

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPARI (*CAPPARIS SPINOSA* VE *CAPPARIS OVATA*) TIBBİ VE AROMATİK
BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena Havva ÖZÜPEK

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Nurhayat ÖZDEMİR

HAZİRAN 2022

T.C
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAPARI (*CAPPARIS SPINOSA* VE *CAPPARIS OVATA*) TIBBİ VE AROMATİK
BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena Havva ÖZÜPEK
(36193613054)

Kimya Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğretim Üyesi Nurhayat ÖZDEMİR

HAZİRAN 2022

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının her aşamasında yardım, öneri, bilgi, tecrübe ve desteklerini esirgemedi beni her konuda yönlendiren danışman hocam Sayın Dr. Öğretim Üyesi Nurhayat ÖZDEMİR'e,

Analizlerin yapıldığı İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Teknoloji Merkezine (İBTAM)

Çalışmalarında ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi bu çalışmalarım süresince benden her türlü desteklerini esirgemeyen aileme,

teşekkür ederim.



ONUR SÖZÜ

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Kapari (*capparis sipinosa* ve *capparis ovata*) Tıbbi ve Aromatik Bitkisinin Kimyasal Analizleri” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığına ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Sena Havva ÖZÜPEK



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR VE ÖNSÖZ	i
ONUR SÖZÜ	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER	3
2.1 Kapari Bitkisinin Genel Özellikleri ve Yetiştirme Koşulları	3
2.2 Kapari Bitkisinin Kimyasal Yapısı	5
2.2.1 Uçucu bileşenler	5
2.2.1.1 Alkaloidler	6
2.2.1.2 Flavonoidler	7
2.2.1.3 Terpenik bileşikler	8
2.2.1.4 Glukosinolatlar	8
2.2.1.5 Karotenoid bileşenler	10
2.2.1.6 Steroller	11
2.2.1.7 Tokoferoller	11
2.2.1.8 Yağ asitleri	12
2.3 Kapari Bitkisinin Farmakolojik Etkileri	13
2.4 Cihazlar ve Analizler	15
2.4.1 Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS)	15
2.4.2 FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi)	19
2.4.3 Taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX)	21
2.4.4 Elementel analiz cihazı	21
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	23
3.1 Materyal	23
3.2 Deneylerde Kullanılan Materyaller	24
3.3 Yöntemler	24
3.3.1 Clavenger ekstraksiyonu için numune hazırlama	24
3.3.2 Araştırmada kullanılan GC-MS cihazının özellikleri	26
3.3.3 Araştırmada kullanılan FTIR cihazının özellikleri	28
3.3.4 Araştırmada kullanılan elemental analiz cihazı	29
3.3.5 Araştırmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu (SEM)	30
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	32
4.1 GC-MS İle Tespit Edilen Uçucu Bileşenler	32
4.1.1 GC-MS ile tespit edilen bileşenlerin özellikleri	38
4.1.1.1 Asetik asit (Etanoik Asit)	38
4.1.1.2 1H-pirazol 1,5-dimetil	39
4.1.1.3 Propanoik asit	39
4.1.1.4 Tetrametilpirazin	40
4.1.1.5 3-Metil bütanoik asit	40
4.1.1.6 Metil-2-pirol keton	41
4.1.1.7 2,4 di-tert-bütil fenol	41
4.1.1.8 Etilen oksit heptamer	42
4.1.1.9 Oktietilen glikol	43

4.1.1.10 6-metil-5-hepten-2-one	43
4.1.1.11 Nonanal.....	43
4.2 FTIR Analizi Sonuçları.....	44
4.2.1 FTIR analizi sonucunda tespit edilen uçucu bileşenlerin özellikleri.....	45
4.2.1.1 L-gliseraldehit.....	45
4.2.1.2 Tomatin.....	46
4.2.1.3 Digitonin.....	47
4.2.1.4 Oktil-β-D-glukopiranosid	47
4.2.1.5 Kateşin	48
4.2.1.6 κ-karragenan	49
4.3 SEM-EDX Sonuçları	50
4.4 Elemental Analiz Sonuçları	56
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ	70



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Kapari bitkisinin yetiştirildiği coğrafi bölgeler.....	4
Çizelge 2.2.	Gıdalarda yaygın olarak bulunan glukosinalatların yaygın ve sistematik isimleri	9
Çizelge 3.1.	Clavenger ekstraksiyonuna yönelik hazırlanan katı numune miktarları.....	24
Çizelge 3.2.	Araştırmada kullanılan GC-MS cihazının özellikleri	27
Çizelge 4.1.	Kuru kapari numunesine ait GC-MS sonuçları.....	32
Çizelge 4.2.	Kapari tomurcuk numunesine ait GC-MS sonuçları.....	33
Çizelge 4.3.	Dalında kuruyan kapari numunesine ait GC-MS sonuçları	34
Çizelge 4.4	FTIR analizi sonuçları.....	45
Çizelge 4.4.	K, Cl, S, Na, P, Mg, Zn, Al, Ca ve Fe için kütleli ortalama ve standart sapmaları (%).....	53
Çizelge 4.5.	Elemental analiz sonucunda kapari bitkisinin kısımlarında belirlenen C, H, N ve S oranları (%)	56
Çizelge 5.1.	Kapari bitkisine ilişkin FTIR analizi sonuçları.....	57
Çizelge 5.2.	Kapari bitkisi kısımlarına ilişkin GC-MS analizi sonucu	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	<i>Capparis</i> (kapari) bitkisi	3
Şekil 2.2.	GC-MS cihazı	16
Şekil 2.3.	Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi şematik görünümü.....	16
Şekil 2.4.	FTIR analiz cihazı.....	20
Şekil 2.5.	Taramalı elektron mikroskobu (SEM)	21
Şekil 2.6.	Elemental analiz sistemi	22
Şekil 3.1.	Kapari bitkisi (a) kuru meyve (b) tomurcuk (c) yaş meyve.....	23
Şekil 3.2.	Clavenger ekstraksiyonu için hazırlanan numuneler	25
Şekil 3.3.	Clavenger ekstraksiyonu	25
Şekil 3.4.	Uçucu yağ oluşumu.....	26
Şekil 3.5.	Uçucu yağların viallere alınmış hali	26
Şekil 3.6.	GC-MS Analizi Cihazı.....	27
Şekil 3.7.	FTIR cihazı için hazırlanan toz numuneler.....	28
Şekil 3.8.	FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi) Cihazı	28
Şekil 3.9.	Elemental Analiz Cihazı	29
Şekil 3.10.	Taramalı Elektron Mikroskobu.....	30
Şekil 3.11.	SEM-EDX analizi için hazırlanan kapari numuneleri	31
Şekil 4.1.	Asetik asit molekülü	38
Şekil 4.2.	1,5 dimetilpirazol molekülü	39
Şekil 4.3.	Propanoik asit molekülü	39
Şekil 4.4.	Tetrametilpirazin molekülü.....	40
Şekil 4.5.	3-metil bütanoik asit molekülü	41
Şekil 4.6.	Metil-2-pirol keton molekülü.....	41
Şekil 4.7.	Metil-p-tert-bütil fenil asetat molekülü.....	42
Şekil 4.8.	Etilen oksit heptamer molekülü	42
Şekil 4.9.	6-metil-5-hepten-2-one molekülü	43
Şekil 4.10.	Nonanal molekülü.....	43
Şekil 4.11.	Kapari FTIR spektroskopisi sonuçları	45
Şekil 4.14.	L-gliseraldehit molekülü	46
Şekil 4.15.	Tomatin molekülü.....	46
Şekil 4.16.	Digitonin molekülü	47
Şekil 4.17.	Oktil-β-D-glukopiranosid molekülü	48
Şekil 4.18.	Kateşin molekülü	48
Şekil 4.19.	κ-Karragenan molekülü	49
Şekil 4.20.	Kapari tohumuna ait SEM-EDX görüntüsü	50
Şekil 4.21.	Kapari tohumuna ait SEM-EDX sonuç grafiği.....	50
Şekil 4.22.	Kapari tomurcuğuna ait SEM-EDX görüntüsü.....	51
Şekil 4.24.	Kapari tomurcuğuna ait SEM-EDX sonuç grafiği.....	51
Şekil 4.25.	Kapari meyvesine ilişkin SEM-EDX görüntüsü.....	52
Şekil 4.26.	Kapari meyvesine ilişkin SEM-EDX sonuç grafiği.....	52
Şekil 4.27.	SEM-EDX sonucuna göre K, Cl, S, Na için kütleli oran kıyaslaması.....	53
Şekil 4.28.	SEM-EDX sonucuna göre P, Mg ve Zn için kütleli oran kıyaslaması	54
Şekil 4.29.	SEM-EDX sonucuna göre Al, Ca ve Fe için kütleli oran kıyaslaması	54

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

GC	: Gaz Kromatografisi
GC-MS	: Gaz Kromatografi-Kütle Spektrometresi
ICP-MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektroskopisi
FTIR	: Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi
SEM-EDX	: Taramalı Elektron Mikroskobu



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KAPARI (*CAPPARIS SPINOSA* VE *CAPPARIS OVATA*) TIBBİ VE AROMATİK BİTKİSİNİN KİMYASAL ANALİZLERİ

Sena Havva ÖZÜPEK

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı

70 + ix sayfa

2022

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Nurhayat ÖZDEMİR

Türkiye’de farklı bölgelerde yetişen ve sağlık alanında yaygın olarak kullanılan birçok bölgede kendiliğinden yetişebilen kapari bitkisinin meyveleri ve tomurcukları besin maddesi olarak kullanılmaktadır. Yüksek düzeyde flavonoid içermesi boya, gıda, kozmetik ve ilaç sektörlerinde de yaygın olarak kullanılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada aromatik tıbbi bitki olan kapari bitkisinin uçucu bileşenlerin elde edilmesinde, cleverger sistemli ekstraksiyon yöntemi kullanılarak GC–MS’de kütüphane taraması yapıldı. GC-MS ile doymuş ve orta zincirli yağ asitlerinden heksanoik asit (kaproik asit), oktanoik asit (kaprilik asit), dekanolik asit (kaprik asit), dodekanoik asit (laurik asit), tetradekanoik asit (miristik asit), hekzadekanoik asit (palmitik asit), oktadekanoik asit (stearik asit) analizlendi

Elemental analiz cihazı ile kuru kapari, tomurcuk ve tohumda organik maddelerin yapı taşı olan enzimatik reaksiyonların temel elementleri C, H, O, N, S yüzdelere bakıldı. Kapari içindeki organik maddelerin yapısı hakkında bilgi için FTIR ile kütüphane taraması yapıldı. GC-MS ve FTIR analiz sonucunda elde edilen her bileşenin sağlık, gıda, kozmetik, sanayi, ilaç sektöründe ki kullanım alanlarına ve kimyasal özelliklerine bakıldı. SEM-EDX’da makro ve mikro element taraması yapıldı. Kuru kapari, tomurcuk ve tohumda K, Cl, S, Na, P, Mg, Zn, Al, Ca ve Fe elementleri oranları karşılaştırıldı. Bu elementlerin eksikliği ve fazlalığının sağlığa etkileri araştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Kapari, uçucu bileşen, GC-MS, FTIR, SEM-EDX

ABSTRACT

Master Thesis

CHEMICAL ANALYSIS OF CAPITAL (*CAPPARIS SPINOSA AND CAPPARIS OVATA*)
MEDICAL AND AROMATIC PLANT

Sena Havva ÖZÜPEK

INONU UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF CHEMISTRY

70 + ix pages

2022

Supervisor: Assistant. Prof. Dr. Nurhayat ÖZDEMİR

The fruits and buds of the caper plant, which grows in different regions in Turkey and can be grown spontaneously in many regions that are widely used in the field of health, are used as nutrients. Its high level of flavonoid content makes it widely used in the paint, food, cosmetics and pharmaceutical industries.

In this study, a library search was performed in GC-MS using the clevenger system extraction method to obtain the volatile components of the aromatic medicinal plant, caper. hexanoic acid (caproic acid), octanoic acid (caprylic acid), decanoic acid (capric acid), dodecanoic acid (lauric acid), tetradecanoic acid (myristic acid), hexadecanoic acid (palmitic acid) and octadecanoic acid (stearic acid) from saturated and medium chain fatty acids by GC-MS) analyzed.

The percentages of C, H, O, N, S, the basic elements of enzymatic reactions, which are the building blocks of organic substances in dry capers, buds and seeds, were measured with an elemental analyzer. For information on the structure of organic substances in capers, library scanning was performed with FTIR. The usage areas and chemical properties of each component obtained as a result of GC-MS and FTIR analysis in the health, food, cosmetics, industry and pharmaceutical sectors were examined. Macro and micro element scanning was performed in SEM-EDX. The ratios of K, Cl, S, Na, P, Mg, Zn, Al, Ca and Fe elements in dried capers, buds and seeds were compared. The effects of deficiency and excess of these elements on health were investigated.

Keywords: Caper, volatile component, GC-MS, FTIR, SEM-EDX

1. GİRİŞ

İnsanlar tarihsel süreç boyunca birtakım hastalıkların tedavisinde, yapılarında önemli bileşikler içerdiklerini düşündükleri tıbbi aromatik bitkileri kullanmışlardır [1]. Tıbbi bitkiler günümüzde ilaç ve gıda sektöründe kullanılan önemli kaynaklardan biri olarak kabul edilmekte ve kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü Asya ve Afrika ülkeleri başta olmak üzere tüm dünyada insanların %80'inin ve Almanya'da yaşayan insanların %90'ının tedavi sürecinde veya hastalıklardan korunma amacıyla bitkisel ilaçları tercih ettiğini ifade etmiştir [2]. Çin'deki toplam tıbbi ilaç tüketiminin %30-50'sinin geleneksel tıp uygulamalarıyla üretilen bitkisel ilaçların oluşturduğu ifade edilmektedir [3].

Tıbbi aromatik maddeler genellikle bileşenlerine, familyalarına, etkili oldukları organlara, tüketim amaçlarına ve farmakolojik özelliklerine göre farklı şekillerde sınıflandırılmaktadırlar. Tıbbi aromatik bitkiler hem kullanım amacı hem de bileşenleri açısından geniş bir kullanım yelpazesine sahiptirler. Günümüz modern tıp tekniklerinde tedavi amaçlı olarak kullanılan sentetik ilaçların ve gıda endüstrisinde sıklıkla tercih edilen sentetik maddelerin birtakım olumsuz etkilerinin olduğu belirlenmiş doğal gıdalara ve tıbbi aromatik maddelere olan talebin artmasını sağlamıştır [4].

Bitkisel kaynaklı beslenmeye ve bitkilerin yapısında bulunan aktif bileşenlere yönelik ilgi gün geçtikçe artmakta ve kansere yönelik koruyucu etkiye sahip olup olmadığı birçok çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Günümüzde kanser başta olmak üzere insan yaşamını tehdit eden birçok hastalığın ortaya çıkması uzun ve sağlıklı bir yaşamın önemini artırmıştır. Tarihsel süreç boyunca bitkilerin sekonder metabolitleri, kanser hastalığı tedavisine yönelik ilaçların kaynağını oluşturmuştur. Günümüzde antikanserojen etkiye sahip 3000'den fazla bitki türünün var olduğu bilinmektedir. İnsanların sağlıklı bir yaşama sahip olma ve hastalıklardan korunma arayışları, antikanserojen etkiye sahip olduğu düşünülen tıbbi bitkilere yönelik yapılan çalışmaların önemini artırmıştır [5].

Dünyada ortalama 350 türü bulunan kapari (*Capparis spp.*), tıbbi aromatik bitkilerden biri olup *Capparidaceae* familyasında yer almaktadır. Tropik ve yarıtropik iklime sahip birçok bölgede doğal olarak yetişen kapari, zengin besin içeriği ve aromasıyla yaygın bir şekilde tüketilmektedir. Ekonomik olarak yüksek düzeyde ticari öneme sahip olan kaparinin

Ülkemizde *Capparis spinosa* ve *Capparis ovata* olmak üzere iki farklı türü bulunmaktadır. Ilıman iklim kuşaaında yetişmesine rağmen, kapari bitkisi sert iklim koşullarına da oldukça dayanıklıdır. *Capparis spinosa* türü çoğunlukla ülkemizde güney ve batı kıyı kesimlerinde yetişirken, *Capparis ovata* türü de Doğu, Güneydoğu Anadolu ve i blgelerimide yetişmektedir [6]. İspanya, Fas, İtalya ve Türkiye kapari üretimi açısından dünyanın önde gelen ülkeleridir [6]. Doğal olarak kendiliğinden yetişen kapari, 30 cm ile 100 cm arasında değişen boya sahip olup, dikenli ve kalın-derin köklü, uzun ömürlü bir bitki türüdür [9].

Kapari balgam söktürücü ve antiromatizmal tonik etkisiyle tedavi edici özelliğine sahip olup, geleneksel tıp uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [9]. Tomurcukları vitamin, mineral ve protein içeriği bakımından oldukça zengin olan kapari bitkisinin kök kabukları ve diğer kısımları ise hastalıklardan korunmada oldukça etkilidir. Hastalıkları tedavi etme ve hastalıklardan koruma özelliğine sahip olan en önemli bitkilerden biri olan kaparis bitkisinin iek, meyve, kök kabuğu ve kök kısımlarının ekstraktları antihipertansif, antiaterosklerosis, astım önleyici, analjezik, antienflamatuvar, hepatoprotektif, antifungal ajan ve antihiperlipidemik etki gösterdiği literatürde yer alan çalışmalarda ifade edilmiştir [10, 11].

Kapari bitkisi çok eski dönemlerden beri hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmış ve yapısındaki zengin bileşenlerinin birçok alanda yararlı olabileceği düşüncesi birçok araştırmacı tarafından araştırılmasını sağlamıştır. Bu çalışmada kapari (*Capparis spinosa* ve *Capparis ovata*) bitkisinin GC-MS ve FTIR cihazlarında kimyasal analizleri yapılarak bileşik yapısı ve uçucu bileşenlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Birçok yararı bulunan kapari bitkisinin içerisinde barındırdığı bileşenlerin sağlık ve gıda sektörü başta olmak üzere ticari amaçlı kullanım alanları incelenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1 Kapari Bitkisinin Genel Özellikleri ve Yetiştirme Koşulları

Hastalıkların tedavisinde ve önlenmesinde etkili olan ve yaygın olarak kullanılan tıbbi bitkilerden biri olan kapari *Capparidaceae* familyasında yer alan bir bitki türüdür. Dünyada ılıman iklim görülen bölgelerde yetişen kaparinin iyileştirici ve hastalıkları önleyici etkisinin araştırıldığı çalışmalarda genellikle *Capparis spinosa*, *Capparis ovata* ve *Capparis decidua* olmak üzere üç türünün incelendiği görülmektedir [11]. Kapari bitkisinin kök, kök kabukları, çiçek ve meyve gibi kısımları ilaç ve gıda sektöründe kullanılmaktadır [12]. Doğada kendiliğinden yetişen kapari bitkisi ılıman iklimin hakim olduğu güneyde Fas ve Kanarya Adaları ile kuzeyde Ermenistan ve Kırım'a, doğuda ise Hazar Denizinden İran'a kadar geniş bir yayılım göstermektedir [13]. Kapari bitkisinin kimyasal analizine yönelik yapılan çalışmalarda, bitkinin birçok yararlı kimyasal bileşen içeren kısımlarının olduğu ifade edilmiştir [14]. Kapari bitkisi ilaç ve kozmetik sektörünün yanı sıra aynı zamanda ham tomurcuğu sirke ya da tuz ile salamura edilerek tüketilmekte veya yumuşak ve küçük olan meyveleri turşu yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: *Capparis* (kapari) bitkisi

Kapari bitkisi İngiltere’de caper (kaper), İspanya’da Alcapparo, Arabistan’da kabbar, Pakistan’da gollaro gibi farklı şekillerde adlandırılmaktadır [9]. Ülkemizde de beriberi, deli karpuz, gavur karpuzu, gabara, bubu, çaltıdiken, geber, gebre otu, gebre, gebe, kabbar, gedigen, kapri, gedigen, kapar, katır tırnağı, kapari, kebere, keber, keper inciri, kedi çırnağı, şeytan kürü, şebellah ve turşu otu gibi farklı şekillerde isimlendirilmektedir [15].

