek olarak, hepatik glikoz-6-fosfataz aktivitesi, kontrol grubuna kıyasla CIE ile belirgin şekilde düşürülmüştür. Karaciğer Glc-6-Pase aktivitesindeki azalma hepatik glikoz üretimini düşürülebilir ve buda CIE ile tedavi edilen diyabetik sıçanlarda daha düşük kan şekeri konsantrasyonuna neden olurmuş. Sonuç olarak, sonuçlarımız *Cichorium İntybus*'un diyabetik durumu iyileştirebileceğine dair geleneksel inancı desteklemektedir (Pushparaj ve ark., 2007).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışmada kullanılan araç ve cihazlar

Analitik terazi (SHIMADZU LIBROR AEG-220), Cam kroze, Desikatör, Erlenmayer, Geri soğutucu, Ayırma hunisi, Elek (40 ve 60 mesh'lik), Baget, Isıtıcı, Elek sarsma cihazı, Beher, Balon joje, Ekstraksiyon krozesi (kartuj), Etüv, Öğütücü (PERTEN INSTRUMENTS LM120), Kül fırını (NABETHERM), Petri kabı, Mezür, Maket bıçağı, Otoklav, Mavi süzgeç kağıdı, Pipet, Naylon torba, Porselen kroze, Kantitatif huni, Rotary Evaporatör (HEİDOLPH), Nuçe erleni, Spatül, Su banyosu , Saat camı, Saf su düzeneği, GC-MS Cihazı.

3.1.2. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler

Sülfürik asit, Nitrik asit, Aseton, Asetik asit, Sodyum hidroksit, Petrol eteri, KOH, MeOH.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklenme

Kimyasal analizlerde kullanmak için ana maddeyi yani örneğin alındığı materyalin hepsini temsil etmelidir. Bu çalışmada 2016 Temmuz ayında hasat edilen 3 farklı Beyaz Hindiba (*Cichorium intybus* L.) bitkisi Van'ın Özalp ilçesindeki lokasyondan temin edilip kurutulduktan sonra laboratuara getirilmiştir.

3.2.2. Öğütme ve eleme

Kimyasal analizler için kullanılacak olan numunenin örneklenmesi ve hazırlanması TAPPI T11 m-45 standardına göre yapıldı. Örnek Willey tipi bir

değirmende öğütüldükten sonra 40 ve 60 mesh'lik elekten geçirilerek elenme yapıldı. Çok ince kısımlar 60 mesh'lik elek üzerinde, kaba bölümler ise 40 mesh'lik elekten geçirilerek elenmiş oldu. Daha sonra 60 mesh'lik elek üzerinde kalan kısımlar analiz etmek için kullanıldı. Burda 40 mesh'lik elek üzerinde kalan bitki sapları tekrar öğütölmek amacıyla öğütöldü. Bundan sonra hazırlanmış örnek numune ışık görmeyen ve hava geçirmeyen siyah poşetlere kondu.

3.2.3. Lignin tayini

Lignin tayini TAPPI T13 m-54 standardına göre yapıldı. Odun kuvvetli asitlerle muamele edildiğinde, karbonhidratlar hidrolize olur ve böylece lignin ile beraber çözünmeden kaldığı için öncelikle uygun çözücü olarak petrol eteri kullanılarak ekstraktiflerin ayrılmasını sağlamak gerekir. Bu deneyde çözücü olarak petrol eteri kullanıldı ve ekstraksiyon işlemi soxhelet ekstraksiyon cihazında yapıldı.

Cichorium intybus L. sapı unundan 1 gr alınarak bir behere alındı ve 12-15 °C'deki 15 ml % 72'lik H₂SO₄ ilave edildikten sonra 18-20 °C'de ara ara karıştırılarak iki saat boyunca bekletildi. İki saatlik zaman sonrasında beherdeki materyal yıkanarak bir litrelik erlen mayerin içerisine alındı. Erlenindeki sıvı miktarı 560 ml olana değin destile su ilave edilerek seyreltildi. Ardından bu karışım soğutucu altında dört saat süre ile kaynatıldı. Çözünmeden kalan maddenin çökmesinin ardından ağırlığı 105±3 °C'de belirlenmiş porozitesi 3 olan krozeden karışım süzöldü. Serbest asit artıkları 500 ml sıcak su ile yıkandı ve 3 nolu kroze ile 105±3 °C'de kurutulup bir desikatörde soğutulması ardından sabit tartıma getirildi.