İnternet ve medya teknolojilerinde yaşanan gelişmelerle birlikte insanların sağlıklı beslenme ve sağlık bilinci artmış ve buna bağlı olarak bitkilerin tıbbi ürün ve gıda olarak tüketimi artmıştır. Kapari bitkisinin Avrupa’da tanınmasıyla birlikte 1980’li yılların sonlarında ticari amaçlı yetiştirilmiş ve üretilmiştir. Kapari bitkisinin kendiliğinden yayılan bir köke sahip olması ve büyüyen köklerinde emici tüylerin bulunması bitkinin hızlı büyümesini sağlamasının yanı sıra aynı zamanda kuraklık ve zorlu iklim koşullarında hayatta kalmasını da sağlamaktadır [12]. Kapari bitkisinin coğrafi yayılımına ilişkin bilgiler Çizelge 2.1’de yer almaktadır.

Çizelge 2.1. Kapari bitkisinin yetiştirildiği coğrafi bölgeler [12]

Bitki Türü	Bölge
<i>Capparis spinosa</i>	Tropikal Afrika, Tropikal Asya, Ortadoğu, İtalya, Fransa, İspanya, Hindistan, Pakistan, Cezayir, Fas ve Türkiye
<i>Capparis decidua</i>	Tropikal ve Kuzey Afrika, Hindistan, Pakistan, Ortadoğu, Mısır, Suudi Arabistan
<i>Capparis ovata</i>	Türkiye, Kıbrıs, Orta Asya, Hindistan, Yunanistan
<i>Capparis sepiaria</i>	Tropikal Asya ve Tropikal Afrika
<i>Capparis moonii</i>	Srilanka ve Hindistan

Alkali ve volkanik topraklarda yüksek verimlilik gösteren kapari bitkisi, 6,10-8,50 aralığındaki toprak pH değerlerine uyum sağlayabilmektedir [16]. Bahar yağmurlarıyla birlikte hızlı bir büyüme sürecine giren kapari, sonbaharda havaların soğumasıyla birlikte kurumaya başlar. Yüksek sıcaklık ve radyasyonun etkisini azaltan bir yapıya sahip olan kapari bitkisi aynı zamanda yüksek ışık ve aşırı suya karşı da dayanıklı bir yapıya sahiptir [17]. Küresel boyutta çok geniş bir bölgede yetişme imkanı bulan kapari bitkisi genellikle ilaç ve gıda sektöründe kullanılmaktadır [9]. Dünya genelindeki yıllık 10 bin tonluk üretimin yaklaşık 4500 tonu Türkiye’den, 3000 tonu Fas’tan, 1000 tonu İspanya’dan ve kalan 2500 tonu da diğer dünya ülkelerinden sağlanmaktadır. Kapari bitkisinin en fazla tüketildiği ülke Amerika Birleşik Devletleri’dir [18]. *Capparis spinosa* türünün en fazla tüketilen türünü oluşturmaktadır [19]. Kapari bitkisinin *Capparis ovata*, *Capparis sciula*, *Capparis obvata*,

Capparis decidua, *Capparis masaikai*, *Capparis zoharyi* ve *Capparis orientalis* türleri de gıda sektöründe kullanılmaktadır [18].

2.2 Kapari Bitkisinin Kimyasal Yapısı

2.2.1 Uçucu bileşenler

Aromatik bitkilerin reçine kanalları, salgı cepleri, salgı hücreleri, salgı tüyleri ve salgı kanalları gibi birtakım metabolik doku ve hücrelerde bulunan sekonder metabolitler olan uçucu yağlar açık sarı ya da renksiz, uçucu ve güçlü kokulara sahip doğal ürünlerdir. Farklı yöntemlerle bitkilerin kök, gövde, yaprak, meyve ve kabuk kısımlarından elde edilebilen uçucu yağlar sabit yağlardan farklı olmasına rağmen, su ile karışmamaları nedeniyle yağ olarak nitelendirilmişlerdir [20]. Uçucu yağlar açıkta bırakıldıklarında buharlaşabilmeleri nedeniyle “uçucu yağlar” ya da “eterik yağlar”, güzel kokuları sayesinde parfümeri sektöründe kullanılmaları nedeniyle de “esans” olarak nitelendirilebilmektedir [21]. Organik çözücülerde çözünebilir uçucu yağlar sıcak su buharında sürüklenbilmesine rağmen suda çözünemezler. Oda sıcaklığında genellikle buharlaşan uçucu yağların rezene, zambak, anason ve gül yağları gibi türleri oda sıcaklığında katı halde bulunurlar. Sıcaklık artışı ile birlikte gaz haline geçen uçucu yağlar, döküldüğü yüzeylerden iz bırakmadan çok kısa sürede buharlaşabilirler [22]. Bitkilerin yapılarında bulunan proteinler, karbonhidratlar, yağlar ve nükleik asitler gibi primer metabolitler dışında kalan, bitkilerin yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından muhakkak gerekli olmayan ve miktarları bazı durumlarda belirlenemeyecek kadar düşük olan uçucu yağlar, alkoloitler, glikozitler, fenoller, saponinler, tanenler, steroidler, renk maddeleri, flavonoidler ve reçineler gibi küçük moleküllü metabolitler sekonder metabolitleri oluşturmaktadırlar. Sekonder metabolitler “terpenoitler”, “alkaloidler” ve “fenoller” olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Sekonder metabolitlerin önceleri herhangi bir işlevi olmadığı düşünülmüş ancak ilerleyen dönemlerde önemli işlevleri olan maddeler olduğu anlaşılmıştır. Bitkilerin savunma, hayatta kalma, adaptasyon ve nesillerini devam ettirebilmek amacıyla geliştirdikleri kompleks sistemlerin ürünleri olan sekonder metabolitler antivirütik, antibakteriyel, antioksidan ve antifungal özellikleri sayesinde bitkilerin zararlılarla mücadelesinde, olumsuz iklim koşullarına ve stres durumlarıyla baş etmelerinde önemli görevler üstlenmektedirler [23].

Son yıllarda önemi artan ve modern tıp yöntemlerini destekleyici olarak kullanılan alternatif tıp yöntemlerinde uçucu yağların kullanılması, bu bileşenlerin önemini artırmıştır. Eterik yağlar, rahatlatıcı banyolarda ve masajlarda kullanılırken uçucu yağların bir kısmı da

hoş tatları ve kokuları nedeniyle gıda, parfümeri, kozmetik, içecek, temizlik ve ilaç sektörü gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle kötü tat ve kokulu ilaçların içilebilir tat ve kokuya sahip olabilmelerini sağlamak amacıyla eczacılık alanında yaygın olarak uçucu yağlar kullanılmaktadır [24].

Aromatik bitkilerden elde edilen uçucu yağların, güzel tat ve kokularının yanı sıra aynı zamanda insan sağlığına yönelik yararlarının da olduğu literatürde yer alan çalışmalarda bildirilmiştir [25]. Çalışmalarda uçucu yağların antioksidan, anti-tümör, antimikrobiyal, antiviral, anti-enflamatuar ve analjezik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir [26, 27]. Uçucu yağların lezzet verici ve koruyucu amaçlı gıda endüstrisinde kullanılması ABD Gıda ve İlaç İdaresi tarafından güvenli olarak nitelendirilmiş ve yenilebilir filmlerin yapısına keskin ve yoğun tatların hafifletilmesi amacıyla kullanılmıştır [28]. Uçucu yağlar, biyolojik etkileri sayesinde patojenik canlıların üremesini engelleyerek gıdalarda raf ömrünü, depolama kalitesinin artırılmasını ve buna bağlı olarak sentetik içerikli gıda koruyucuların kullanımını azaltabilmektedir [25, 29].

2.2.1.1 Alkaloidler

Heterosiklik yapıda olan alkaloidler, içerdikleri azot atomu ile önemli farmakolojik özelliklere sahip olan ve genellikle bitkisel kaynaklı olan doğal ürünlerdir. Canlılar üzerinde yüksek düzeyde fizyolojik etkiye sahip olan alkaloidler, bu özellikleri açısından tıpta oldukça önemlidir [30]. Sinir sistemi üzerinde önemli etkileri bulunan alkaloidler, bazik karakterli maddeler olup tatları acıdır. Biyolojik aktiviteye sahip olan alkaloidler, izole edilmelerinin kolay olması açısından saf olarak izole edilen bileşimlerin birçoğunu oluşturmaktadır. Farklı yöntemlerle bitkilerden ekstrakte edilebilen alkaloidler, sudaki çözünürlüklerinin önemsenmeyecek düzeyde az olması ve asitler ile suda çözünebilen ancak organik çözücülerde çözünemeyen tuz oluşturabilen alkaloidler, bazlar ile etkileşime girerek tuz formunda kolaylıkla serbest hale geçebilmeleri gibi karakteristik özelliklere sahiptirler. Renksiz ve kristal yapıya katılar olan alkaloidler, birden fazla asimetric merkeze sahip olabilmektedirler. Yapılarındaki heterosiklik halkalarda bir ya da birden fazla azot atomu içerebilen alkaloidler (nikotin, morfin, atropin) gerçek alkaloid olarak adlandırılırlar [31].

Literatürde yer alan araştırmalarda kapari bitkisinin alkaloit içeriği açısından capparisine, capparisine 26-O- β -D-glikozit, cadabicine, cadabicine 26-O- β -D-glikozit hidroklorit, 2-(5-Hidroksimetil-2-ormilpirol-1-il)propiyonik asit lakton, capparisine A,

capparisine B, capparisine C, stachidrin, N-(30-maleimidil)-5-hidroksimetil-2-pirol formaldehit bileşenlerini içerdiği belirlenmiştir [12].

Alkaloidler genellikle kimyasal yapıları, biyolojik dağılımları ve fizyolojik etkilerine göre sınıflandırılmaktadır.

2.2.1.2 Flavonoidler

Bitkilerin içerdikleri polifenolik bileşik grupları olan flavonoidler besin takviyeleri ve nutrasötiklere olan ilginin artması ile birlikte birçok araştırmaya konu edilmiştir. Flavonoid tüketiminin diyabet, kanser ve koroner kalp hastalığı üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar, flavonoidlere olan ilginin artmasını sağlamıştır. Heterosiklik ve fenil halkadan oluşan flavonoidler, C6-C3-C6 şeklinde kısaltılabilen 15 karbonlu bir yapıya sahiptir. Kimyasal yapılarındaki bu farklılık flavonoidlerin flavonoller, izoflavonlar, flavonoller, flavononlar, antosiyanidinler ve flavonlar olmak üzere altı gruba ayrılmasını sağlamıştır [32].

Epidemiyolojik araştırmalar, flavonoidlerin sebze-meyve temelli diyetlerde bireylerin kronik hastalık risklerini azalttığını ifade etmektedir. Alternatif tıp uygulamalarında hastalıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılan flavonoidler, etkili bir antioksidanlardır. Flavonoidler serbest radikallerin vücuttan atılmasını sağlayarak antioksidanların enzimlerle birlikte kontrol altına alınmasını sağlarlar. Sağlıklı bir bireyde serbest radikaller ile antioksidanlar denge halinde iken, bu dengenin bozulmasıyla birlikte serbest radikal artışına bağlı olarak oksidatif stres ortaya çıkmakta ve hücrel hasarlar meydana gelebilmektedir. Kanser, alzheimer, inflamasyon, parkinson ve obezite gibi hastalıkların oksidatif stres ile bağlantılı olduğu bilinmektedir [33]. Bitkilerin mikrobik enfeksiyonlarla mücadelede sentezlediği flavonoidlerin önemli biyolojik etkilerinden biri de antibakteriyel etkidir. Kateşinler indirgenmişlik düzeyi en düşük flavonoidler olması nedeniyle en güçlü antibakteriyel etkiye sahip flavonoid türüdür [34]. Hesperidin, luteolin, apigenin ve kuersetin gibi flavonoid türlerinin bağışıklık sistemini güçlendiren ve inflamatuvar hücrelerin fonksiyonlarını iyileştiren antiinflamatuvar ve analjezik etkiye sahip türler olduğu bilinmektedir. Flavonoidlerin ayrıca HIV-1 ve HIV-2 gibi viral enfeksiyonlarda etkili olduğu bilinmektedir [35]. Yapılan araştırmalarda kapari bitkisinin ginkgetin, izoginkgetin, kuersetin-3-O-rutinosit (rutin), kamferol-3-ramnosil-rutinosit, kamferol-3-O-rutinosit, kamferol-3-rutinosit, sakuranetin gibi flavonoid türlerini içerdiği belirlenmiştir [20].

2.2.1.3 Terpenik bileşikler

Bitkilerin uçucu yağlarında ve reçinelerinde doğal olarak bulunan terpenler, farklı sayıdaki izopren moleküllerinin zincirleme olarak birbirlerine bağlanmaları sonucunda oluşmuşlardır. En fazla üç tane izopren içeren terpenler uçucu iken, üçten fazla izopren içeren terpenler ise genellikle uçucu değildir. İzopren birimi içeriklerine bağlı olarak monoterpenler (C_{10} -2 izopren birimi), seskiterpenler (C_{15} -3 izopren birimi), diterpenler (C_{20} -4 izopren birimi), triterpenler (C_{30} -6 izopren birimi) ve tetraterpenler (C_{40} -8 izopren birimi) olmak üzere 5 gruba ayrılırlar [36]. Hidrokarbon yapılı terpenlerin karakteristik kokular verebilmeleri en önemli özellikleri olup, keton, ester, aldehit, alkol, fenol ve asit gibi işlevsel organik grupları yapılarında barındırabilirler [37].

2 izopren grubu içeren 10 karbonlu bileşikler olan monoterpenler, tek, zincirli ve çift halkalı olmak üzere farklı şekillerde bulunabilmektedirler. Birçoğu yüksek yapılı bitkilerden elde edilen monoterpenler, uçucu yağların %90'ını oluşturmaktadır [38].

Yapısında 15 karbon bulunan ve üç izopren molekülünden oluşan seksuiterpenler ($C_{15}H_{24}$), genellikle bitkilerden elde edilen uçucu yağlarda bulunurlar. Antibakteriyel özelliği taşıyan seksuiterpenler, kompleks yapılı ve en yoğun terpen sınıfıdır. Genellikle α -ve β doymamış karbonil grubunu içerirler [38]. İzopren ünitelerinin her biri çift bağ yaparken, bu bağlardan biri her parça bağlandığında kendiliğinden kaybolabilmektedir. 20 karbon atomu içeren ve dört izoprenden oluşan diterpenler antibiyotiklerle benzer etkiler gösterirler [39]. Diterpenlerin bazıları doğada fenolik ve alkol yapıda bulunabilirken serbest halde bulunamazlar [38]. Kapari bitkisinin terpenik ve triterpenik içeriği açısından (E,Z)- α -farnesen, (E,E)- α -farnesen, α -kurkumen, β -pinen, β -simen, β -linalool, β -farnesen, ρ -methone, delta-3-karen, mentol, limonen, karvon, trans-nerolidol, nerolidol, heksahidro-farnesil asetat, izomentol bileşenlerini ihtiva ettiği literatürde yer alan araştırmalarda belirlenmiştir [23].

2.2.1.4 Glukosinolatlar

Ekonomik değeri bulunan *Brassica* sebzelerinin birçok türünde bulunan glukosinolatlar β -D-tiyoglukoz grubu, metianin, fenilalanin, tiroptofan ya da değişken yapılı dallanmış zincirli aminoasitlerden oluşan yan zincir ve sülfonlanmış oksim ($-C=NOH$) gruplarından meydana gelmişlerdir. Glukosinolatların yapılarında bulunan yan zincirler aromatik, alifatik ve heterosiklik yapılı aminoasitlerden oluşmuştur. Yan zincirde meydana gelen küçük değişimler farklı glukosinolatların ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Glukosinolatların asidik özellikleri, ihtiva ettikleri sülfat grubuna bağlı olarak ortaya çıkmakta ve K^+ katyonu sayesinde bitki dokularında dengelenmektedir [40]. Glukosinolatların zamanla sayısındaki artışa bağlı olarak adlandırma sistemleri değişmiş ve “gluko” ekinin arkasına izole edildiği bitkinin tür isimleri getirilmiş, sayılarındaki artışın hızla devam etmesi ile birlikte aglikon yapıya ilişkin kimyasal adlandırmanın ardından glukosinolat getirilmiştir. Gıda ürünlerinde yaygın olarak bulunan glukosinolatların isimleri Çizelge 2.2’de verilmiştir:

Çizelge 2.2. Gıdalarda yaygın olarak bulunan glukosinolatların yaygın ve sistematik isimleri [40]

Sistematik isim/yan zincir	Yaygın isim
Metil glukosinolat (CH_3-)	Glukokapparin
p-hidroksibenzil glukosinolat	Sinalbin
Benzil glukosinolat	Glukotropaeolin
2-propenil glukosinolat ($CH_2=CH-CH_2-$)	Sinigrin
2-hidroksi-3-butenil glukosinolat ($CH_2=CH-CHOH-CH_2-$)	Progoitrin
3-butenil glukosinolat ($CH_2=CH-CH_2-CH_2-$)	Glukonapin
3-metiltiyopropil glukosinolat	Glukoiberin
3-metilsülfinilpropil glukosinolat ($CH_3-SO-CH_2-CH_2-$)	Glukoiberin
3-indolmetil glukosinolat	Glukobrassicin
4-pentenil glukosinolat ($CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_2-$)	Glukobrassikanapin
4-metiltiyobütil glukosinolat ($CH_3-S-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-$)	Glukoerusin
4-metilsülfinilbütil glukosinolat	Glukorafanin

Literatürde yer alan araştırmalarda kapari bitkisinin glukosinolat içeriği açısından metil izotiyosiyanat, butil izotiyosiyanat, izopropil izotiyosiyanat, glukosinolat, glukobrassicin, 4-hidroksi-glukobrassicin, glukokapperin, glukoiberin, glukonapin, glukoalissin, glukonasturtin, epiprogoitrin, sinigrin, glukonasturtin, progoitrin, glukonapoleiferin bileşenlerini içerdiği belirlenmiştir [18].

Glukosinolatlar bitkilerin kısımlarına göre farklı oranlarda bulunmakta olup; glukosinolat oranının en yüksek olduğu kısım tohumdur. Glukosinolat oranı açısından tohumdan sonra sırasıyla kök, yaprak ve sap gelmektedir. Glukosinolat açısından zengin bir içeriğe sahip olan kapari bitkisinin tomurcuklarında 12 farklı glukosinolat türüne rastlanmış ve bu glukosinolatların %90’ını glukokapparin oluşturmuştur. Kapari tomurcuklarında

bulunan glukoiiberin, sinigrin, glukobrassicin gibi glukosinolat türlerinin bitkilerin tür ve kısımlarına göre farklı oranlarda bulunduğu belirlenmiştir. Glukkapparin oranının tomurcuk büyüklüğü ile ters orantılı olarak değiştiği, *C. ovata*'nın orta büyüklükteki tomurcuklarındaki glukokapparin miktarının 22.08 $\mu\text{mol/g}$ olduğu belirlenirken, *C. spniosa*'nın orta büyüklükteki tomurcuklarında ise bu miktarın 10.75 $\mu\text{mol/g}$ olduğu belirlenmiştir [21].

2.2.1.5 Karotenoid bileşenler

Doğada en fazla bulunan pigmentlerden biri olan karotenoid bileşenlerin 750'den fazla bilinen türü bulunmaktadır [41]. Birçok biyolojik aktiviteye sahip olan ve sarı ile kırmızı arasında değişen renklere sahip olan karotenoidler, bakteri, bitki, mantar ve algler tarafından sentezlenmektedir [42]. Karotenoidlerin kardiovasküler rahatsızlıklar, sinir sistemi hastalıkları, katarakt, yaşlanma belirtileri ve kansere yakalanma riskini azalttığı ve bağışıklık sistemini düzenleyerek hücrelerarası etkileşimi artırdığı ifade edilmektedir [43-45].

Mevalonik asit vasıtasıyla Koenzim A tarafından sentezlenen karotenoid bileşenler, oksijen ihtiva eden ksantofiller ve hidrokarbon ihtiva eden karotenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Likopen, α -karoten ve β -karotenler yapılarında hidrokarbon bulunduran karotendler iken; lutein, astaksantin, β -kriptoksantin ve zeaksantin ise yapılarında oksijen bulunduran ksantofillerdir [44]. Lipofilik yapıları karotenoidler metanol, kloroform, hekzan, petrol eteri, aseton, alkol karbon disülfid ve benzen gibi organik çözücülerde ve bu maddelerin karışımlarında çözünebilmektedirler. Genellikle all-trans yapıda bulunan karotenoidler, çok sayıda konjuge çift bağ içerdikleri için depolama ve işleme sürecinde ortamdaki nem, ısı, oksijen ve ışık koşullarından etkilenerek oksidasyona ve izomerasyona uğrayabilmektedirler. Bu durum karotenoidlerin canlılara sağladığı yararlar ve antioksidan özelliği üzerinde değişimlerin yaşanmasına neden olabilmektedir [46]. Oksidasyona uğrayan karotenoidler, karbonil bileşikler ve epoksitlerin ortaya çıkmasına bağlı olarak gıdalarda kötü koku ve tat oluşumuna neden olabilmektedir. Kapari bitkisinin lutein ve β -karoten bileşenlerini içerdiği yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir [17].

Karotenoid bileşenlerin birçoğu likopenin yapısında meydana gelen modifikasyonlar sonucunda elde edilmektedir. Antiaterojenik ve antikarsinajik özelliklerine bağlı olarak güçlü bir antioksidan özelliğine sahip olan likopenin doku ve kandaki artışı hücrelerarası iletişimin artırılması, gen fonksiyonlarının düzenlenmesi, metabolizma ve hormon dengesini sağlayarak kronik hastalık riskini azalttığı ifade edilmektedir [47].

2.2.1.6 Steroller

Organik bileşikler olan steroller 17 karbon ve 4 halka dizisinden meydana gelmişlerdir. Steroller ekstrakte edildikleri kaynaklara göre fiziksel, kimyasal ve nutrisyonel açıdan önemli farklılıklar gösteren fitosteroller, zoosteroller ve mikosteroller olmak üzere üç gruba ayrılmaktadırlar [48]. Hücre zarının yapısında bulunan triterpenler grubunda yer alan fitosteroller, yapıları bakımından kolesterollere benzemektedirler. Fitosteroller genellikle bitkisel gıdalarda bulunurlar ve doğada fenolik asitler, yağ asitleri veya glikosidlerle esterleşmiş halde ya da serbest halde bulunabilirler. Bitkilerden ekstrakte edilen 250'den fazla sterol bulunmasına rağmen kampesterol, kolesterol, β -sitosterol ve stigmasterol en fazla bilinen türleridir [49]. Bitkisel yağların karakteristik özelliklerini taşıyan steroller, marker olarak karışık yağların değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılırlar [61]. Kapari bitkisinin de kampesterol, β -sitosterol, kolesterol, brassicasterol, α 7-stigmasterol, α 5-avenasterol, α 7-avenasteroli, 24-metilen-kolesterol, α 5,23-stigmastadienol, α 5,24-stigmastadienol gibi zengin sterol içeriğine sahip olduğu literatürde yer alan araştırmalarda belirlenmiştir [21].

Fitosterollerle birlikte ya da yalnız başına kandaki kolesterol düzeyini indirebilen β -sitosteroller, hiperkolestolemi tedavisinde bazen kullanılırlar. Bağırsaklardaki kolesterol emilimini engelleyen β -siteroller, bağırsaklar tarafından emilerek lipoproteinler aracılığıyla hücre zarının yapısına geçerler [49]. Sterollerin en önemli rolü kolesterol seviyesini dengelemesidir. Yapılan araştırmalarda kampesterol ve diğer sterol türlerinin LDL kolesterol düzeyini dengelediği; bu açıdan kampesterolün kalp hastalıkları riskinin azaltılmasında kullanılabilecek çok önemli bir element olduğu ifade edilmiştir [50]. *Brassicaceae* türlerinden izole edilen Barrasikasterol, farklı kalitelerdeki yağ karışımlarının neredeyse kesin olarak ayrılmasında etkili sonuçlar vermektedir [51]. Kolesterol ($C_{27}H_{46}O$) ile kimyasal açıdan en fazla benzeyen stigmasterolün ($C_{29}H_{48}O$), kolesterolü düşürücü yönde etki gösterdiği ve antienflamatuar etkiye sahip olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir [52].

2.2.1.7 Tokoferoller

Doğal olarak yağlarda bulunan antioksidan moleküller olan tokoferoller, oksitlenmeye karşı duyarlı, yağda çözünen, 200 °C sıcaklığa kadar oksijensiz ısıya dayanabilen ve UV ışınlar altında parçalanabilen bileşiklerdir. Yapılarında bulunan kromanol halkaların 5-7 ve 8 konumlarına bağlanan hidrojen ya da metil gruplarına göre α , β , γ , δ -tokoferoller olarak

adlandırılırlar. E vitamininin konfigürasyonları olan tokoferollere ilişkin yapılan çalışmalarda antioksidatif ve biyoaktif özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir [53].

Tokoferollerin fizyolojik etkileri α - δ aralığında azalan bir etkiye sahip iken, oksidatif etki açısından $\delta > \gamma > \beta > \alpha$ bir sıralamanın olduğu genel olarak kabul edilmektedir. E vitamini aktivitesi açısından tokoferoller arasında en güçlü antioksidan α -tokoferol olup, diğer izomerlerine oranla daha yüksek antioksidan etkinliğine sahip olduğu bildirilmektedir [54]. Kimyasal yapısı itibarıyla bir tokol olan α -tokoferoller aktivite düzeyi en yüksek olan antisterilite vitaminleridir. Yalnızca bitkiler tarafından sentezlenebilen ve kuru yemişlerde, bitkisel yağlarda ve tahıllarda bol miktarda bulunan E vitamini, esansiyel besin öğelerinden biri olup, güçlü bir antioksidandır. α -tokoferoller, antioksidan özelliğe sahip olmaları sayesinde aktif radikallerle tepkimeye girerek zehirli kimyasallar, ilaçlar, radyasyon ve serbest radikalleri yakalar ve lipid peroksidasyonlarını engelleyebilirler [55]. Kapari bitkisinin tokoferol içeriği açısından α -tokoferol, β -tokoferol, γ -tokoferol, δ -tokoferol, γ -tokotrienol bileşenlerini içerdiği literatürde yer alan çalışmalarda belirlenmiştir [22].

Hastalıkların önlenmesinde ve gıda muhafazasında önemli rol oynayan α -tokoferoller bazı kanser türlerine karşı korumada, hücrel yaşlanmayı geciktirmede, bağışık sistemini güçlendirmede ve karaciğerde kolesterol üretimini azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir [54]. α -tokoferollerin kümes hayvanları ve büyükbaş hayvanların üremelerinde gerekli olduğu bildirilmiştir, ancak insanlarda fertilité açısından etkili olduğuna ilişkin herhangi bir bilgi bulunmamaktadır. Yetişkin bireylerde her bir kg vücut ağırlığı için günlük 0,1-0,2 mg α -tokoferol alınması gerekirken bu miktar süt emen çocuklarda 0,5 mg'dır. Doğal yollarla yüksek miktarda E vitamini alımının herhangi bir toksisiteye neden olmadığı görülürken, tablet halinde yüksek dozda alımının zehirlenme ve toksisiteye yol açabileceği bildirilmiştir [56]. Günlük diyetlerde bol miktarda bulunan tokoferol türü olan γ -tokoferol olmasına rağmen günlük E vitamini ihtiyacının karşılanması açısından herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Antioksidan etkisi güçlü olan α -tokoferol, γ -tokoferol ve β -tokoferollere oranla 2 kat, δ -tokoferole oranla 100 kat daha fazla biyolojik aktiviteye sahiptir [57].

2.2.1.8 Yağ asitleri

Yağ asitleri, yağların temel yapıtaşları olup çoğunlukla 4-36 karbon zincirinden ve zincirin sonuna bağlanan karboksil (COOH) grubundan meydana gelmektedirler. Yağ asitleri hidrokarbon zincirlerinde bulunan karbon sayısı, karbonlar arasındaki bağların türü, çift bağ bulunan atom sayısı ve bağın bulundukları yerlere göre sınıflandırılmaktadırlar [58].

Metil ve terminal karboksil gruplarını ihtiva eden bir hidrokarbon zincirinden meydana gelen yağ asitlerinin genel formülü $\text{CH}_3[\text{CH}_2]_n\text{COOH}$ olup formüldeki n, 2 ile 22 arasında değişen farklı değerler alabilmektedir. Yağ asitleri içerdikleri karbon sayılarına göre farklı zincir uzunluğuna sahip olabilmektedir. Kısa zincirli yağ asitleri 2-4 arasında C içerirken, orta zincirli yağ asitleri 6-10 ve uzun zincirli yağ asitleri ise 12-24 karbon atomu içermektedirler.

Yağ asitlerinin büyük bir bölümü insanlar tarafından sentezlenirken esansiyel yağ asitlerini sentezleyebilmek için gerekli olan enzimlere sahip değildir ve bunlar hazır olarak dışarıdan alınmalıdır. n-3 PUFA α -linoleik asit ve n-6 PUFA linoleik asitler insanların dışarıdan besinlerle hazır aldıkları yağ asitleri olup, balıklarda bol miktarda bulunmaktadır [59].

Yapısında bulunan karbonlar arasında en az bir tane kovalent çift bağ bulunan yağ asitleri doymamış yağ asitleri olarak tanımlanmaktadır. Doymamış yağ asitleri, yapılarında bulunan çift bağ sayesinde doymuş yağ asitlerine oranla daha yüksek reaktivite değerine sahiptirler. Oleik asit, linolenik asit, linoleik asit, palmitoleik asit, gadoleik asit ve araşidik asit yaygın olarak bilinen yağ asitlerinden bazılarıdır. Yapılarında bulunan karbonlar arasında tek bir kovalent bağ bulunan yağ asitleri doymuş yağ asitleri olarak tanımlanırlar. İnsanlarda metabolizma sonucunda doymuş yağ asitleri sentezlenmektedir [60]. Kapari bitkisinin yağ asitleri içeriği açısından oleik asit, linoelik asit, miristik asit, stearik asit, cis-vassenik asit, eikosenoik asit, palmitoleik asit, palmitik asit, lignokerik asit ve behenik asit bileşenlerinden oluştuğu belirlenmiştir [24].

2.3 Kapari Bitkisinin Farmakolojik Etkileri

Kapari bitkisinin antiinflamatuvar etkiye sahip olduğu ve prostoglandin ve yangı yapıcı diğer mediyatörlerin siklooksijenaz yolağında oluşumunu ve nükleer faktör-kappa B aktivasyonunu engelleyerek bu etkiyi gösterdiği, literatürde yer alan çalışmalarda bildirilmiştir [25]. Nükleer faktör-kappa B, hücre adhezyon moleküllerinin, sitokinlerin, immünoresptörlerin ve kemokinlerin ekspresyonunun düzenlenmesinde de etkili rol oynamaktadır [26].

Kapari bitkisinin anti-inflamatuvar etkisinin yanı sıra aynı zamanda analjezik etkiye de sahip olduğu çalışmalarda bildirilmiştir. Arslan ve Bektaş [25] *Capparis ovata*'nın periferik ağrı kesici etkisini araştırdıkları çalışmalarında, metanol ile ekstrakte edilen *Capparis ovata*'nın farelere uygulanması sonucunda merkezi ağrı kesici etkisi gösterdiği

tespit edilmiştir. Gull vd. [12] çalışmalarında kapari bitkisinin kök kabuklarının astım, romatizma, diş ağrısı, iltihaplanma, öksürük, ateş, böbrek enfeksiyonu ve yaraları; meyve ve çiçeklerinin solunum yolu hastalıkları, idrar söktürücü, diyabet ve cilt rahatsızlıkları; köklerinin öksürük, felç, bağırsak rahatsızlıkları ve gut; yapraklarının ise şişlikler, kabarcıklar ve diş ağrısı tedavisinde etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Kültür ortamına ilave edilen *Capparis spinosa* dekoksasyonunun *Dermococcus radophilus* önemli düzeyde bir azalma meydana getirdiği, *E. coli* popülasyonları üzerinde ise herhangi bir antibakteriyel etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir [27]. Antioksidanlar, oksidatif stres durumunda hücrelerin ürettiği serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini yok edebilme becerisine sahip bileşiklerdir [12]. Canlıların oksijen tüketimine bağlı olarak hücrelerde serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri açığa çıkmaktadır. Serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri hücre zarının yapısındaki lipitler, proteinler, enzimler ve DNA ile tepkimeye girerek hücrenin zarar görmesine neden olabilirler. Hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksit anyonu ve hidroksi anyonu vücutta üretilen serbest radikallerden bazılarıdır. Bunların yanı sıra aynı zamanda dışarıdan vücuda alınan zehirler ve kimyasallar biyotransformasyon sonucunda serbest radikallere ve reaktif oksijen türlerine dönüşebilmektedir [28]. Serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri ile reaksiyona giren antioksidanlar, bu ürünlerin neden olabilecekleri zararlı etkileri engeller. Bu bağlamda serbest radikallere karşı vücut savunmasının sağlanmasında antioksidanların önemli rol oynadıkları söylenebilir. Vücut tarafından üretilen antioksidanların yetersiz kaldığı durumlarda, askorbik asit (vitamin C), flavanoidler, α -tokoferol (vitamin E), β -karoten ve likopen gibi antioksidan maddeler vücut dışından alınarak serbest radikallerin /ve oksidatif stresin ortaya çıkması engellenmektedir [29, 30]. Literatürde yer alan çalışmalarda kapari bitkisinin quercetin, glukosinolatlar, flavanoidler, fenolik bileşikler, rutin ve alkaloidler gibi biyoaktif moleküller ve antioksidan bileşenlerini içerdiği ifade edilmiştir [17-20]. Çalışmalarda ethanol ve su ile ekstrakte edilen *Capparis spinosa*'nın Fe^{+3} 'ü Fe^{+2} 'ye indirgediği ve serbest radikal giderme düzeyinin belirlenmesi yöntemi olan DPPH konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığı ve H_2O_2 yakalama düzeyinin oldukça yüksek olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmalar kaparinin içeriğinde bulundurduğu flavanoidler, serbest fenolik bileşikler ve karotenoidlerin antioksidan etki göstermesinde etkili olduğunu göstermektedir [31].

Aliyazıcıoğlu vd. [63] araştırmalarında kapari (*Capparis spinosa* L.) bitkisinin bileşenlerinin belirlenebilmesi amacıyla GC-MS analizi yapmışlardır. Araştırma sonucunda kapari bitkisinden 17 bileşik izole edildiği ve genel olarak aldehitler (%18,2), monoterpen

hidrokarbonlar (%4,4), benzil alkol, oktanoik asit, benzoik asit, α -terpinolen, karvakrol, zingeron ve 4-floro benzaldehit bileşenlerini içerdiği belirlenmiştir. Manikandaselvi ve Brindha [51] araştırmalarında kapari bitkisinin kimyasal standardizasyonunu gerçekleştirmeyi amaçladıkları çalışmalarında kapari bitkisinin çeşitli bölümlerinin kimyasal analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Kapari bitkisinin çiçek tomurcuklarının kimyasal bileşenler açısından analizi yapıldığında lipidler, alkaloidler, quercetin-3-rutinosid (rutin), glucocapperin, polifenoller, fenolik asitler, fenolik diterpenler gibi kimyasal bileşenlere sahip olduğu literatürde yer alan araştırmalarda belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca kapari bitkisinin antiromatizma, antihipertansif ve anti-diyabetik ajanlar açısından oldukça zengin olduğu; özellikle bu bitkinin karaciğer fonksiyonarı açısından oldukça önemli rol oynadığı literatürde yer alan araştırmalarda bildirilmiştir.

Kapari bitkisinin yapısında bulunan tokoferoller, karotenoidler ve fenolik bileşiklerin antitümör etkiye sahip olduğu; glukosinolatların da kanserle mücadelede etkili rol oynadığı ifade edilmiştir [32]. Farklı kapari türlerinden elde edilen 6-methoxy-2-methyl-4-carbaldehyde, 2H-1,4-benzoxazin-3(4H)-one ve *Cappamensin A* bileşenlerinin tümörlerin gelişiminin engellenmesinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle *Cappamesin A*'nın meme, yumurtalık, nazofarengal, akciğer ve ileosekal tümörlerin oluşumunu engelleyici etkiye sahip olduğu ifade edilmiştir [12].

2.4 Cihazlar ve Analizler

2.4.1 Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS)

İki farklı analitik cihazın bir araya gelmesinden oluşan GC-MS cihazı, madde bileşenlerinin gaz formunda yüksek verimle ayrımının yapılabilmesi amacıyla gaz kromatografisinin ve hem bileşenlerin türlerinin doğrulanması hem de bileşenlerin türlerinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan kütle spektroskopisinin kombine edilmesi ile oluşturulmuş bir cihazdır.