3.2.4. Selüloz tayini

Selüloz tayini TAPPI 05-2C3 71 standardına göre yapıldı. *Cichorium intybus* L. sapı unundan 2 g alınarak selüloz tayini için kullanıldı. Bir beher içine 10 ml 40° Be'lik HNO₃ ile 40 ml 96°'lik etil alkol konuldu. Elde edilen bu karışım balon jopenin içinde bulunan numunemizin üstüne ilave edildi ve geri soğutucu altında kaynamaya bırakıldı. HNO₃'in tesiriyle yağlı maddeler çözünmekte, hemiselülozlar hidroliz olup ve lignin nitrofenolik bileşiklere dönüşmektedir. Burada alkol, selülozu HNO₃'den korunmaktadır. Bir saat kaynadıktan sonra 2 nolu kroze ile yardımıyla balondaki sıvı süzöldü ve 10 ml

HNO₃ ile 40 ml etil alkolden oluşan yeni bir karışım ile kroze üzerinde kalan numune yıkayıp balona alındı. Tekrar bir saat kaynatmaya devam edildi ve aynı işlem üç defa tekrar edildi. Bu tekrarlardan sonra krozeden süzme yapıldı, sıcak su ile kroze üzerinde kalan numene de yıkandı ve 105±3°C’de kurutulup bir desikatörde soğutulduktan sonra sabit tartıma getirildi.

3.2.5. Kül tayini

Kül tayini TAPPI T211 om-85 standardına göre yapıldı. Yüksek ısıya dayanıklı iki tane kroze kullanıldı. İlk önce krozeler, 575±25 °C’de sabit tartıma getirildi ve içlerine 2’şer g beyaz hindiba (*Cichorium intybus* L.) sapının unundan alınıp krozelere konuldu. Sonrasından krozeler kül fırına konuldu, sıcaklık 575±25°C olarak ayarlandı. 2 saat sonra fırından örnek alındı, sabit tartıma getirilinceye kadar işleme devam edildi.

3.2.6. Nem tayini

1g ağırlığındaki beyaz hindiba (*Cichorium intybus* L.) sapı unu numunesinden tartıldı. Önceden rutubeti tayin edilmiş petri kaplarına konuldu. 105 °C de 2 saat boyunca etüvde kurutuldu. Daha sonra desikatörde soğutulup ve tartılarak nem oranı bulundu.

3.2.7. Ekstraktifler

40 mesh’lik elekten geçip, 60 mesh’lik elek üzerinden kalan numunedan 10 g alınıp süzgeç kağıdın içine konulduktan sonra, ekstraksiyon krozesi (kartuj) içine yerleştirildi. Daha sonra bu kroze Soxhlet ekstraksiyon cihazına yerleştirildi ve petrol eteri ile kroze içindeki *Cichorium intybus* L sapı unu 4 saat boyunca ekstraksiyona tabi tutuldu. Ekstraksiyon sıcaklığı 10 dakikada bir sifon yapılacak şekilde ayarlandı. Ekstraksiyondan sonra krozedan çıkarılan *Cichorium intybus* L. sapı unu açık havada bırakıldı.

3.2.8. Yağ tayini

40 mesh'lik elekten geçip, 60 mesh'lik elek üzerinden kalan numunedan 10 g alınıp süzgeç kağıdın içine konulduktan sonra, ekstraksiyon krozesi (kartuj) içine yerleştirildi. Daha sonra bu kroze Soxhlet ekstraksiyon cihazına yerleştirildi ve petrol eteri ile kroze içindeki *Cichorium intybus* L. sapı unu 6 saat boyunca ekstraksiyona tabi tutuldu. Ekstraksiyon sıcaklığı 10 dakikada bir sifon yapılacak şekilde ayarlandı. İşlem sonucunda balon jodedeki sıvıda buharlaştırılıp (40°-60°) yağ miktarı tayin edildi

3.2.9. Beyaz Hindiba (*Cichorium intybus* L.) bitkisinde kimyasal analizi ve elde edilen yağın GC-MS ile analizi ve karakterizasyonu

Türevlendirme reaksiyonu yağ asitlerinin GC-MS ile tanımlanması amacıyla metilesterlerine (FAME) çevrilmesi için kullanılmıştır. FAME, hekzan veya petrol eteri ekstraktlarının bazik ortamda transesterifikasyonu ile hazırlanarak, uçucu türevlerine çevrilmiştir.

Türevlendirme için 1 g petrol eteri ekstresi 10 ml hekzanda tamamen çözünene kadar ultrasonik banyoda, oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra 2 molar KOH balon jojeye (500ml) alınmış ve üzerine metanol çözücüsü ilave edilmiştir.

Çözünen petrol eteri ekstresi ayırma hunisine aktarılmıştır ve ekstrenin üzerine 50 ml 2M KOH çözeltisi ilave edilmiştir. Ayırma hunisine aktarılmıştır ve ekstrenin üzerine 50 ml 2M KOH çözeltisi ilave edilmiştir. Ayırma hunisinin ağzı kapatılıp birkaç defa elle çalkalanma işlemi yapılmış ve daha sonra ayırma hunisinin kapağı açılıp biraz bekletilmiştir.

Ayırma hunisinde oluşan ikili fazdan yukarıdan kalan hekzan fazının berrak kısmından yaklaşık 0.5ml si analiz için kullanılmıştır. Reaksiyon oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Yağ asitlerinin uçucu türevlerinin analizi için Gaz Kromatogramı-Kütle Spektrumu kullanılmıştır.

GC-MS Analizi için Agilent 5975 GC-MS sistemi ile Innovax FSC (60m x 0.25 mm, 25 µm) polar kolonu kullanılmıştır. İnlet sıcaklığı 250 °C'ye ayarlanmıştır. Taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılmış, akış hızı 1ml/dk olarak belirlenmiştir. Fırın sıcaklık programı 100°C den başlayarak 240°C'ye 4°C/dk hızla çıkarılmış, 30 dk 240°C de

bekletilmek üzere toplam 65 dk olarak uygulamıştır. Kütle Spektrumu 70 Ev da kütle aralığı ise 35-450 m/z olacak şekilde kaydedilmiştir.



4. BULGULAR

4.1. *Cichorium İntybus L.* Bitkisinin Kimyasal Analiz Sonuçları

Lignin, selüloz, holoselüloz, kül, nem ve ekstraktiflerin sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmektedir.

Çizelge 4.1. *Cichorium intybus L* ununun kimyasal analizi

Bileşenler	% k.k Ağırlık
Lignin	14.9
Selüloz	30,0
Nem (% Ağırlık)	5.4
Kül (% Ağırlık)	10.7
Yağ	2.5
Soxhlet ekstraktifleri (% e.k.k ağırlık) (Petrol eteri, k.n: 40-60 °C kullanılarak)	6.8

Not: e.k.k: ekstraktifleri alınmış, külsüz ve kuru

4.2. *Cichorium İntybus L.* Ununun Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçları

3 farklı örneğin yağ asidi kompozisyonu Çizelge 4.2' de gösterilmiştir. Çizelgede görüldüğü üzere örneklerin yağ asidi kompozisyonları arasında istatistiksel bir fark gözlenmemiştir. Örneklerin hiçbirisinde tekli doymamış yağ asidi tespit edilmemiştir. Yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde Linoleik (% 31.8) asit yüzdece en fazla tespit edilen yağ asididir. Örneklerin doymamış yağ asitleri toplamı doymuş yağ asitlerinden daha fazla çıkmıştır. Örneklerin yağ asidi bileşimlerine ait GC-MS spekturumları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.2. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* Ununun Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçları

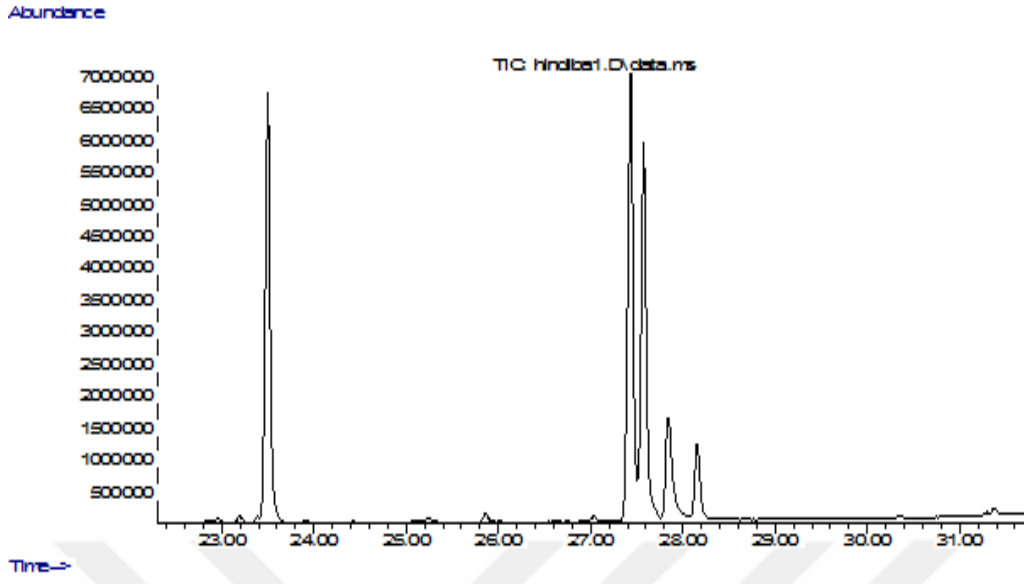
Yağ asitleri (%)	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3
Palmitik asit (C _{16:0})	29.07	29.22	29.14
Stearik asit (C _{18:0})	5.61	5.67	5.68
Oleik asit (C _{18:1})	TE	TE	TE
Linoleik asit (C _{18:2})	31.66	31.75	31.89
Linolenik asit (C _{18:3})	27.18	26.97	27.00
Eikosanoik asit (C _{20:0})	2.79	2.78	2.80
Behenik asit (C _{22:0})	3.68	3.61	3.50
DYA (%)	41.15	41.28	41.11
TDYA (%)	0	0	0
ÇDYA (%)	58.84	58.72	58.89
Toplam (%)	100	100	100

DYA: Doymuş yağ asidi, TDYA: Tekli doymamış yağ asidi, ÇDYA: Çoklu doymamış yağ asidi, TE; tespit edilemedi.