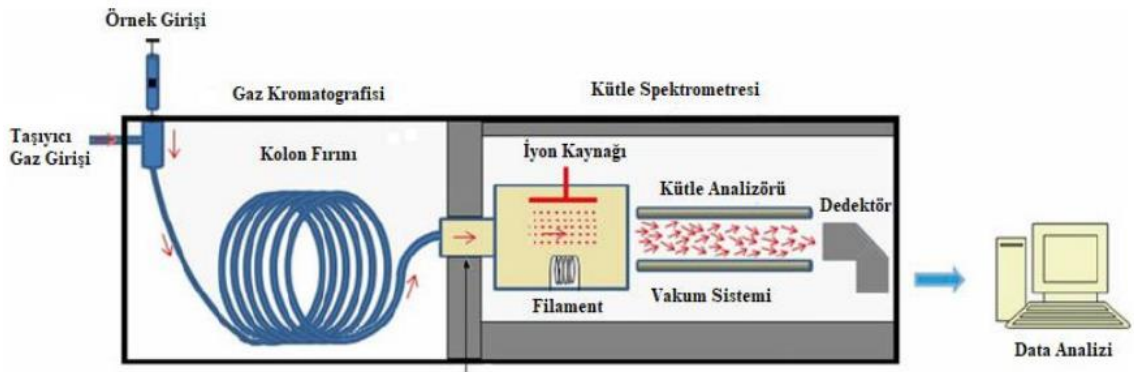
Karışımı oluşturan maddelerin sabit bir faz içerisinde geçen hareketli bir faz etkisiyle kendini oluşturan bileşenlerine ayrılması işlemi kromatografi olarak tanımlanır. Tıp, gıda, endüstri ve araştırma alanlarında yaygın olarak kullanılan kromatografi yöntemi, karışımların bileşenlerine ayrılmasını ve niceliksel oranlarının belirlenmesini sağlayabilmektedir. Belli bir sıcaklıkta uçucu ya da uçucu hale dönüştürülen maddelerin, taşıyıcı gazlar vasıtasıyla sabit bir faz içerisinde bileşenlerine ayrılmaları yöntemi gaz

kromatografisi olarak tanımlanmaktadır [61]. Adını inert bir gaz olan hareketli fazdan alan gaz kromatografisi, sabit fazın katı ya da sıvı olmasına göre gaz-katı kromatografisi ya da gaz-sıvı kromatografisi olmak üzere ikiye ayrılır.



Şekil 2.2. GC-MS cihazı

Sabit katı faz üzerindeki maddelerin belli sıcaklıklarda adsorbsiyon-desorbsiyonunun sağlanması temelinde çalışan gaz-katı kromatografisi, ortaya çıkan kuyruklu piklerin ayrılmasının oldukça zor olması nedeniyle günümüzde pek tercih edilmemektedir. Gaz-sıvı kromatografisi ise siloksan ya da sıvı polimerin gözenekli bir yüzeye emdirilmesiyle oluşturulan sıvı sabit faz ile gazdan oluşan hareketli fazdan oluşan bir sistemdir. Gaz-sıvı kromatografisinde hareketli faz, özel sıvıların gözenekli bir yüzeye dağılmasıyla oluşan sabit faz kolaylıkla geçerek numunenin dağılımını sağlar. Günümüzde vitaminler, ilaç, gıda maddeleri, yağlar ve şekerler gibi organik bileşiklerin analizinde gaz-sıvı kromatografisi yaygın olarak tercih edilmektedir [62].



Şekil 2.3. Gaz kromatografisi-kütle spektrometresi şematik görünümü [62]

Analizi yapılacak örneğin enjekte edildiği an ile sinyalin dedektöre yansıdığı an arasında geçen süre kromatografide alıkonma zamanı (t_R) olarak tanımlanmaktadır. Alıkonma zamanı moleküller arası ve molekül içi kuvvetler, molekül büyüklüğü, sıcaklık, polarite ve taşıyıcı gazın hızı gibi unsurlar alıkonma zamanının artmasını ya da azalmasını etkileyen temel faktörlerdir [63]. Gaz-sıvı kromatografisinde madde öncelikle gaz haline getirilir. Sürükleyici gaz aracılığıyla kolona giren maddeler dedektöre ve ardından da atmosfere geçerler. Kaynama noktası maksimum 500 °C'yi bulabilen bileşiklerin gaz kromatografileri yapılabilmektedir. Maddelerin bileşimlerinin açığa çıkarılabilmesi amacıyla kolon sürekli sıcak tutulur ve söz konusu sıcaklık değerlerine dayanabilen fazlar geliştirilir. Gaz-sıvı kromatografisinde analizi yapılacak madde sıvı halde ise sıcak bir hücreden geçirilerek gaz haline getirilir. Sürükleyici madde aracılığıyla kolona giren maddeler önce dedektöre ardında da atmosfere gönderilirler. Gaz kromatografisinin bölümleri şunlardır:

1. Sürükleyici gaz akışını ve basıncını dengeleyen bölüm,
2. Numunenin sisteme aktarılmasını sağlayan enjektör
3. Isıtma bölümü
4. Ayırma kolonu bölümü
5. Dedektörler
6. Dedektörün verileri yansıtacağı bilgisayar

Sürükleyici gaz akışını ve basıncını dengeleyen bölüm: Basınçlı taşıyıcı gazın regülatör vasıtasıyla içerisinde bulunduğu silindirdeki basıncı düşürülerek, gaz kolon sistemine sabit akış hızıyla gönderilmesidir. Sürükleyici gaz, çalışma türüne bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. İzoterm çalışmalarda ayırma zamanı boyunca kolonun geçirgenliği sabit kalırken, ısı programlanmasına yönelik yapılan araştırmalarda ise sıcaklık artışına bağlı olarak kolon direncinin artmasına ve buna bağlı olarak gaz akış hızının düşmesine neden olabilmektedir. Etkili bir sürükleyici gazın sahip olması gereken özellikler şunlardır [64]:

- Sürükleyici gazlar ayrılan bileşen ya da sabit faz ile reaksiyona girmemelidir.
- Sürükleyici gazlar en düşük seviyede difüzyonu ayarlayabilmelidir.
- Kolay bulunabilir, ucuz ve saf olmalıdır.
- Kullanılacak dedektörlere uygun olmalıdır.

Numunenin sisteme aktarılmasını sağlayan enjektör: Kolon verimliliği açısından numune enjekte bölümüne numunenin uygun miktarda ve tek seferde verilmesi gerekmektedir. Numunenin yüksek miktarda verilmesi ya da yavaş enjekte edilmesi ayrılmanın iyi olmamasına ve pik genişlemesine neden olabilmektedir. Sızdırmayan enjektörler, örneklerin enjekte edilmesi sürecinde etkili sonuçların ortaya çıkmasını sağlayabilmektedir. Katı numuneler, enjekte edilmeden önce inert bir çözücü içerisinde çözündürülmelidir. Sıvı numuneler 0.2-10 µl aralığında enjekte edilirken gaz numuneler 0.001 µl değerinde enjekte edilmelidir [64].

Isıtma bölümü: Gaz kromatografi cihazı, ayırma kolonu ve diğer kısımların sabit 0.1 °C sıcaklık hassasiyetine ayarlanması gerekmektedir. Gaz kromatografisinde, çoğunlukla ayırma kolonu bir hava banyosu içerisinde konulmaktadır [62].

Ayırma kolonu bölümü: Ayırma kolonu sıcaklığı, analiz edilecek uçucu bileşenin kaynama sıcaklığından 10-25 °C arasında daha fazla olması gerekmektedir. Ayırma kolonunda bulunan sıvı film, düşük sıcaklıklarda camsı yapıda iken, ısının artması ile birlikte sıvılaşmaktadır. Ayırma kolonunda polar özellikli olarak etilen alkol, apolar özellikli olarak da silikon kullanılabilir [63]. Gaz kromatografi cihazlarında iki farklı kolon bulunmaktadır. Sabit fazı ya da dolgu maddesi olarak özel sıvıların kullanıldığı kolonlar destek kaplamalı kapiler kolonlar (SCOT) olarak adlandırılırken, kolon iç yüzeyi kaplamasında özel sıvıların kullanıldığı kolonlar ise duvar kaplamalı kapiler kolonlar (WCOT) olarak adlandırılmaktadır. Gaz kromatografisi cihazlarında teflon, eritilmiş silika, cam, saf bakır ya da alüminyumdan üretilen kolonlar genellikle 2-100 m aralığında değişen uzunluklarında olabilmektedirler [64].

Dedektörler: Elektron yakalama (ECD), termal iletkenlik (TCD), kütle seçici (MSD) ve alev iyonlaşma (FID) dedektörleri gaz kromatografi cihazlarında yaygın olarak kullanılan dedektör türleridir. Termal iletkenlik dedektörleri, gaz kromatografi cihazlarında en fazla kullanılan dedektör türüdür. Termal iletkenlik dedektörlerinde sürükleyici gazlar Wheatstone iletkenlik köprüsünde bulunan dirençlerden birine geçirilirken, numune karışımı da diğer dirence geçirilmektedir. Numune içerisinde bulunan gaz bileşenlerin, sürükleyici gaza oranla termal iletkenlikleri daha yüksek olduğundan sürükleyici gaz-numune direnci ısıtır. İletkenlik köprüsündeki elektrik akım dengesi oluşan sıcaklık farkından dolayı bozulur. Numune miktarına bağlı olarak köprü devresi üzerinden bir akım geçer. Numune yapısına zarar vermeyen termal iletkenlik dedektörü, tüm numunelere cevap verebilme özelliğine sahiptir [62].

Elektron yakalama dedektöründe ise kolondan gelen gazlar, beta ışıması yapmış radyoizotopun yerleştirildiği bir bölümden geçirilir. Beta ışıması ile iyonlaşan moleküller ve iyonlaşma sonucunda ortaya çıkan elektronlar, pozitif yüklü elektroda yönelerek elektrik akımı oluştururlar. Elektron yakalama dedektörü, elektron çekici gruplar ihtiva eden moleküllere karşı duyarlı iken, doymuş hidrokarbonlara yönelik duyarlı değildir [62].

Kolondan gelen gazların H_2-O_2 karışımı ile yakıldığı Alev iyonlaşma dedektöründe, iyonlaşma sonucunda ortaya çıkan pozitif yüklü iyonlar, elektrik akımı oluşturmak için negatif yüklü elektrotlara yönelirler. Alevle iyonlaşan moleküllere yönelik duyarlılık düzeyi yüksek olan alev iyonlaşma dedektörünün CO_2 , O_2 , N_2 ve H_2O gazlarına duyarlı değildir [62].

Ayırma süreci boyunca kütleleri tarayan kütle seçici dedektörü GC-MS analizinde kullanılan en güçlü dedektördür. Kolondan çıkan numune bir transfer hattı aracılığıyla kütle spektrometresinin girişine gelerek iyon kaynağı vasıtasıyla iyonlaştırılır. Kütle/yük oranına göre iyonlar sıralanırlar. Bu yöntemde alıkonma zamanı kromatogram tarafından belirlenirken, karışımı oluşturan bileşenlerin türlerini gösteren pikler ise kütle analizörü tarafından belirlenmektedir [63].

2.4.2 FTIR (Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometresi)

Soğurma spektrumları veren kızılötesi spektrumlar (IR) analizör türlerine göre Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) ve dispersif kızılötesi spektrometresi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Organik ve inorganik yapıların bileşenlerini tespit etmek amacıyla kullanılan kızılötesi spektroskopisi, atomlararası bağların titreşimlerine bağlı olarak ortaya çıkan frekansları temsil eden absorpsiyon pikleri oluşturmaktadır. Spektrumlar maddeler için ayırt edici bir özellik olup maddelerin kendilerine özgü spektrumları vardır [65].



Şekil 2.4. FTIR analiz cihazı

Kimya ve biyoloji alanında yapılan çalışmaların birçoğunda yaygın olarak kullanılan FTIR spektrometresi, katı ve sıvı maddeleri oluşturan organik bileşenlerin ve fonksiyonel grupların belirlenmesini sağlamasının yanı sıra aynı zamanda farklı bileşiklerin karşılaştırılmasında ve aromatik veya alifatik grupta bulunduğunun tespit edilmesini sağlamaktadır. FTIR cihazı karbonhidratların, yağların ve aminoasitlerin bileşen analizlerinin yapılmasında etkili olup, ilaç sektörü başta olmak üzere endüstrinin birçok dalında yaygın olarak tercih edilmektedir. Titreşim spektroskopisi olarak nitelendirilen kızılötesi spektroskopisi, molekül titreşimleri tarafından soğrulmaktadır ve kaliteli spektral verilerin ulaşılmasına olanak sağlayabilmektedir. Kısa süre içerisinde minimum numune miktarı ile etkili sonuçlar elde edilebilmektedir. En küçük kareler yöntemiyle 15'ten fazla bileşenin kantitatif analizinin aynı anda yapılmasına olanak sağlayabilmektedir. Cihaz 650-4000 cm^{-1} infrared aralığında çalışabilmekte ve minimum 0,4 cm^{-1} ayırma gücüne sahiptir.

Sabit ve hareketli aynalarda meydana gelen FTIR spektrometrelerinde, ham veriler olan interferogramlar çok kısa süre içerisinde elde edilebilmektedir. Kolimatör aracılığıyla kaynaktan gelen ışığın paralel hale getirildiği sistemde, ışık sabit ayna, hareketli ayna ve ışın bölücüden oluşan interferometreye gelir. Işık ışınları buradan önce örneğin ardından dedektörün üzerine düşer. Işınlar dedektör vasıtasıyla elektrik sinyaline dönüştürülerek yükseltilir ve Fourier dönüşümü yapılarak spektrumları oluşturmak üzere bilgisayara

gönderilir. FTIR spektrometrelerinde örnek ile ışık kaynağından çıkan frekansların aynı anda etkileşime girmeleri sağlanarak süreçte frekanslarda meydana gelen değişimler izlenmektedir. Zaman ölçeğinde oluşan frekanslar cihaza bağlı bilgisayar vasıtasıyla ters Fourier işlemi uygulanarak frekans ölçeğindeki bilgilere dönüştürülür [66].

2.4.3 Taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX)

Araştırma kapsamında incelenen numunenin üç boyutlu görüntülerinin elde edilebilmesi amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. Taramalı elektron mikroskobu, elektron tabancası olarak adlandırılan kısımdan gönderdiği elektron demeti ile numuneyi bombardıman ederek, ikincil elektronların oluşmasına neden olur. Bu elektronların ikincil elektron dedektöründe işlenmesi ile üç boyutlu yüzey görüntüsü elde edilir. Vakum ortamında üretilen ve elektromanyetik lensler aracılığıyla inceltelen elektron demetleri ile numuneyi analiz eden SEM cihazı çözünürlüğü yüksek olan birtakım görüntüler üretirler. Bu görüntüler numune ile etkileşen elektron demeti ile meydana gelen ışımlar ya da geri yansıyan elektronların mikroskop tarafından resimlere dönüştürülmesiyle oluşturulurlar. Taramalı elektron mikroskobu elektron tabancası, kolon ve yüksek voltaj ünitesi olmak üzere üç temel birim içermektedir ve kısımlar elektronların hızlandırılmasını sağlamaktadır [39].



Şekil 2.5. Taramalı elektron mikroskobu (SEM)

2.4.4 Elementel analiz cihazı

Endüstriyel ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılan elementel analiz cihazı, katı numunelerde yüksek viskoziteye sahip maddelerin tespit edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Elementel analiz C, N, H ve S elementlerinin yüksek sıcaklıklarda yakılmasıyla numune içerisindeki oranlarının belirlenmesini sağlamaktadır.

Laboratuvarlarda numunelerin C, H, N ve S bileşenlerinin oranlarının % cinsinden belirlenmesi amacıyla otuz yıldan fazla süredir kullanılan elementel analiz, farmasötikler, yağlı ürünler, kimyasallar, gıdalar ve katalizörlerin analizinde yaygın olarak kullanılmaktadır [39].



Şekil 2.6. Elementel analiz sistemi

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1 Materyal

Araştırmada kapari bitkisinin uçucu bileşen, FTIR, GC-MS, SEM-EDX, Elemental analiz cihazlarının kullanılarak analizlerinin yapılabilmesi için kuru meyve, yaş meyve (salamura) ve tomurcukları ticari işletmelerden temin edilmiştir.



Şekil 3.1. Kapari bitkisi (a) kuru meyve (b) tomurcuk (c) yaş meyve

Deneylerde Kullanılan Kimyasallar

- n-Hekzan
- Saf su

3.2 Deneylerde Kullanılan Materyaller

- Hassas terazi
- Havan
- Cam balon
- Pipet
- Mezür
- Deney kapları
- Manyetik karıştırıcı
- Mikropipet
- FTIR cihazı (Perkin Elmer: Universal Atr Sampling Accessory)
- GC-MS Cihazı (Agilent Technologies 6890 GC ve 5973 HP-INNOWAX)
- SEM-EDX (LEO-EVO 40 Cambridge/İngiltere- Bruker-125 eV Berlin/Almanya)
- Elemental Analiz (LECO CHNS-932)

3.3 Yöntemler

3.3.1 Clavenger ekstraksiyonu için numune hazırlama

Kapari bitkisinin uçucu yağını elde edebilmek amacıyla Clavenger ile su destilasyonu yöntemi kullanılmıştır. Kapari bitkisinin kuru meyve, tomurcuk ve dalında kurumuş numunelerden alınan örnekler Sena 5, Sena 6 ve Sena 7 şeklinde kodlanmıştır. Hassas terazi her bir numuneden 200'er gram tartım alınmış ve alınan numunelerin her biri cam balona konulmuştur. Cam balonlara 300 ml saf su eklenerek yaklaşık 4 saat süreyle clavenger aparatlı su destilasyonu cihazında ekstrakte edilmiştir. Kaynamanın ardından süreç takip edilerek elde edilen uçucu yağ viallere alınmış ve GC-MS (gaz spektroskopisi) analizine hazır hale getirilmiştir.

Çizelge 3.1. Clavenger ekstraksiyonuna yönelik hazırlanan katı numune miktarları

Kuru numune	Tomurcuk numune	Dalında kuru numune
300 g	200 g	200 g



Şekil 3.2. Clavenger ekstraksiyonu için hazırlanan numuneler



Şekil 3.3. Clavenger ekstraksiyonu



Şekil 3.4. Uçucu yağ oluşumu



Şekil 3.5. Uçucu yağların viallere alınmış hali

3.3.2 Araştırmada kullanılan GC-MS cihazının özellikleri

Araştırmada GC-MS analizlerini gerçekleştirebilmek amacıyla Agilent 6890 ve 5973 HP-INNOWAX (0.25 mm x 60 m, 0.25 μ m film kalınlığına sahip polietilen glikol) kolonlu ve selektif dedektörlü cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.6; Çizelge 3.2). 1,7 mL/dk akış hızıyla

gerçekleştirilen analizlerde taşıyıcı gaz olarak helyum kullanılırken, kolon sıcaklığı 5 °C/dk'lık sabit artışla 50 °C'den 150 °C'ye kadar yükseltilmiştir. Cihaz 150 °C'ye ulaştıktan sonra 10 dk bu sıcaklıkta bekletilmiş ve sonrasında tekrardan 5 °C/dk'lık sabit artışla sıcaklığın 260°C'ye ulaşması sağlanmıştır. Cihazın numune hacmi 2 mL, enjeksiyon hacmi 2 µL ve iyonlaşma voltajı da 70 eV olup, 41-400 aralığında atomik kütle birimine sahip olduğu görülmektedir. Cihaz tarafından oluşturulan piklerin alanları hesaplanarak kantitatif analiz yapılmış ve analiz sonucunda ulaşılan bileşenler bulgular kısmında yorumlanmıştır.

Çizelge 3.2. Araştırmada kullanılan GC-MS cihazının özellikleri

Marka ve Model	: Agilent 6890 GC-5973 HP-INNOWAX series
Taşıyıcı gaz	: Helyum
Gaz akış hızı	: 1,7 mL/dk
İyon kaynağı sıcaklığı	: 200 °C
Enjeksiyon hacmi	: 2 µL
Sıcaklık programı	: 5°C/dk sıcaklık artış hızına bağlı olarak 50-260
Dedektör	: Agilent 5973 kütle selektif dedektör
Kolon	: HP-5 kapiler kolon; 0.25 mm x 60 m x 0.25 µm



Şekil 3.6. GC-MS Analizi Cihazı

3.3.3 Araştırmada kullanılan FTIR cihazının  zellikleri

Kapari bitkisinin kuru meyve, yaş meyve ve tomurcuklarından alınan 100'er gram örnekler havanda dövülerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen numuneler FTIR cihazında analiz edilmek üzere hazır hale getirilmiştir.