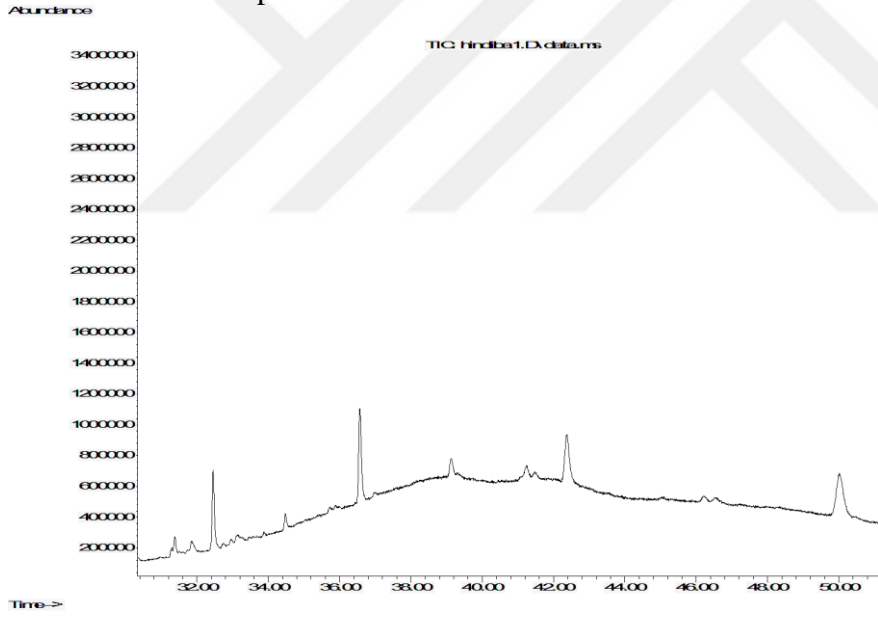
Çizelge 4.3. *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* Ununun Elde Edilen Yağın GC-MS ile Analiz Sonuçlarının Ortalaması

Yağ asitleri	% Ağırlık Ortalama
Palmitik asit (C _{16:0})	29.1
Stearik asit (C _{18:0})	5.7
Oleik asit (C _{18:1})	0
Linoleik asit (C _{18:2})	31.8
Linolenik asit (C _{18:3})	27.1
Eikosanoik asit (C _{20:0})	2.8
Behenik asit (C _{22:0})	3.6
DYA (%)	41.2
TDYA (%)	0
ÇDYA (%)	58.9

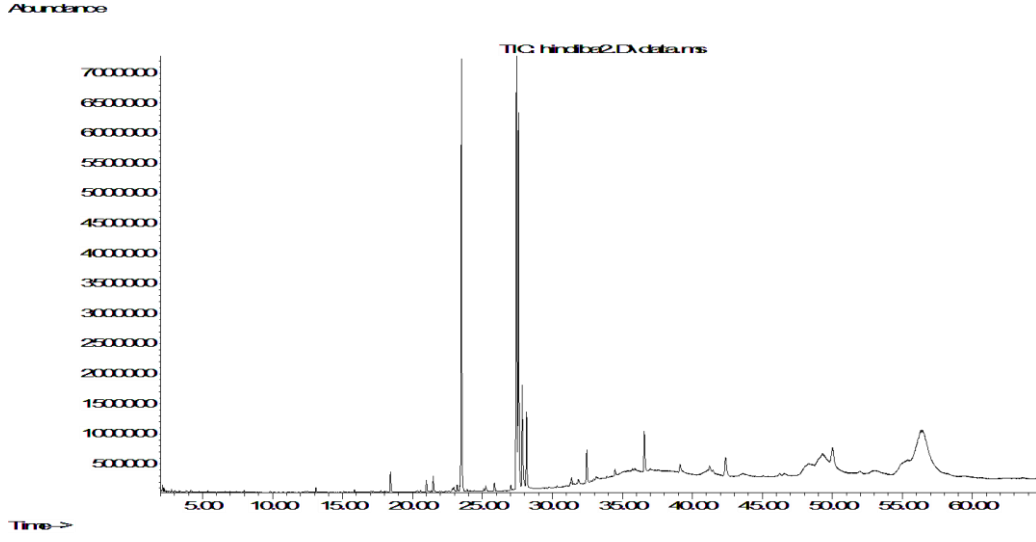
DYA: Doymuş yağ asidi, TDYA: Tekli doymamış yağ asidi, ÇDYA: Çoklu doymamış yağ asidi.



Şekil 4.1. *Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)* bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.



Şekil 4.2. *Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)* bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.



Şekil 4.3. *Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.)* bitkisinin esansiyel yağına ait GC/MS spektrumu.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Beyaz hindiba (Cichorium intybus L.) bitkisinin unundan yapılan kimyasal analizlerin sonucu Çizelge 4.1’de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarını şu şekilde sırayabiliriz. Lignin % 14.9, Selüloz % 30.0, Nem oranı % 5.4, Kül oranı % 10.7, Yağ oranında % 2.5 ve ekstraktiflerin % 6.8 olduğu tespit edilmiştir. Burada en fazla selüloz oranının yüksek oranda çıktığı görülür.

Yapılan analizler sonucu elde edilen yağın içeriği için Yıldız Teknik Üniversitesi Laboratuvarın’a gönderilip yağ asidi profili tespit edilmiştir.

Bu çalışmada *Beyaz Hindiba (Cichorium intybus L.)* bitkisinin gövde kısmı ve çiçek bölümlerinin yağ asidi bileşimi GC-MS sistemiyle belirlenmiştir. Elde edilen verilerin kantitatif analizleri GC-MS sistemi kullanılarak yapılmıştır. Çizelge 4.2 ‘de 3 farklı örneğe ait yağ asidi bileşimi gösterilmiştir. Örneklerin yağ asidi bileşimlerini incelediğimizde doymuş ve çoklu doymamış yağ asitlerinin ön planda olduğu gözlenmektedir. Doymuş yağlar içerisinde en fazla tespit edilen ise palmitik asittir. Palmitik asit 16 karbonlu ve çift bağ içermeyen doymuş bir yağ asididir. Özellikle palm yağında yüksek oranda bulunmaktadır. Bitkisel yağların yağ asidi bileşimini incelediğimizde doymuş yağlar içerisinde palmitik asit ve stearik asit en fazla tespit edilen yağ asitleridir. Palm yağ haricinde stearik asit bitkisel yağlarda yüzdece daha fazla oranda bulunur. *Beyaz hindiba* bitkisinde, ise palmitik asit çok yüksek oranda tespit edilmiştir (%29.1). Bu sonuç diğer yağlı tohum ve bitkilere göre *beyaz hindiba* bitkisi için önemli bir ayrıntıdır (Clapham ve ark., 2005), *Beyaz hindiba* bitkisinde 14 ve aşağı sayıda karbon atomu içeren yağ asitleri tespit edilememiştir. Örneklerin hiç birisinde tekli doymamış yağ asidi tespit edilememiştir. Çoklu doymamış yağ asitleri ise yaklaşık % 59 düzeylerinde tespit edilmiştir. Çoklu doymamış yağ asitlerinden Linolenik asit en fazla düzeyde tespit edilen yağ asididir. Örneklerin Linolenik asit miktarları % 27.1 olarak tespit edilmiştir. Çok iyi bilindiği üzere bu yağ asitleri esansiyel yağ asitleridir ve vücuda mutlaka beslenme yoluyla alınmalıdırlar. *Beyaz hindiba* bitkisinin esansiyel yağ asitleri açısından zengin olması yağın besleyicilik değerini ortaya koymaktadır. Ayrıca herhangi bir yağ kaynağının çoklu doymamış yağ asidi miktarı kadar

Linoleik ve Linolenik asit oranlarının da önemi büyüktür. Linoleik/Linolenik oranı artıka yağın besleyicilik özelliğinde olumsuz durumlar ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda ω -6/ ω -3 düzeyinin düşmesi beslenme açısından tavsiye edilmektedir. Beyaz hindiba bitkisinin yağ asidi bileşimini incelediğimizde bu oran 1' e yakın çıkmıştır. Bu durum bitkinin ω -6/ ω -3 dengesinin korunmasında önemli bir yağ kaynağı olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir. Beyaz hindiba bitkisinin çoklu doymamış yağ asidince zengin olması oksidatif stabilitesinin azalmasına yol açtığı düşünülse de doymuş yağ içeriğinin yüksek olması oksidatif stabilite açısından bir dengeyi sağlamaktadır.

Beyaz hindiba bitkisinin yağ asitleri kompozisyonuyla ilgili daha önce yayınlanmış birçok çalışma bulunmaktadır. *Beyaz hindiba* dahil olmak üzere bazı yem ve çayır bitkilerinin yağ asidi kompozisyonunu belirlemişlerdir. *Beyaz hindiba* bitkisinin majör yağ asidi olarak Linolenik asidi belirlemişlerdir. Ayrıca doymuş yağ asitleri içerisinde en fazla palmitik asidi tespit etmişlerdir. Araştırmacılar tekli doymamış yağ asitlerini ise oldukça düşük düzeyde tespit etmişlerdir. Görüldüğü üzere bu çalışmadan elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızın sonuçlarına benzerlik göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen farklılık Linolenik asit yüzdesinin bizim sonuçlarımıza göre çok daha yüksek bulunmasıdır. Bu durum toprak koşulları, çeşit farklılığı ve iklim koşulları gibi birçok nedenden kaynaklanmış olabilir (Clapham ve ark., 2005).