şekil 3.7. FTIR cihazı için hazırlanan toz numuneler

Araştırmada FTIR analizinin yapılabilmesi için Perkin Elmer markasına ait Spectrum One modeli FTIR cihazı kullanılmıştır (şekil 3.8).



şekil 3.8. FTIR (Fourier dönüşümlü kızı tesi spektrometresi) Cihazı

FTIR cihazının teknik özellikleri şunlardır:

- Cihaz $8.300-225\text{ cm}^{-1}$ aralıklarındaki orta ve uzak infrared bölgelerinde çalışabilmektedir.
- Minimum 0.4 cm^{-1} ayırma gücüne sahiptir.
- Minimum 15 farklı bileşenin kantitatif analizini aynı anda en küçük kareler yöntemiyle gerçekleştirebilmektedir.

3.3.4 Araştırmada kullanılan elemental analiz cihazı

Elemental analiz cihazı, akademik ve endüstriyel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Element analizi ile yüksek sıcaklıkta yakma yöntemiyle örnekteki karbon (C), hidrojen (H), azot (N) ve kükürt (S) elementlerinin yüzde miktarları tayin edilmektedir.

Analizi yapılacak örnekler öncelikle kalay veya gümüş kapsüller içerisine yerleştirilmektedir. Kapsül içerisine hapsedilen örnekler yükleme kısmına konmakta ve buradan fırına düşük oksijen gazına ulaştığı anda kül haline dönmektedir. Son olarak bu dört elementten karbon, hidrojen ve kükürt cihazda bulunan infrared absorpsiyon dedektörü, N ise termal iletkenlik dedektörü ile tayin edilmektedir. Elemental analiz cihazı (LECO CHNS932) (Şekil 3.9) ile homojen olan bütün kimyasallar, plastikler, reçineler, ilaçlar, lastikler ve bütün organik ve inorganik bileşiklerin mikro numune analizi katı ve sıvı örnekler için yapılabilmektedir. Her analiz için ortalama 2 mg örneğe ihtiyaç duyulmaktadır. Karbon, hidrojen, azot ve kükürtün aynı anda analiz süresi 3 dk sürmektedir.



Şekil 3.9. Elemental Analiz Cihazı (LECO CNHS-932)

3.3.5 Araştırmada kullanılan taramalı elektron mikroskobu (SEM)

Maddelerin yapılarının insan gözüyle ayrıntılı bir şekilde görülebilmesi mümkün değildir. Numune yüzeyinden elektronlar vasıtasıyla yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmek için kullanılan sistemler olan taramalı elektron mikrosokopları (SEM-EDX), incelenen numune içerisindeki yapıların üç boyutlu görüntülerine ulaşılması amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. İnsanoğlu birtakım mercecek sistemleri ile ışığı yönlendirerek daha küçük cisimleri ve ayrıntıları görebilecek sistemler ve cihazlar geliştirmişlerdir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) da gözle görülemeyecek kadar küçük ayrıntıların üç boyutlu görüntülerinin elde edilmesini sağlayabilmektedir. Taramalı elektron mikroskoplarında (SEM) numune üzerine odaklandırılan yüksek voltajla hızlandırılan elektronların oluşturduğu elektron bulutları, numune yüzeyini taramakta; elektronlar ile numuneyi oluşturan atomlar arasında meydana gelen etkileşimler alıcılar vasıtasıyla bir araya gelmekte ve sinyale güçlendiricilerden geçerek katot ışınları tüpünün ekranına geçmesiyle görüntü oluşturulmaktadır. Elektron mikroskoplarının yapısında bulunan algılayıcılardan elde edilen sinyaller dijital sinyallere dönüştürülerek bilgisayar ekranlarına aktarılmaktadır. Taramalı elektron mikroskoplarının ayırma gücü, odak derinliği, analizi birleştirebilme ve görüntü özelliklerine sahip olmaları, bu cihazların geniş bir kullanım alanına sahip olmasını sağlayabilmektedir [39].



Şekil 3.10. Taramalı elektron mikroskobu (SEM-EDX LEO-EVO 40 Cambridge/İngiltere-Bruker-125 eV Berlin/Almanya)

Bu araştırmada da SEM analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için EVO 40 marka taramalı elektron mikroskobu kullanılmıştır. Araştırmada kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımları toz haline getirilerek SEM analizleri gerçekleştirilmiş ve örneklerin üç boyutlu görüntüleri elde edilmiştir.



şekil 3.11. SEM-EDX analizi için hazırlanan kapari numuneleri

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 GC-MS İle Tespit Edilen Uçucu Bileşenler

Kapari bitkisinin farklı kısımlarından elde edilen uçucu bileşen ve yağ asidi bileşenleri Çizelge 4.1’de verildi.

Çizelge 4.1. Kuru kapari numunesine ait GC-MS sonuçları

Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim
19.632	Asetik asit	2,60
22.018	1H-pirazol 1,5-dimetil	0,15
22.716	Propiyonik asit	0,10
23.654	Tetrametilpirazin	0,55
26.057	3-metil bütanoik asit	0,17
35.379	Metil-2-pirol keton	0,20
54.501	Metil-p-tert-bütil fenil asetat	0,06
55.016	2,4 di-tert-bütil fenol	0,07
56.298	2-asetil-4-etoksikarbonil-3-okza-2-aza-3,3,3 propilen	0,05
57.254	Etilen oksid heptamer	0,08
57.814	Oktaetilen glikol	0,10
60.784	2-[2-[2-[2-[2-(2-Hidroksietoksi)etoksi]etoksi] etoksi] etoksi] etoksi]etanol	0,06
68.246	18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan	47,53
68.772	1,4,7,10,13,16- hekzaoksasiklooktadekan	47,23

GC kromatogramı sonucunda 36 ana pikin varlığı tespit edildi ve söz konusu bileşenler Tablo 4.1’de verildi. GC-MS sonuçlarına göre kuru kaparinin en fazla %47,53 oranında 18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan, %47,23 oranında 1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan hidrokarbon bileşenlerini içerdiği, %2,60 oranında asetik asit bileşenlerini içerdiği, diğer bileşenlerin %1’in altında olduğu tespit edildi. Bu bulgu kuru kapari bitkisinin hidrokarbon içeriği bakımından zengin olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.2. Kapari tomurcuk numunesine ait GC-MS sonuçları

Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim
6.591	İzosiyoetan	0,08
24.152	1,6-oktadien-3-ol-3,7-dimetil	0,09
24.404	Benzaldehid	0,25
26.063	Metil tridekanoat	0,25
26.676	Benzen asetaldehit	0,40
27.631	Sikloheksanon, 5-metil-2-(1-metiletiliden)-	0,69
31.802	Benzen metanol	0,15
36.912	2-İzopropil-5-metil-2-siklohekzen	0,31
38.989	Oktanoik asit	0,58
40.013	2-metil-4-(1-metil etil)-2-siklohekzanon	0,42
44.276	2-(4-Nitrofenil)-2-fenil siklopentanon	0,14
50.027	Oktadekametil-siklononasiloksan	0,17
53.735	3-(2,5,8,11,14-Penta oksasiklo Heksadesil)-1,5,8,11,14,1 hekso oksasiklono dekan	0,04
54.484	1,1,3,3-Tetrametil-1,3-difenildisiloksan	0,05
55.005	2-Nitro-1,3-indandion	0,04
56.304	N-(4,4-didöteryo-4-fenil-bütıl)ftalimid	0,24
57.197	1,4, 7,10,13,16-Heksanokasikl okta dekan	0,18
57.815	6-Aza-5,7,12,14-Tetratiapentasen	0,30
58.993	Oktaetilen glikol	1,76
60.784	7-Tetrahidro-1,2,9,10-Tetra Metoksi-5-Metil-	0,56
61.179	Silan (2-metoksi etoksi) trimetil	0,06
63.397	1,4,7,10,13- pentaoksasiklopentadekan	7,00
66.781	1,4,7,10,13,16- hekzaoksasiklooktadekan	2,53
71.965	2-bromo-3-metilfenil dikloro arsin	5,30
72.497	18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan	14,53

GC kromatogramı sonucunda kapari tomurcuklarının analizinde belirlenen bazı önemli bileşenler Tablo 4.2’de verildi. Kapari tomurcuk numunesinin GC-MS sonuçlarına göre kuru kapari numunesine benzer şekilde en fazla %66,39 oranında 1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan ve %14,53 oranında 18,18'-bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan bileşenlerini içerdiği, diğer bileşenlerin oranının ise %1’in altında olduğu tespit edildi. Bu bulgu kapari tomurcuklarının uçucu bileşen açısından zengin madde içeriğine sahip olmadığını göstermektedir.

Çizelge 4.3. Dalında kuruyan kapari numunesine ait GC-MS sonuçları

Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim
19.609	6-metil-5-hepten-2-one	0,15
22.052	Nonanal	0,38
24.947	Nonil kloroasetat	0,11
27.328	Trikoloroasetik asit nonil ester	0,05
28.003	5-metil-2-(1-metiletiliden)sikloheksanon	0,02
37.139	2-izopropil-5-metil-2-siklohekzen-1-one	0,38
46.056	1,1,7-trimetil-4-metilendekahidro-1H-siklopropaazulen-7-ol	0,97
49.970	2-pentadecanone, 6,10,14-trimetil	0,39
53.363	Dekanoik asit	0,14
54.152	Hekzadekanoik asit, metil ester	0,09
55.108	Etanon, 1-[2,3-dihidro-6-(metil tio)-1H-inden-5-YL	0,07
55.903	3,3'-izopropiliden bis(1,5,8,11-tetra oksasikloheksan)	0,06
56.739	(2S, 4R, 5S, 6R)-5-[(2'-metoksi etoksi metil)oksi]-2, 4, 6-Trimetil-8-[tert-bütildimetilsilil)oksi]-1,1-(propan-1',3'-ditio)oktan	0,09
57.282	1,4,7,10,13,16- hekzaoksasiklooktadekan	45,6
58.243	7-(1-metil-etenil)-1-hidroksi-1,4-dimetil-1,2,4,5-[3H, 6H] oktahidroazulen	0,66
59.096	3-(1,3-dihidroksi izopropil)-1,5,8,1,1,14-penta oksa sikloheksadekan	0,09
59.502	Oktaetilen glikol	0,34
60.235	Dodekanoik asit	0,37
61.339	Oktaetilen glikol monododesil eter	0,14
63.136	Dokosan	0,48
63.971	Benzil benzoat	0,76
64.767	Tetradekanoik asit	1,74
66.569	Pentadekanoik asit	3,19
68.11	n-hekzadekanoik asit	25,92
68.595	Etilen oksid heptamer	5,44
70.466	1,4,7,10,13- pentaoksasiklopentadekan	3,59
72.485	9-oktadekanoik asit	8,76

GC kromatogramı sonucunda dalında kuruyan kaparinin analizinde tespit edilen bazı önemli bileşenler Tablo 4.3'de verildi. GC-MS sonuçlarına göre dalında kuruyan kaparinin en fazla %45,6 oranında 1,4,7,10,13,16- hekzaoksasiklooktadekan, %25,92 oranında n-hekzadekanoik asit, %8,76 oranında 9-9-oktadekanoik asit, %5,44 oranında etilen oksid heptamer, %3,59 oranında 1,4,7,10,13- pentaoksasiklopentadekan ve %1,74 oranında tetradekanoik asit bileşenlerini içerdiği, diğer bileşenlerin oranının ise %1'in altında olduğu tespit edildi. Bu bulgu kapari tomurcuklarının uçucu bileşen açısından kuru kapariye oranla daha zengin olduğunu göstermektedir.

Kapari bitkisine ilişkin GC-MS analizi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde hem kuru, hem dalında kurumuş kapari örnekleri ve hem de kapari tohumcuklarının tümünün en fazla hidrokarbon (18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan ve 1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan) açısından zengin olduğu, kapari örneklerinde genel olarak %1'in üzerinde asetik asit, 1,4,7,10,13- pentaoksasiklopentadekan, 2-bromo-3-metilfenil dikloro arsin, tetradekanoik asit, pentadekanoik asit, etilen oksid heptamer ve 9-oktadekanoik asit bileşenlerini içerdikleri belirlendi. Literatürde kapari bitkisinin farklı kısımlarının kimyasal bileşenlerini belirleyebilmek amacıyla yapılan çalışmalarda da araştırmada elde edilen sonuçlara benzer ve farklı sonuçlara ulaşıldı. El-Ghorab vd. [67], kapari bitkisinin tomurcuk ve yapraklarının kimyasal bileşenlerini inceledikleri araştırmalarında kapari (*Capparis ovata* Desf. var. *canescens*) tomurcuk ve yapraklarının buhar distilasyonu ve ardından solvent ekstraksiyonu ile elde ettikleri uçucu yağları GC ve GC-MS ile analiz edildi. Araştırma sonucunda kapari tomurcuğu ekstraktından 86, kapari yaprağı yağında 100 bileşik tanımlandı. Kapari tomurcuk yağında bulunan başlıca uçucu bileşikler benzil alkol (%20.4), furfural (%7.4), etanal metil pentil asetal (%5.9), 4-vinil guaiakol (%5.3), timol (%5.1), oktanoik asittir. %4.8) ve metil izotiyosiyanat (%4.5) iken kapari yapraklarında bulunan başlıca uçucu bileşikler ise metil izotiyosiyanat (%20.0), timol (%15.5), 4-vinil guaiakol (%4.3), heksil asetat (%3.6) ve trans-teaspiran (%2.6) oldu.

Altameme [68] *Capparis spinosa* L.'nin kök ve yapraklarının kimyasal bileşenlerini araştırdığı çalışmada GC-MS ve FTIR analizleri kullanıldı. Araştırmada kapari bitkisinin kökünde, spiro[2.4] heptan-4-one'un varlığını ortaya çıkardı; oksasiklododekan-2-on oksasiklododekan-2-on; d-glukoz, 6-o-a-d-galaktopiranozil; dimetil fumarat; 2-piridinasetik asit, heksahidro; dl-lösin, n-glisil; 6-asetil-pd-mannoz; 4-amino-1,5-pentandioik asit; 4h-piran-4-on, 2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil; 2h-benzotriazol, 2-metil; asetat, [3-(asetiloksi)-4,5-dihidro-5-izoksazolil]metil; a-d-glukopiranozid, o-a-d-glukopiranozil-(1.fwdarw.3)-p; thieno [2,3-d] pirimidin-6-karboksilik asit, 5-metil-4-okso-3;1h-benzotriazol, 1-metil-; benzoik asit, 4-metil, [4-(metoksikarbonil)fenil]metil; 2,5-oktadekadiynoik asit, metil ester; 2-(2-azepan-1-il-2-oksoetil)-1-hidroksi-1-fenil-oktahidro; 9-heksadekenoik asit; propanoik asit, 2-(3-asetoksi-4,4,14-trimetilandro-8-en-; 2,7-difenil-1,6-dioksopiridazino[4,5:2',3']pirrolo[4', 5'-d]piriko bileşenleri tespit edilirken; yaprak özütlerindeki gc-ms testi, be3-azabutil-1-ol, 4-siklopropil-3,3-dimetil-, bromür; metil 6-oksoheptanoat; 5-oksoheksanetioik asit, st-butyl ester; 1-metil-2-pirrolidineeetanol; dl-lösin, n-glisil-; 4-heksenal, 6-hidroksi-4-metil-, dimetil asetal, asetat, (z); oktanoik asit, 6-hidroksi

-8-metoksi-, e-lakton; ditiyokarbamat, s-metil, n-(2-metil-3-oksobütıl); 1-metil-pirrolidin-2-karboksilik asit; pirrolizin-1,7-dion-6-karboksilik asit, metil (ester); 2-sikloheksilpiperidin; a-l-galaktopiranoz, 6-deoksi, siklik 1,2,3,4-bis (metilboro); n- (1hidroksi-4-okso-1-fenilperhidrokinolizin-3- il)karbamik; dl-1,6-diaminoheptandioik asit; kolestan-3-ol, 2-metilen, (3 β ,5a)-; 3,6-diazahomoadamantan-9-on hidrazon; 17-oktadesinoik asit; n-heksadekanoik asit; dstreptamin, o-6-amino-6-deoksi-a-d-glukopiranozil; 9,12,15-octadecatrienoik asit, (z,z,z)-; 5,8,11- heptadekatrienoik asit, metil ester; 18-nonadekanoik asit; 3',8,8'-trimetoksi-3-piperidil-2,2'-binaftalen1,1',4,4'-tetr ve (+)-y-tokoferol, o-metil bileşenlerinin varlığı saptandı. Araştırmada FTIR analizi sonucunda ise hem bitki kökünde hem de yaprağında alkan, alken, ester, eter ve karboksilik asit bileşenlerinin varlığı tespit edildi.

Alipour vd. [69] İran'da yetişen kapari bitkisinin meyvelerindeki kimyasal bileşenleri belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında GC-MS analizi ile beş farklı kapari türünün kimyasal bileşenlerini belirlendi. Araştırma sonucunda kapari meyvelerinin %0,55-1,46 aralığında değişen oranlarda uçucu yağ içerdiği, GC-MS analizi sonucunda uçucu yağların izopropil izotiyosiyanat (%5.5-13.7), metil sülfonil heptil izotiyosiyanat (%4.6-15.6), butilizotiyosiyanat (%3.6-10.6), c-terpinen (%4.4-9.2) ve timol (%22,9-37.1) olmak üzere 31 farklı bileşen türü içerdiği belirlendi.

İzlanda'nın Lipari şehrinde yetişen *Capparis spinosa* bitkisinin kimyasal bileşenlerinin belirlenmesinin amaçlandığı başka bir araştırmada *C. spinosa* L.'den alınan çiçek tomurcuğu örnekleri kaynatma, Soxhlet ve mikrodalga ekstraksiyon tekniklerine tabi tutulmuş ve bitkinin fitokimyasal ve antioksidan profillerini daha iyi karakterize etmek için tek tek ekstraktlar incelendi. Araştırmada *Capparis spinosa* L. örneklerinin yağ asidi yüzdesi ve uçucu yağ bileşimi sırasıyla GC ve GC-MS teknikleri ile tespit edildi. Araştırma sonucunda *C. spinosa*'nın çiçek tohumlarında yağ asidi olarak en fazla palmitik asit tespit edildiği, uçucu yağ bileşeni olarak da en fazla rastlanan uçucu yağ bileşeninin dokosan olduğu belirlendi. Araştırmada *C. spinosa* çiçek tomurcuklarının GC-MS sonuçları değerlendirildiğinde en fazla dokosan (%20,42), nonakosan (%16,72) ve heksadekanoik asitin (%14,22) en fazla bulunan bileşenler olduğu; 2,4-dimeil -1-hepten (%2,45), hekzanal (%1,02), tetradekan (%1,00), pentadekan (%1,07), hekzadekan (%1,19), Trikosan (%1,35), pentakosan (%3,25), heptakosan (%9,09) ve oktadekanoik asit (%1,55) bileşenlerinin ise %1'in üzerindeki oranlara sahip uçucu bileşenler olduğu tespit edildi [70].

Bakr ve Bishbishy [71], Mısır'da yetişen *Capparis spinosa* türünün bioaktif bileşenlerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında uçucu yağ bileşenlerini tespit etmek için GC-MS analizi kullandılar. Araştırmada GC-MS analizi sonuçlarına göre 30 farklı uçucu bileşen belirlendiği; baskın içeriğin metil izotiyosiyanat (%24,66) ve izopropil izotiyosiyanat (%12,44) olduğu; p-simen (%2,93), bütil izotiyosiyanat (%3,2), α -kopen (%4,57), tujon (%1,81), karyofilen (%2,91), kamfor (%1,66), hümulen (%4,24), 1,2,3,5,6,8a-Hekzahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-naftalin (%5,56) ve γ -Muurolene (%2,6) gibi bileşenlerin %1'in üzerindeki oranlara sahip uçucu bileşenler olduğunu tespit ettiler.

Stefanucci vd. [72] kapari bitkisinin kimyasal bileşenlerine farklı coğrafi özelliklerin etkilerini belirlemeyi amaçladıkları çalışmalarında Türkiye, Fas ve İtalya'dan topladıkları *Capparis spinosa* L. örneklerini kimyasal bileşenleri açısından karşılaştırdılar. GC-MS yöntemiyle uçucu yağ analizleri gerçekleştirilen araştırmada Fas'tan toplanan *C. spinosa* örnekleri, tüm ekstraksiyon türleri arasında en yüksek fenolik içeriği gösterirken, bunu İtalya ve Türkiye'den toplanan örneklerin izlediği belirlendi. En yüksek rutin içeriğine sahip örneklerin İtalya'dan toplanan örnekler olduğu belirlenirken, Soxhlet ve mikrodalga özlerinde en yüksek aktiviteye sahip örneklerin Fas'tan toplanan *C. spinosa* örnekleri olduğu tespit edildi. En yüksek asetilkolinesteraz inhibitör aktivitesi Turkish Soxhlet ve Fas örneklerinde gözlenirken, en iyi butirilkolinesteraz inhibitör etkileri de İtalyan örneklerinde tespit edildi. Türkiye'den toplanan kapari örneklerinde α -linoleik asidin baskın yağ asidi (%28,65) olduğu, n-hekzadekanoik asitin de tüm kapari örneklerinde baskın bileşen olduğu tespit edilmiştir (İtalya kapari örnekleri %13,9, Türkiye örnekleri %25,03 ve Fas örnekleri %36,67) olarak belirlendi.

Argentieri vd. [73] *Capparis spinosa* sbp. *rupestris* türünün kimyasal bileşenlerini inceledikleri araştırmalarında uçucu yağ analizinde GC, GC-MS, FTIR vb. analizleri kullandılar. Araştırma sonucunda bitki tohumlarının ascis-vaccenic asit gibi doymamış yağlar ve nadir lipidler açısından zengin olduğu, ana glukosinolatın glukokapperin olduğu ve rutin ile karakterize edilen baskın flavonoidlerin bulunduğu saptandı.

Kart [74] kapari bitkisinin bioaktif ve farmakolojik özelliklerini araştırdığı çalışmada *C. Spinosa*, *C. Ovata* ve *C. Decidua* olmak üzere üç farklı türdeki kapari bitkisinin yaprak ve tomurcuklarının kimyasal bileşenlerini araştırdı. Araştırma sonucunda kapari bitkisinin tomurcuk ve yapraklarının fenolik bileşenler açısından oldukça zengin olduğu ve bu bileşenlerin fitokimyasal antioksidan grubunu oluşturduğunu; *C.*

spinosa türünün rutin ve quercetin açısından zengin olduğunu; kapari bitkisinin tüm türlerinin antioksidan, analjezik, anti-inflamatuar, diüretik, antitümöral, balgam söktürücü, hipolisemik, antialerjik, antibakteriyel, antifungal, antihipertansif, antihiperlipidemik etkilere sahip olduğu belirlendi.

Aksay [75], farklı fermantasyon yöntemlerinin kaparilerin biyoaktif bileşenleri üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmada kapari bitkisinin tohum ve meyvelerinin fenolik içeriklerini ve antioksidan aktivitesini HPLC-DAD-ESI-MSⁿ yöntemiyle belirlendi. Araştırma sonucunda DPPH yöntemiyle tohum ve meyveye yönelik yapılan antioksidan kapasitenin 16-21 ve 11-15 µM Trolox/kg; ABTS yöntemi ile 23-26 ve 8-18 µM Trolox/kg aralığında farklılaştığı saptandı. Araştırmada ayrıca kapari tohumlarının ve meyvesinin fermantasyon işlemi sonucunda antioksidan kapasitesinin ve fenolik madde miktarının azaldığı sonucuna ulaşıldı.

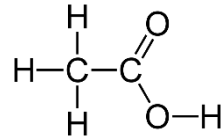
Bu bağlamda araştırmada kapari bitkisinin kimyasal bileşenlerine ilişkin elde edilen bulguların literatürdeki çalışmalarda ulaşılan bulgularla büyük ölçüde benzerlikler gösterdiği ancak bitki türü, kullanılan kimyasal analiz yöntemi ve bitkilerin elde edildiği coğrafi koşulların farklılığı gibi unsurlar nedeniyle birtakım farklı bileşenlerin belirlenmesinde etkili olduğu söylenebilir.

4.1.1 GC-MS ile tespit edilen bileşenlerin özellikleri

4.1.1.1 Asetik asit (Etanoik Asit)

Formül: C₂H₄O₂

Molar Kütle: 60,052 g/mol



Şekil 4.1. Asetik asit molekülü

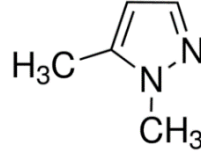
Sirkeye keskin ve ekşi tadını vermesiyle en fazla bilinen asetik asit, organik asitler sınıfında yer almaktadır. Karboksilik asit grupları içerisinde formik asitten sonraki en zayıf asitlerden olup, ürünlere asitlik ve lezzet kazandırmakta ve şelatlayıcı, koruyucu ve solvent görevi görmektedir. Renksiz, saydam, korozif ve suda çözünen özelliğe sahip olan asetik asit farmasötik ve kozmetik ürünlerinde, sirke üretiminde, apre dağlama üretiminde, deri

sanayisinde, koagülatör olarak kauçuk imalatında ve boya üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır [76].

4.1.1.2 1H-pirazol 1,5-dimetil

Formül: C₅H₈N₂

Molar Kütle: 96,13 g/mol



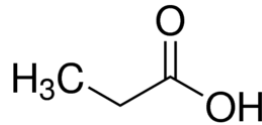
Şekil 4.2. 1,5 dimetilpirazol molekülü

Pirazolonlar heteroaromatik yapıli bileşikler olup, antipirektik, antienflamatuar ve protein kinaz inhibitörleri gibi farmakolojik özelliklere sahiptir. Yaygın kullanım alanına sahip pirazolonların, bitki büyüme sürecinde düzenleyici mekanizmalara girerek toksisik etki gösterdiği belirlenmesine rağmen, mantar öldürücü, bakterisid ve herbisit olarak da kullanıldı. Pirazol bileşikleri son dönemlerde doğal ve sentetik tekstil boyama endüstrisinde ve deri ve kauçuk imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır [77].

4.1.1.3 Propanoik asit

Formül: C₃H₆O₂

Molar Kütle: 74,08 g/mol



Şekil 4.3. Propanoik asit molekülü

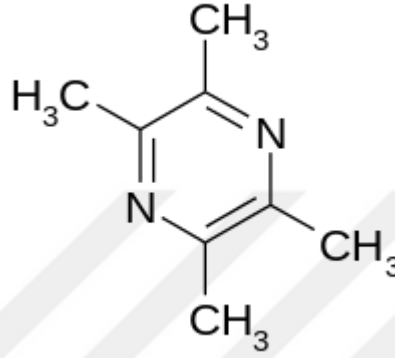
Enzimler tarafından sindirilemeyen polisakkaritler, kalınbağırsaklarda bulunan anaerob bakteriler vasıtasıyla fermantasyona uğrayarak kısa zincirli yağ asitlerine dönüştürölmektedir. *Lactobacillus*, *Bacteroides* ve *Bifidobacterium* türü bakteriler propanoik asit, asetik asit ve bütirik asit oluşumunu sağlayan en önemli türlerdir. Bağırsaklardaki enterik bakterilerin, yüksek orandaki hücresel yağ asidi metabolizmaları sonucunda ortaya çıkan kısa zincirli yağ asidi olan propanoik asitler, diyet ya da enterobakteriyel olarak türetilen metabolitlerle yakından ilişkilidir. Kan-beyin ve bağırsak-

beyin gibi lipid zarlarını kolaylıkla geçen zayıf organik asitlerden olan propanoik asidin, beyin metabolizmalarında önemli rol üstlenen nöronlar ve glia tarafından kullanılmaktadır [78].

4.1.1.4 Tetrametilpirazin

Formül: $C_8H_{12}N_2$

Molar Kütle: 136,19 g/mol



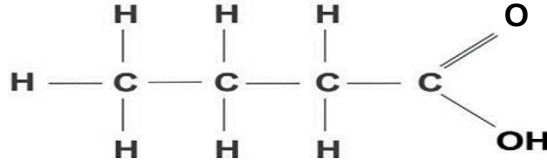
Şekil 4.4. Tetrametilpirazin molekülü

İlk kez 1957 yılında izole edilen tetrametilpirazinin, TMP fosfat ve hidroklorür türleri dahil olmak üzere toplam 174 farklı türü Çin’de tedavi amaçlı kullanımı oldukça yaygındır. Sirke tozunda kullanılan biyoaktif bileşenlerden biri olan Tetrametilpirazin’in (TMP) farmakolojik özelliği üzerinde yapısal formülünün belirleyici rol üstlendiği, ve 2-bromometil-3,5,6-trimetilpirazin (TMP-Br), 3,5,6-trimetilpirazin-2-karboksilik asit (TMP)-COOH), 3,5,6-trimetilpirazin-2-il (TMP-OH) ve e 2,5-dimetilol-3,6-dimetilpirazin olmak üzere toplam dört ara formundan 300’den fazla farklı türevleri sentezlendi. Hücre içi kalsiyum taşınmasını engelleme ve cAMP üretimini artırma etkilerinin potansiyel mekanizması olduğuna ilişkin görüşler mevcut olup, trombosit salınımını baskıladığına ilişkin bulgular vardır. Perkütan koroner girişim uygulanan akut koroner sendrom hastaları üzerinde yapılan bir araştırmaya göre, tetrametilpirazin uygulanan hastaların trombosit aktivasyon düzeyini gösteren CD63 düzeyinde istatistiksel açıdan anlamlı düzeyde bir azalmanın meydana geldiği belirlendi [79].

4.1.1.5 3-Metil bütanoik asit

Formül: $C_4H_8O_2$

Molar Kütle: 102,13 g/mol



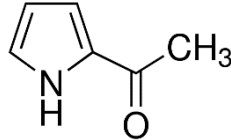
Şekil 4.5. 3-metil bütanoik asit molekülü

3-metil bütanoik asit literatürde yer alan çalışmalarda izobütil formik asit, 3-metil bütirik asit, izovalerik asit izopropil asetik asit, delfinik asit ve β -metil bütirik asit gibi farklı şekillerde adlandırılmaktadır. Dört karbonlu, karakteristik kokulu, renksiz ve yağsı bir yapıya sahip karboksilik asitlerden biri olan bütanoik asit, oda sıcaklığında hafif uçucudur. Yağ asitlerinin bir bileşeni olan bütirik asit aynı zamanda tereyağı asidi olarak da bilinmektedir. Bağırsak epitel hücrelerinin temel enerji kaynaklarından biri olan bütanoik asit, kısa zincirli yağ asitlerinden biridir. Bağırsakların iç yapısındaki mukozal tabakaya ve epitel hücrelerine sağladığı katkılar göz önünde bulundurulduğunda kolon kanserinin önlenmesinde etkililik düzeyi en yüksek olan yağ asidi olduğu düşünülmektedir [80].

4.1.1.6 Metil-2-pirol keton

Formülü: C_6H_7NO

Molar kütle: 109,13 g/mol



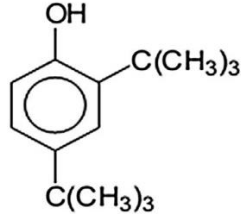
Şekil 4.6. Metil-2-pirol keton molekülü

Heteroaromatik moleküllerden biri olan pirol molekülü, yapısında azot atomu bulunmaktadır. $130^{\circ}C$ 'lik kaynama sıcaklığına sahip, renksiz bir sıvı olan pirol, ilk defa 1858 yılında izole edildi. Reaktif aromatik sistemlerden biri olan pirol molekülü, bu özellikleri sayesinde aromatik tepkimeler verebilmektedirler [81].

4.1.1.7 2,4 di-tert-bütil fenol

Formül: $C_{14}H_{22}O$

Molar Kütle: 206,32 g/mol



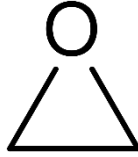
Şekil 4.7. Metil-p-tert-bütil fenil asetat molekülü

2,4-Di-tert-butilfenol veya 2,4-bis(1,1-dimetiletil)-fenol (2,4-DTBP), çeşitli organizma grupları tarafından üretilen yaygın bir toksik ikincil metabolittir. 2,4-di-tert-bütil fenol genellikle ihlal veya uçucu yağların önemli bir bileşenidir ve üreticiler de dahil olmak üzere 169 bakteri türünde (16 tür, 10 aile), mantar (11 tür, sekiz aile), diatom (bir tür, bir aile), ciğerotu (bir tür, bir aile), pteridiphyta (iki tür, iki familya), gymnospermiler (dört tür, bir familya), dikotlar (107 tür, 58 familya), monokotlar (22 tür, sekiz familya) ve hayvanlar (beş tür, beş familya) olmak üzere hemen hemen birçok organizma türüne karşı güçlü toksisite sergiler. 2,4-DTBP, 10 µg/mL IC50 değeri ile HeLa hücrelerine karşı dikkate değer bir sitotoksosite gösterdiği saptandı. 2,4-DTBP, standart ilaç Cisplatin'in yaptığı gibi, kanser hücre dizilerinde apoptotik genlerin uyarılmasında etkili olduğu belirlendi [82].

4.1.1.8 Etilen oksit heptamer

Formül: C₂H₄O

Molar Kütle: 44,03 g/mol



Şekil 4.8. Etilen oksit heptamer molekülü

Azot, dikloroflorometan ve karbondioksit gazlarıyla oluşturduğu patlayıcı olmayan karışımları, etkili dezenfeksiyon özelliğine sahiptirler. Etilen oksit heptamer dezenfeksiyon özelliğine bağlı olarak tıbbi malzemelerin dezenfeksiyon işlemlerinde kullanılmaktadır. Biyolojik olarak parçalanabilme özelliğine sahip olan etilen oksit heptamer, genellikle çamaşır deterjanı, şampuan ve bulaşık deterjanı üretiminde kullanılmaktadır [83].

4.1.1.9 Oktietilen glikol

Formül: $C_{16}H_{34}O_9 - H(OCH_2CH_2)_8OH$

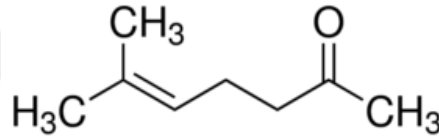
Molar Kütle: 370,44 g/mol

Parlatıcılar, deterjanlar, kozmetik ürünlerde bulunan, renksiz, kokusuz, visköz, şekerli, az alevlenen ve molekül ağırlığı düşük olan endüstriyel bir sıvı olan etilen glikol organik çözücülerde ve suda kolayca çözünabilmektedirler. Sindirim yolu ile alınan etilen glikol, hızla bağırsaklardan emilir. Oral yolla alınan etilen glikol, 1-4 saat içerisinde doruk kan düzeyine ulaşır. Etilen glikol 3-5 saat aralığında plazma yarılanma ömrüne sahiptir. Alkol yerine tüketilen etilen glikol, zehirlenmelere yol açabilmektedir. Etilen alkolün yüksek düzeylerde alınması koma ve ölüm olayları görülebilmektedir [84].

4.1.1.10 6-metil-5-hepten-2-one

Formül: $C_8H_{16}O$

Molar Kütle: 128,17 g/mol



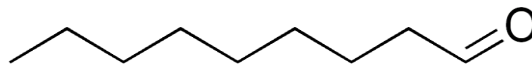
Şekil 4.9. 6-metil-5-hepten-2-one molekülü

Hasat sonrası depolanan meyve yüzeylerinde ortaya çıkan haşlanma şeklindeki bozunmalara neden olur. Dış kabukta 4-5 adet plastide sahip hücre katmanları olan ve yüzeyde esmerleşme şeklinde ortaya çıkan hipodermis meydana gelir. Depolarda bekletilen ürünlerde haşlanma şeklinde ortaya çıkan bozunma hızlanır. 6-metil-5-hepten-2-one meyve yüzeylerinde ortaya çıkan bu bozunmaların geciktirilmesinde ya da önlenmesinde kullanılabilir [85].

4.1.1.11 Nonanal

Formül: $C_9H_{18}O$

Molar Kütle: 142,24 g/mol



Şekil 4.10. Nonanal molekülü

Nonil aldehit veya pelargonaldehit olarak da bilinen nonanal, orta zincirli aldehitler olarak bilinen organik bileşikler sınıfına aittir. Bunlar, 6 ila 12 karbon atomu içeren zincir uzunluğuna sahip bir aldehittir. Bu nedenle nonanal, bir yağlı aldehit lipid molekülü olarak kabul edilir. Nonanal, bu bağlamda karbondioksit ile sinerjik olarak hareket eder. Nonanal çok hidrofobik bir moleküldür, suda pratik olarak çözünmez ve nispeten nötrdür. Nonanal, mayadan insanlara kadar tüm ökaryotlarda bulunur. Nonanal, aldehit, narenciye ve yağ tadı veren bir bileşiktir. Nonanal ortalama olarak mısır, çay ve zencefil gibi birkaç farklı gıdada en yüksek konsantrasyonda ve tatlı portakal, havuç ve misket limonunda daha düşük konsantrasyonda bulunur. Nonanal aynı zamanda zeytin, tahıllar ve tahıl ürünleri, Çin tarçını, sıradan üzüm ve yulaf gibi birçok farklı gıdada da tespit edilmiştir, ancak miktarı belirlendi. Bu, nonanal'i bu gıdaların tüketimi için potansiyel bir biyobelirteç yapabilir. Nonanal, Culex sivrisineklerini çeken bir bileşik olarak tanımlandı. Potansiyel olarak toksik bir bileşik olan Nonanal'in, başka türlü tanımlanamayan yaygın gelişimsel bozukluk, otizm, crohn hastalığı ve ülseratif kolit gibi çeşitli hastalıklarla ilişkili olduğu bulunmuştur; ayrıca nonanal, çölyak hastalığı da dahil olmak üzere doğuştan gelen metabolik bozukluklarla bağlantılıdır [86].

4.2 FTIR Analizi Sonuçları

Araştırma materyali olan kapari bitkisinin kurusu, tomurcuğu ve yaş meyvesinin bileşenlerini belirleyebilmek amacıyla yapılan FTIR analizi sonuçları Çizelge 4.4'te verildi.