Beyaz hindiba bitkisinin yağ asidi kompozisyonu üzerine yapılan başka bir çalışmadan elde edilen sonuçlar da bizim çalışmamızdakine oldukça yakın bulunmuştur 9 Farklı ticari *Beyaz Hindiba* çeşitlerinin yağ asitleri bileşimleri tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi örneklerin doymuş asitlerinden yüzdece en fazla tespit edilen yağ asidi palmitik asittir. Örneklerin palmitik asit miktarları % 22 düzeylerinde tespit edilmiştir. Bizim çalışmamızda olduğu gibi Linoleik asit yüzdece en fazla tespit edilen yağ asididir. Bu araştırmacıların sonuçlarını incelediğimizde Linolenik ve linoleik asit yüzdesi toplamı % 71 düzeylerine ulaşmaktadır. Bu sonuç bizim çalışmamızdan elde edilen sonuca göre daha yüksektir. Miktar açısından yüksek olması çeşit ve toprak koşullarıyla açıklanabilir. Ancak doymuş yağ asitlerinden palmitik asidin yüksek çıkması çoklu doymamış yağ asidi içeriğinin % 50 düzeyinden yüksek olması bizim çalışmamıza benzerlik göstermektedir (Sinkovic ve ark., 2015).

(Morales ve ark., 2012), İspanya’da *Beyaz Hindiba* bitkisinin de dahil olduğu bazı bitkilerin yağ asidi kompozisyonu üzerine araştırma yapmışlardır. Bizim araştırmamızda olduğu gibi palmitik asit en fazla tespit edilen doymuş yağ asidir. Bunun yanında Çoklu doymamış yağ asitleri majör yağ asidi olarak tespit edilmiştir. Örneklerin stearik asit düzeyleri de bizim çalışmamızdaki sonuçlara uyum göstermektedir. Ayrıca bizim çalışmamızla uyumlu olan bir diğer sonuçta Behenik asit miktarının % 1 den daha fazla miktarda bulunmasıdır. Bununla birlikte bulduğumuz sonuçlar literatürlerdeki diğer yayınlarla uyumluluk göstermektedir (Sinkovis, 2015; Vardavas 2006). Bu çalışmalarda da palmitik asit doymuş yağ olarak yüksek düzeyde tespit edilirken örneklerin çoklu doymamış yağ asitleri majör yağ asidi olarak tespit edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Abbas, Z., Saggu, S., Sakeran, M., Zidan, N., Rehman, H., Ansari, A., 2015. Phytochemical, antioxidant and mineral composition of hydroalcoholic extract of chicory (*Cichorium intybus* L.) leaves. *Journal of Biological Sciences*, **22**:322-326.
- Acaroğlu, M., 2008. Türkiye’de Biyokütle-Biyometanol ve Biyomotorin Kaynakları ve Biyoyakıt Enerjisinin Geleceği, *VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu (UTES’2008)*, 17-19 Aralık 2008, 351-362.
- Ahmed, B., Al-Howiriny, T., Siddiqui, A., 2003. Antihepatotoxic activity of seeds of *Cichorium intybus*. *Journal of Ethnopharmacology*, **87**:237-240.
- Anonim, 1996. Dünya Enerji Raporu. Dünya Enerji Komitesi Yayınları, Ankara 1997.
- Anonim, 2002. Türkiye Enerji İstatistikleri Yıllığı. Ankara. 940. *Arch. Biol. Sci. Belgrade*, **67**(2):647-653.
- Basu, S.. 2006. *Single Phase Active Power Factor Correction Converters. (Ph D. thesis)*. Chalmers University Of Technology, Sweden 9-37.
- Besbes, S., Blecker C., Deroanne C., Lognay G., Drira N.E., Attia H. 2005. Heating effects on some quality characteristics of date seed oil. *Food Chemistry*, **91**:469–476.
- Bilgi, Z., 2016. *Gebelik Döneminde Beslenme Durumunun, Kordon Kanı Yağ Asitleri Düzeyleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bing, Z., 2016. *Gebelik Döneminde Beslenme Durumunun, Kordon Kanı Yağ Asitleri Düzeyleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi). İstanbul Medipol Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Budiene, j., Judzentiene, A., 2008. Volatile constituents from aerial parts and roots of *Cichorium intybus* L. (chicory) grown in Lithuania. *Lietuvos Mokslų Akademijos Leidykla*, **19**(2): 25-28.
- Bütün, Y., 1993. Bitkisel Yağlar ve Beslenmemizdeki Önemi. *Tarım Bakanlığı Dergisi*, **87**:19-20.
- C.I. Vardavas., D. Majchrzak., K.H. Wagner., I. Elmadfa., A. Kafatos., 2006. Lipid concentrations of wild edible greens in Crete. *Food Chemistry*, **99**:822-834.
- Ceviz, M.A., 2005. Alternatif Yakıtlar. *Makina Tek.*, **95**:150-155.
- Clapham, W., Foster, J., Neel, J., Fedders. J., 2005. Fatty Acid Composition Of Traditional And Novel Forages. *J. Agric. Food Chem.*, **53**:10068-10073.
- Çağlar, A. ve Demirbaş. A., 2001. Conversion of Cotton Cocoon Shell to Liquid Products by Supercritical Fluid Extraction and Low Pressure Pyrolysis in the presence of Alkalis. *Energy. Conversion and Management*. **42**:1095-1104.
- Çanakçı, M., 2007. Combustion Characteristics of a Turbocharged DI Compression Ignition Engine Fueled With Petrolcum Diesel Fuels and Biodiesel. *Bioresource Technology*, **98**:1167-1175.
- Çolak, Z., 2012. *Primula vulgaris Huds.’un Moleküler, Yağ Asidi ve Toprak Özelliklerinin Alttür Düzeyinde Değerlendirilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Demirbaş, A., 1996. Yields of oil products from thermochemical biomass conversion Processes. *Energy Conversion & Management*, **39**:685-690.
- Demirbaş, A., 2000. Liquefaction of olive husk by supercritical fluid extraction. *Energy Conversion & Management*, **41**:1875-1883.
- Demirbaş, A., 2000. Mechanisms of liquefaction and pyrolysis reactions of biomass *Energy Conversion & Management*, **41**:633-646.
- Diagne, R.G., Foster, G.D., Khan, S.U., 2002. Comparison of Soxhlet and microwave- assisted extractions for the determination of fenitrothion residues in beans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **50**(11):3204.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), 2010. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2010-2014 Stratejik Planı, http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/ ETKB Stratejik Planı.pdf, Ankara. Erişim tarihi: 14 Mart 2014.
- Ganesh, A. and Banerjee, R., 2001. Biomass Pyrolysis for Power Generation-A Potential Technology. *Renewable Energy*. **22**:9-14.
- Gencer, O., 1995. *Genel Tarla Bitkileri (Endüstri Bitkileri)*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dersi Kitabı, No:42. Adana.
- Genç, N., 2010. *Birim Güç Katsayısı ve Sıfır-Gerilim-Geçişli Yeni Bir Sarmaşık Yükselten Dönüştürücünün Tasarımı ve Gerçeklenmesi*(Doktora tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Karakaş, N., 2015. *Bazı Apiaceae Familyası Bitkilerinin Yağ Asitleri Profilinin ve Biyoaktivitelerinin Araştırılması* (Yüksek lisans tezi). YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Koç, E., Kaya, K., 2015. "Enerji Kaynakları–Yenilenebilir Enerji Durumu," Mühendis ve Makina, **56**:36-47.
- Komiyama, H., Mitsumori, T., Yamaji, K., 2001. Assessment of Energy Systems by Using Biomass Plantation. *Fuel*, **80**:707-715.
- Koncuk, F., 2008. *Biyodizel Üretimi ve Dizel Motorunda Motor-Yanma Karakteristiklerinin İncelenmesi*(Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Luthria, D.L., Biswas, R., Natarajan, S., 2007. Comparison of extraction solvents and techniques used for the assay of isoflavones from soybean. *Food Chemistry*, **105**(1):325.
- Mazej, D., Falnoga, I., Veber, M., Stibilij, V., 2005. Determination of selenium species In plant leaves by HPLC-UV-HG-AFS. *Talanta*, **68**:558-568.
- Miyawaki, T., Kawashima, A., Honda, K., 2008. Development of supercritical carbon dioxide extraction with a solid phase trap for dioxins in soils and sediment. *Chemosphere*, **70**(4):648.
- Monti, A., Amaducci, M., Pritoni, G., Venturi, G., 2005. Growth, fructan yield, and quality of chicory (*Cichorium Intybus* L.) as related to photosynthetic capacity, harvest time and water regime. *Journal of Experimental Botany*, **56**:1389-1395.
- Morales, P., Ferreira, I., Carvalho, A., Sa'nchez- Mata, M., Ca'mara, M., Tardi'o, J., 2012. Fatty acids profiles of some Spanish wild vegetables. *Food Science and Technology International*, **18**(3):281–290.
- Murillo, S., Miguez, J.L., Granada, E., Moran, J.C., 2007. Performance and Exhaust Emissions In The Use Of Biodiesel In Outboard Diesel Engine. *Fuel*, **86**:1765-1771.