Çizelge 4.4 FTIR analizi sonuçları

Grafik	Sonuçlar
KPR SON 1	14.12-2021-KPR SON 1.001 / Fluka.dlb Euclidean Search Hit List 0.613 F90160 TOMATINE 0.558 F37010 DIGITONIN 0.557 F75083 OCTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.556 F51980 HEPTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.535 F28707 B-CYCLODEXTRIN 0.535 F03773 ETHYLENE GLYCOL POLYMER-BOUND 0.533 F22130 (+)-CATECHIN 0.530 F49790 L(-)-GLYCERALDEHYDE UNNATURAL FORM 0.525 F22048 KAPPA-CARRAGEENAN 0.510 F54100 HYDROCORTISONE ACETATE
KPR SON 2	14.12-2021-KPR SON 2.001 / Fluka.dlb Euclidean Search Hit List 0.579 F90160 TOMATINE 0.554 F22048 KAPPA-CARRAGEENAN 0.547 F37010 DIGITONIN 0.529 F51980 HEPTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.528 F71160 NARINGIN 0.525 F22130 (+)-CATECHIN 0.520 F28707 B-CYCLODEXTRIN 0.518 F75083 OCTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.517 F49790 L(-)-GLYCERALDEHYDE UNNATURAL FORM 0.502 F03773 ETHYLENE GLYCOL POLYMER-BOUND
YASTEKRAR	14.12-2021-YAS TEKRAR.001 / Fluka.dlb Euclidean Search Hit List 0.656 F49790 L(-)-GLYCERALDEHYDE UNNATURAL FORM 0.593 F28707 B-CYCLODEXTRIN 0.551 F90160 TOMATINE 0.543 F51980 HEPTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.500 F75083 OCTYL-BETA-D-GLUCOPYRANOSIDE 0.494 F28705 A-CYCLODEXTRIN 0.480 F03773 ETHYLENE GLYCOL POLYMER-BOUND 0.472 F49135 L(-)-GLUCOSE 0.462 F22130 (+)-CATECHIN 0.459 F14880 BIS(2-HYDROXYETHYL)AMINO TRIS(HYDROXYMETHYL)METHANE

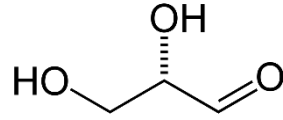
Şekil 4.11. Kapari FTIR spektroskopisi sonuçları

4.2.1 FTIR analizi sonucunda tespit edilen uçucu bileşenlerin özellikleri

4.2.1.1 L-gliseraldehit

Formül: C₃H₆O₃

Molar Kütle: 90,08 g/mol



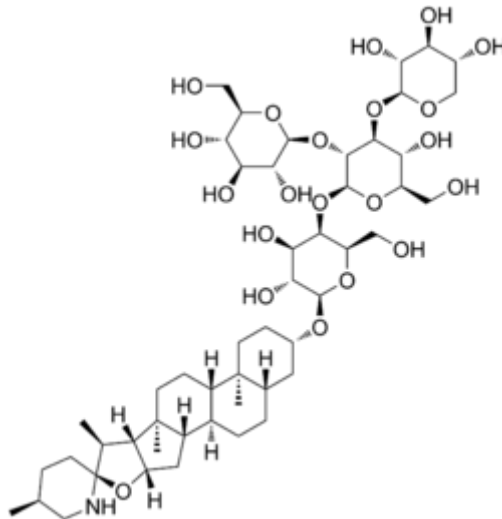
Şekil 4.14. L-gliseraldehit molekülü

Yapısında 3 oksijen ve 6 hidrojen bulunduran gliseraldehitler, tüm monosakkaridlerin yapılarında bulunmaktadır. En basit karbonhidratlar olan ve asimetrik karbon atomuna sahip olan gliseraldehitlerin, iki stereoizomeri bulunmaktadır. OH grubu, asimetrik karbonun sağında bulunuyorsa D-gliseraldehid, solunda bulunuyorsa L-gliseraldehit olarak adlandırılmaktadır. Beslenmede, polyester ve yapıştırıcıların hazırlanmasında, selüloz değiştirici olarak ve derinin tabaklanmasında ve aynı zamanda biyokimyasal araştırmalarda da kullanılır. “D” stereoizomeri, şekerler ve amino asitler gibi diğer moleküllerle karşılaştırılabilecek en basit moleküllerden biri olduğu için “referans” kimyasal olarak kullanılır. D-gliseraldehitin merkezi karbonu etrafındaki alkol ve aldehit gruplarının yapısı, bilim adamlarının glikoz gibi diğer basit şekerlerin yapısını ve isimlendirmesini (kimliğini) değerlendirmesine yardımcı olur [87].

4.2.1.2 Tomatin

Formülü: $C_{50}H_{83}NO_{21}$

Molar Kütle: 1034,18



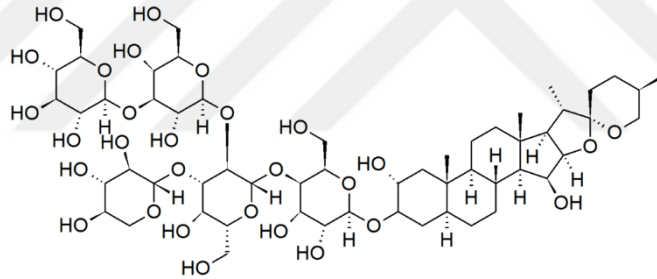
Şekil 4.15. Tomatin molekülü

Steroid al glikoalkaloid grubunda yer alan tomatin, kolesterol türevi olan bir aglikon ve bir d-galaktoz, iki d-glukoz ve bir d-sikloz birimlerinden meydana gelen karbonhidrat zincirinden oluşmaktadır. İlk dönemlerde arginin ile birlikte kolesterolün oksidasyonu, hidroksilasyonu ve aminasyonunu meydana getirdiği düşünülürken, glikoalkoloid genlerinin keşfedilmesiyle birlikte tomatinin patates ve domates bitkilerinde glikoalkoloid metabolizma enzimlerini ürettiği belirlendi. Tomatinin insanlar üzerindeki toksisitesi araştırılmamış olmasına rağmen, hayvanlardaki toksik etkisinin araştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Hayvanlarda akut tomatin zehirlenmesinin kusma, ishal, karın ağrısı, uyuşukluk, konfüzyon, halsizlik ve depresyon gibi semptomlarının olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, tomatinin memeliler üzerinde solanin gibi diğer alkaloidlerden daha az toksik etkiye neden olduğu kabul edilir [88].

4.2.1.3 Digitonin

Formül: $C_{56}H_{92}O_{20}$

Molar Kütle: 1.229,323 g/mol



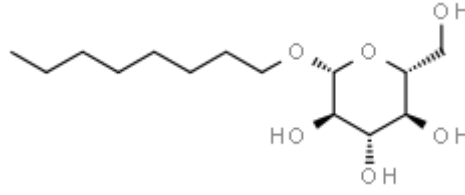
Şekil 4.16. Digitonin molekülü

Steroid içrikli bir saponin olan digitonin, lipidlerin suda etkili bir şekilde çözünmesini sağladığı için deterjan üretimi çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Digitonin, çözücü özelliği nedeniyle biyokimyada membran proteinlerini çözündürmek, kolesterolü çöktürmek ve hücre zarlarını geçirgen kılmak dahil olmak üzere, membranla ilgili birkaç potansiyel uygulamada kullanılmaktadır [89].

4.2.1.4 Oktil-β-D-glukopiranosid

Formül: $C_{14}H_{28}O_6$

Molar Kütle: 292,37 g/mol



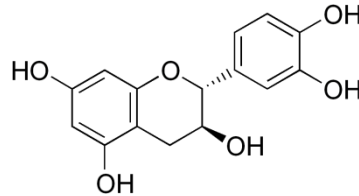
Şekil 4.17. Oktil- β -D-glukopiranosid molekülü

Oktil- β -D-glukopiranosid, zara bağlı proteinlerin doğal hallerinde çözündürülmesine ve lipid veziküllerinin hazırlanmasına yönelik iyonik olmayan bir deterjandır. n-Octyl- β -D-glucopyranosid, iyi tanımlanmış bir kimyasal yapıya, küçük homojen misellere ve yüksek suda çözünürlüğe sahiptir; bu, n-octyl- β -D-glucopyranoside'ı membran çözünürlüğü için diğer iyonik olmayan deterjanların çoğundan üstün kılar. Yüksek kritik misel konsantrasyonu (20-25 mM) nedeniyle, n-octyl- β -D-glucopyranoside, safra tuzlarına kıyasla diyaliz ile kolayca uzaklaştırılma avantajına sahiptir. n-octyl- β -D-glucopyranoside ayrıca N-octyl glucoside, OGP, OG, n-octylglucoside ve oktil- β -D-glucopyranoside olarak da bilinir [90].

4.2.1.5 Kateşin

Formülü: $C_{15}H_{14}O_6$

Molar Kütle: 290,26 g/mol



Şekil 4.18. Kateşin molekülü

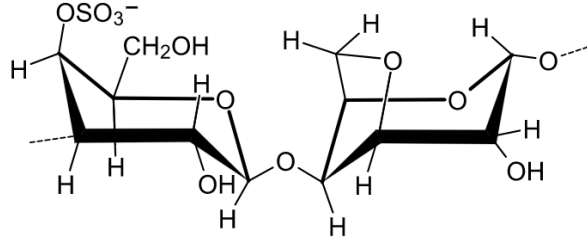
C_3 atomunda $-OH$ grubu içermesi nedeniyle flavan-3-ol olarak adlandırılan kateşin, yaygın olarak (2R, 3S)-2-(3,4-dihidroksifenil) -3,4-dihidro-2 H -kromen-3,5,7-tiol şeklinde adlandırılmaktadır. Flavanoidlerin flavanol sınıflarında yer alan kateşinler, ara ürün olarak flavonoid biyosentez reaksiyon mekanizmalarında bulunurlar. Kateşinlerin yapısında bulunan hidroksil gruplar ve bu grupların pozisyonları, ona yüksek antioksidan özelliği kazandırmaktadır. Antioksidan enzimleri artıran kateşin, serbest radikallerin ortaya çıkardığı peroksil, süperoksit ve peroksil radikalleri yok edebilmektedir. Renksiz ve acı bir madde

olan kateşin suda çözünebilmekte ve birçok maddeyle tepkimeye girerek karmaşık yapılı ürünler oluşturabilmektedirler [91].

4.2.1.6 κ-karragenan

Formül: $C_{24}H_{36}O_{25}S_2^{-2}$

Molar Kütle: 788,7 g/mol

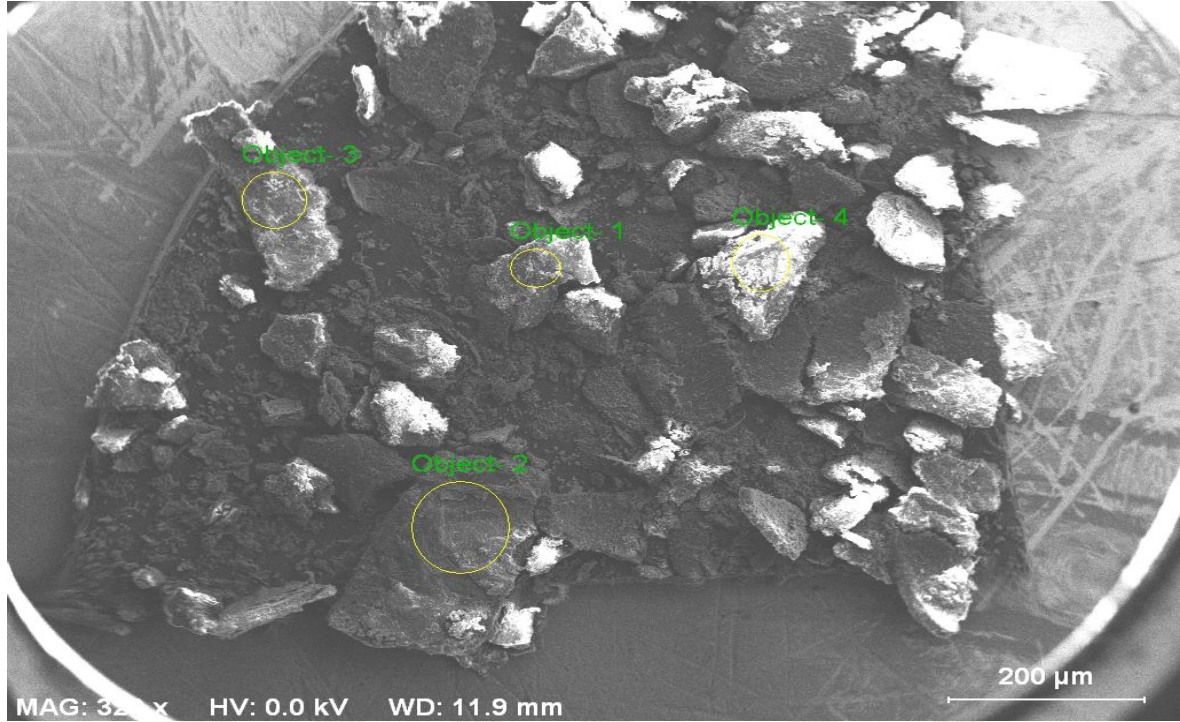


Şekil 4.19. κ-Karragenan molekülü

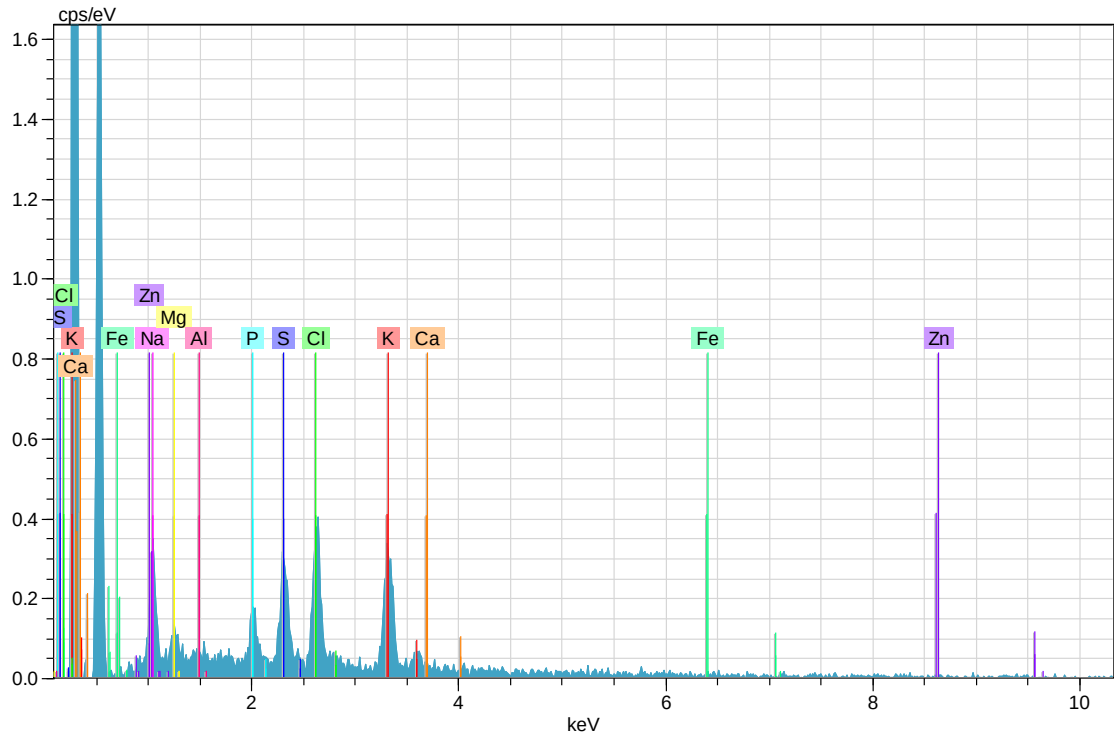
Karragenan'ın yapısında bulunan anyonik ester sülfat grupları, proteinlerin pozitif yüklerine bağlanarak kıvamlı bir gıda yapısının oluşmasını sağlamakta ve stabilize edilmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu özelliği karragenanın gıda sektöründe lezzetlendirme, kalınlaştırma ve jelleşme basamaklarında kullanılmasını sağlamaktadır. Peynirlerin sertleştirilmesinde önemli rol oynayan karragenan, yumuşak dokulu peynirin sertleştirerek rendelenmesi amacıyla gıda sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Karragenan antitrombotik ve antikoagülan, immünomodülatör, antiviral, antioksidan, antitümörjenik etkilere sahip olan çeşitli biyolojik aktivitelere sahiptir [92].

4.3 SEM-EDX Sonuçları

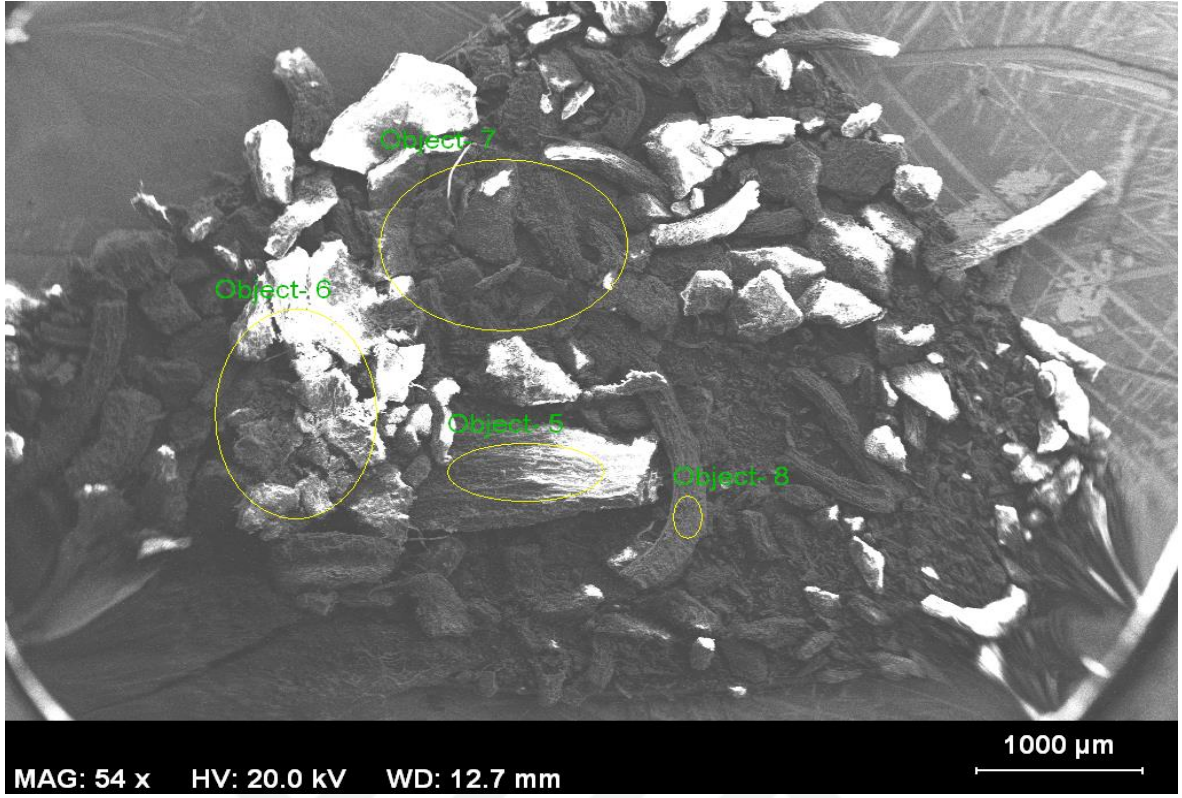
Araştırmada kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımları için iki aşamalı SEM-EDX görüntüleri alınmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda verildi.