- Nandagopal, S., Kumari, B., 2007. Phytochemical and Antibacterial Studies of Chicory (Cichorium intybus L.) – A Multipurpose Medicinal Plant. *Advances in Biological Research* **1**(1-2): 17-21.
- Özsezen, A., Çanakçı, M., 2006. *Türkiye’de ve Dünyada Enerji Tüketimi*. Kocaeli Üniversitesi, Makine Eğitimi Bölümü, 41380, İzmit.
- Pushparaj, P., Low, H., Manikandan, J., Tan, B., Tan, C., 2007. Anti-diabetic effects of Cichorium Intybus in streptozotocin-induced diabetic rats. *Journal of Ethnopharmacology*, **111**:430-434.
- Salisbury, F.B., Ross, C.W., 1985. *Plant Physiology*. Wadsworth Pub. Comp., USA, 757.
- Satman, A., 2006. Türkiye’de Enerji Kaynakları, *Türkiye’de 1. Enerji ve Kalkınma Sempozyumu*, 26 Nisan 2006, Ankara. 1-2.
- Schantz, M.M., Nichols, J.J., Wise, S.A., 1997. Evaluation of pressurized fluid extraction for the extraction of environmental matrix reference materials. *Analytical Chemistry*, **69**(20):4210.
- Schoofs, J., De Langhe, E., 1998. Chicory (Cichorium intybus L.). *Biotechnology in Agriculture and Forestry*, **6**:294-321.
- Shad, M., Nawaz, H., Rehman, T., Ikram, N., 2013. Determination of Some Biochemicals, Phytochemicals and Antioxidant Properties of Different Parts of Cichorium Intybus L.: a Comparative Study. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, **23**(4):1060-1066.
- Sinkovič, L., Demšar, L., Žnidarčič, D., Vidrih, R., 2015. Fertilization impact on fatty acid profile of chicory and chicon plants (Cichorium Intybus L.). *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **117**:1659-1666.
- Sinkovič, L., Hribar, J., Vidrih, R., Žarko M., Žnidarčič, D., 2015. Fatty Acid Composition of forced Chicory (Cichorium Intybus L.). *Arch. Biol. Sci.*, **67**(2):647-653.
- Sjostrom, E., 1993. *Wood Chemistry*. Academic press, New York, 293.
- Skog, K. E., Rosen, H. N., 1997. United States Wood Biomass for Energy and Chemicals: possible Changes in Supply, End uses, and End uses, and Environmental Impacts. *Forest Products J.* **47**(2): 63-69.
- Smith, M., Capelle, J., 1980. Effects of Soil Surface Microtopography and Litter Cover on Germination, Growth and Biomass Production of Chicory (Cichorium intybus L.). *Southern Illinois University at Edwardsville, Edwardsville*, **128**:246-253.
- Stoffel, M., Grol M., (1974). Chemistry and biochemistry of 1-desoxysphinganine 1-phosphonate (dihydrosphingosine-1-phosphonate). *Chemistry and Physics of Lipids*, **3**(4):372-388.
- Street, R., Sidana, J., Prinslon, G., 2013. Cichorium intybus: Traditional Uses, Phytochemistry, Pharmacology, and Toxicology. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, **2013**(2013):1-13.
- Şahin, H.T., 2001. *Kağıt ve kompozit ürünleri için hammadde kaynakları*. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 32260 Isparta, **43**:21-25
- Şahin, H.T., 2006. Kağıt ve kompozit ürünleri için hammadde kaynakları. *Orman Mühendisliği*, **43**:21-25.
- Tuik, 2008. Türkiye İstatistik Kurumu Web Sitesi, ww.tuik.gov.tr. Erişilme Tarihi: 13.10.2008.
- Usta, N., 2005. An Experimental Study on Performance and Exhaust Emissions of Diesel Engine Fuelled With Tobacco Seed Oil Methyl Ester. *Energy Conversion and Management*, **46**:2373-2386.

- Usta, N., Öztürk, E., Can, Ö., Conkur, E.S., Nas, S., Çon, A.H., Can, A.Ç., Topçu, M., 2005. Combustion of Biodiesel Fuel Produced From Hazelnut Soapstock/Waste Sunflower Oil Mixture in a Diesel Engine. *Energy Conversion and Management*, **46**:741-755.
- Wan, H.B., Wong, M.K. 1996. Minimization of solvent consumption in pesticide residue analysis. *Journal of Chromatography A*, **754**:43-47.
- Whittaker, R. H., Likens, G. E., 1975. Biyosfer ve İnsan, Primary Productivity of the Biosphere. *Ecological Studies*, **14**:305-328.
- Young, R. A., 1992. Wood and Wood Product. *In: Riegels Handbook of Industrial Chem.* (Editör: J. A. Kent, V.N. Reinhold), New York, 1992.
- Zonuz, N., 2016. *Bazı Achillea L.(Asteraceae) Türlerine Ait Tohumlanarak Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi* (Doktora tezi). Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.



ÖZGEÇMİŞ

NURSEL KAM, 1990 yılında Van'ın Özalp ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğretimini Van'da tamamladı. Liseden 2009 yılında mezun oldu. 2009-2010 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nü kazandı. 2013-2014 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kimya Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl içerisinde yüksek lisansa başladı.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih:22/11/2017

Tez Başlığı / Konusu:

BEYAZ HİNDİBA (CICHORIUM İNTYBUS L.) BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZİ VE ELDE EDİLEN YAĞIN GC-MS İLE KARAKTERİZASYONU

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 88 sayfalık kısmına ilişkin, 22/11/2017 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 9 (Dokuz) dur.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayımlar hariç,
- 7 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihali içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabulettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Adı Soyadı: Nursel KAM

Öğrenci No:139102105

Anabilim Dalı:Kimya/Analitik Kimya

Programı:Yüksek Lisans

Statüsü: Y.Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI

Yrd. Doç. Dr.
Gülşah SAYDAN KANBEROĞLU