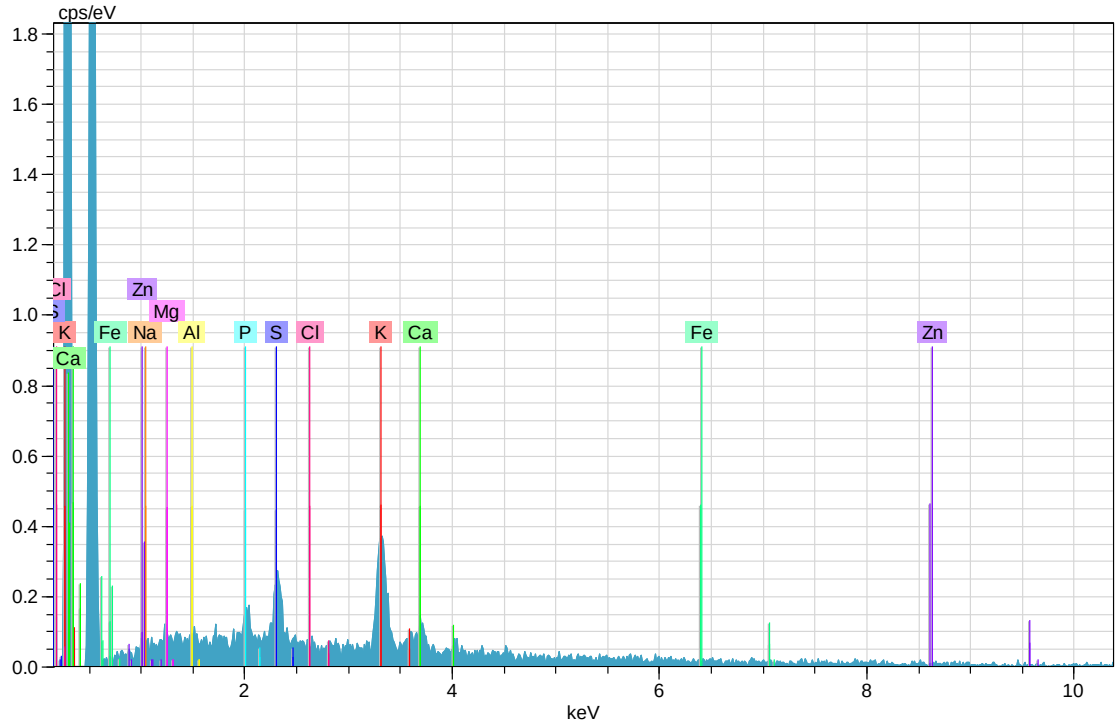
Şekil 4.20. Kapari tohumuna ait SEM-EDX görüntüsü



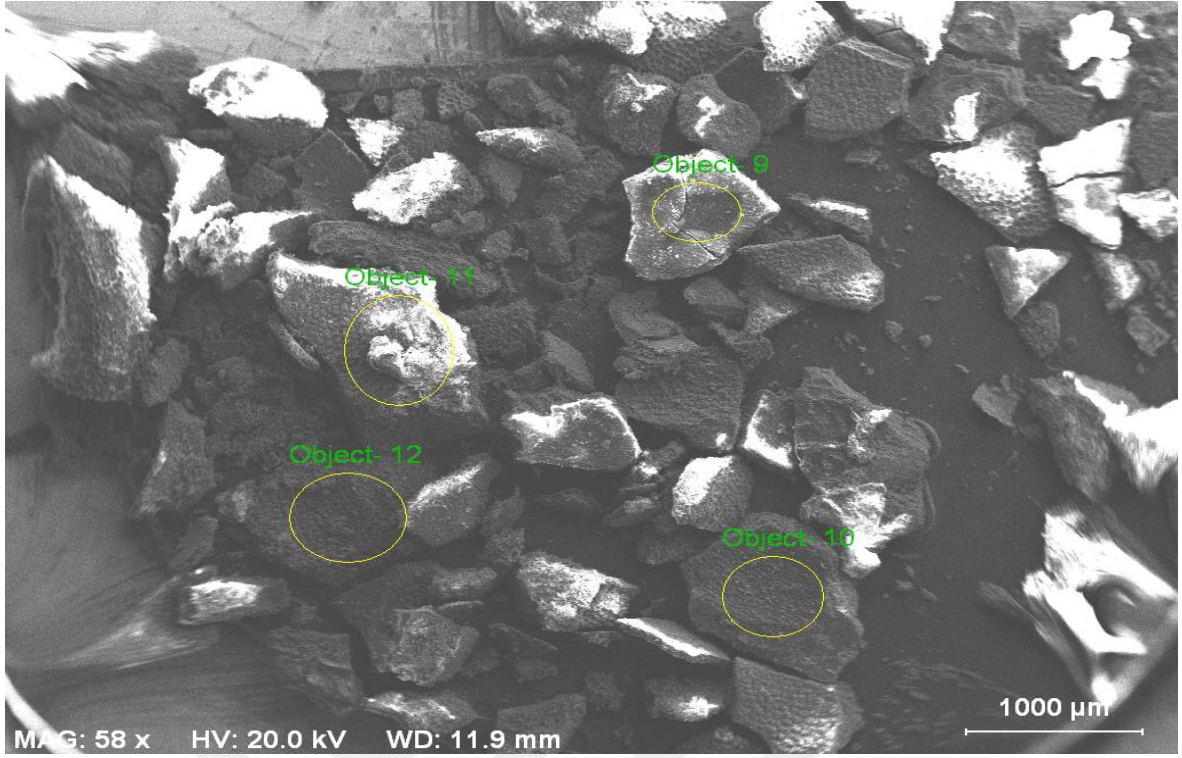
Şekil 4.21. Kapari tohumuna ait SEM-EDX sonuç grafiği



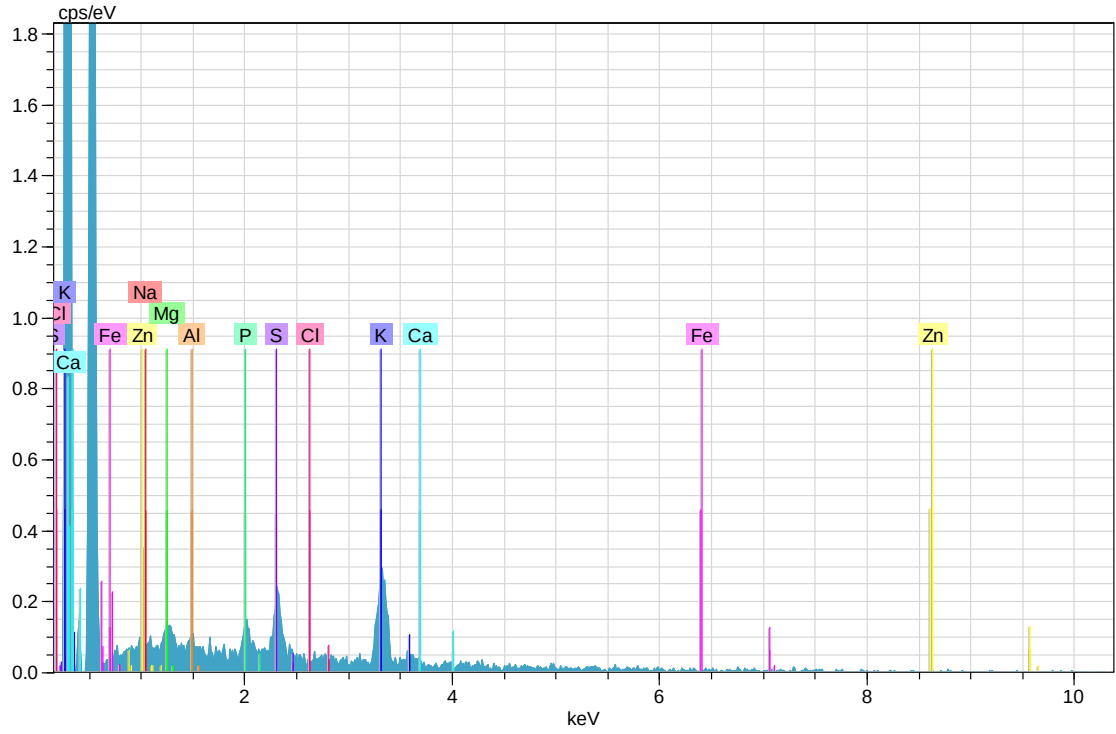
Şekil 4.22. Kapari tomurcuğuna ait SEM-EDX görüntüsü



Şekil 4.24. Kapari tomurcuğuna ait SEM-EDX sonuç grafiği



Şekil 4.25. Kapari meyvesine ilişkin SEM-EDX görüntüsü

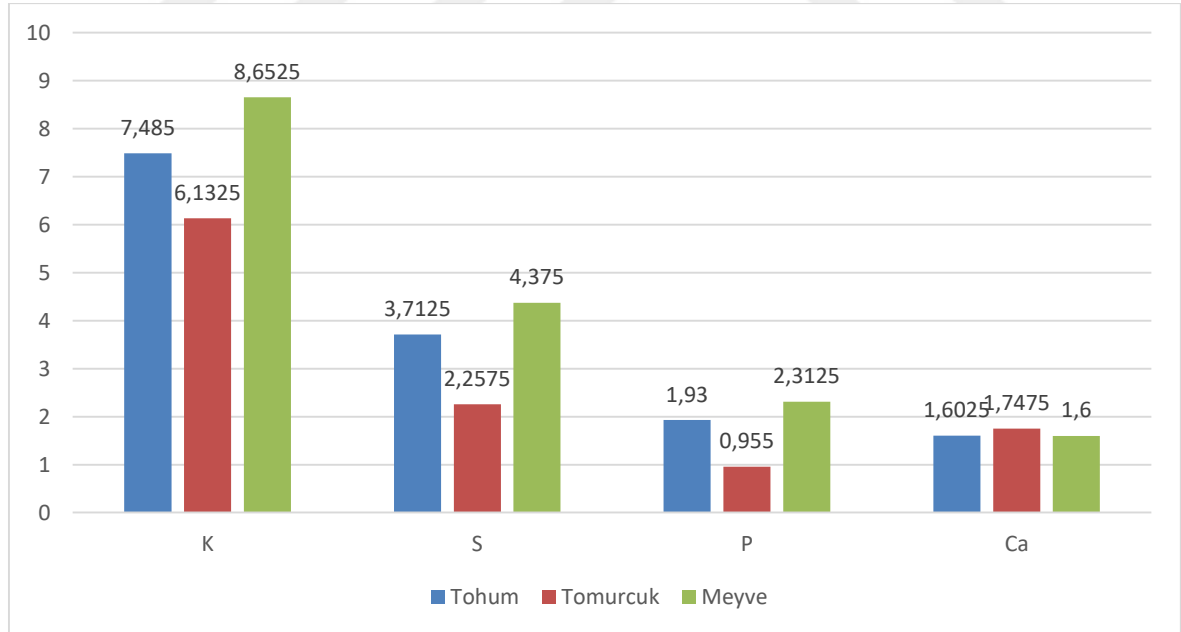


Şekil 4.26. Kapari meyvesine ilişkin SEM-EDX sonuç grafiği

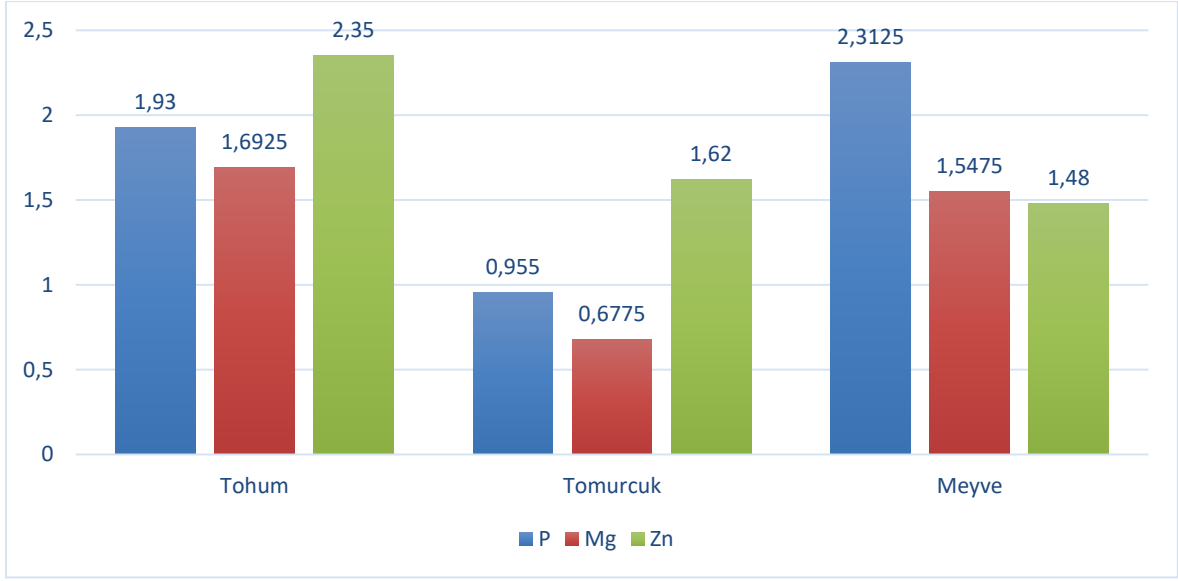
Çizelge 4.4. K, Cl, S, Na, P, Mg, Zn, Al, Ca ve Fe için kütleli ortalama ve standart sapmaları (%)

Eser Element	Kapari tohumu	Kapari tomurcuğu	Kapari meyvesi
K	7,48±0,35	6,13±0,28	8,65±0,35
Cl	3,86±0,23	0,46±0,08	1,16±0,13
S	3,71±0,23	2,26±0,15	4,37±0,23
Na	1,70±0,80	0,02±0,03	0,03±0,05
P	1,93±0,15	0,96±0,10	2,31±0,15
Mg	1,70±0,20	0,68±0,08	1,55±0,15
Zn	2,35±0,28	1,62±0,20	1,48±0,20
Al	1,43±0,15	0,32±0,05	1,41±0,15
Ca	1,60±0,13	1,75±0,10	1,60±0,13
Fe	1,44±0,20	1,11±0,10	1,28±0,15

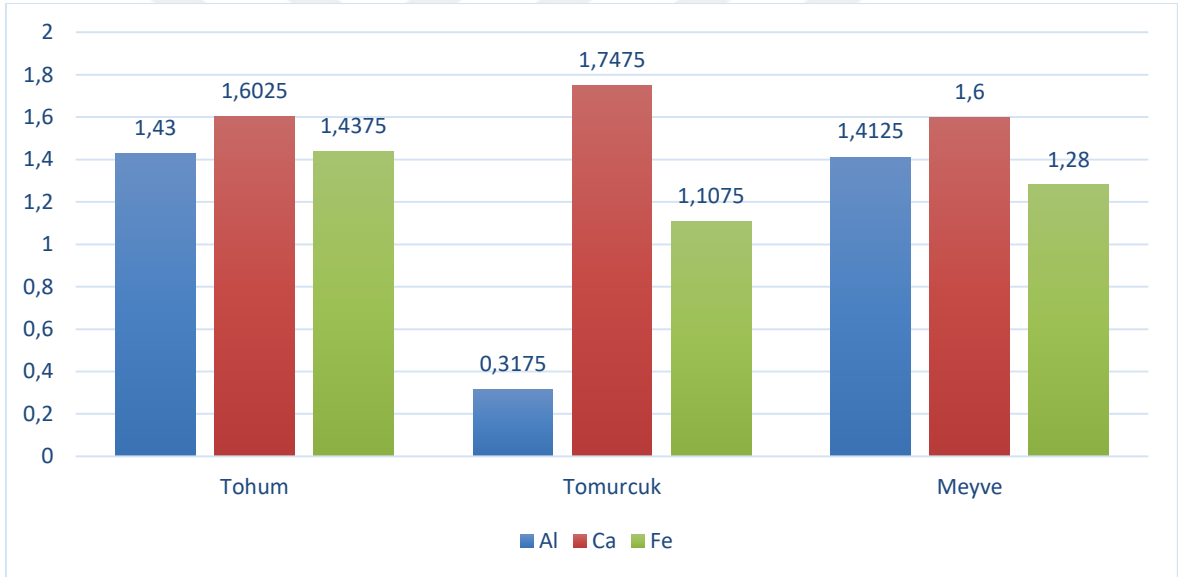
Kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımlarına ilişkin eser element değeri incelendiğinde K, S ve P elementinin en fazla meyve kısmında bulunurken en az tomurcuk kısımlarında; Cl, Na, Mg, Zn, Al ve Fe elementinin en fazla tohum, en az tomurcuk kısmında; Ca elementinin ise en fazla tomurcuk kısmında bulunduğu görölürken tohum ve meyve kısımlarında benzer oranlarda bulunduğu; tohum ve meyve kısımlarının K, S, P, Mg, Al ve Fe elementleri bakımından benzer oranlarda bulunduğu gözlemlendi.



Şekil. 4.27. SEM-EDX sonucuna göre K, Cl, S, Na için kütleli oran kıyaslaması



Şekil. 4.28. SEM-EDX sonucuna göre P, Mg ve Zn için kütle oran kıyaslaması



Şekil. 4.29. SEM-EDX sonucuna göre Al, Ca ve Fe için kütle oran kıyaslaması

Kapari bitkisinin SEM-EDX sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde hem meyve, hem tomurcuk hem de tohum kısmının C, H ve O elementlerinden sonra en fazla içerdiği elementin K olduğu; tohum kısmının en fazla içerdiği dört elementin K, Cl, S ve Zn; tomurcuk kısmının K, S, Ca ve Zn; meyve kısmının ise K, S, P ve Ca olduğu görülmektedir.

Hücrelerin düzenli çalışmasında etkili olan elementlerden biri olan potasyum, vücuttaki sıvı-elektrolit dengesini sağlayarak kalp kası ve iskelet sisteminin sağlığı açısından oldukça önemlidir. Potasyumun en fazla bilinen etkilerinden biri de kardiyovasküler hastalıkların ve hipertansiyonun önlenmesinde ve tedavisinde etkilidir.

Metabolizma hızı üzerinde etkili olan klor da insan vücudunun ihtiyaç duyduğu önemli bir mineral olup, klor eksikliği böbrek rahatsızlıkları başta olmak üzere kalp yetmezliği, akciğer hastalıkları, uzun süreli ishal ve kusma ve kalp yetmezliği gibi hastalıkların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Diş, kemik, cilt, kas ve saçların yanı sıra aynı zamanda bağ dokuların da sağlığı açısından önemli olan kükürt, kan şekerinin ve yağ metabolizmasının düzenlenmesi açısından da önemli rol oynamaktadır. Kükürt eksikliğinde tırnak kırılması, saç tellerinin kırılması, cilt kuruluğu gibi durumlar sıklıkla görülebilmektedir. İnsan vücudunda en fazla bulunan elementlerden biri olan kalsiyum ve fosfor kemik ve diş sağlığı açısından oldukça önemli olup aynı zamanda kasların kasılmasını ve kalp atışını düzenlemektedir. Kalsiyum ve fosfor eksikliğinde yetişkinlerde osteoporoz çocuklarda ise raşitizm hastalığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bağışıklık sistemini güçlendiren çinko, kükürt gibi saç, tırnak ve cilt sağlığı açısından da önemli rol oynamaktadır. Çinko eksikliğinde bağışıklık sisteminde zayıflama, iştahsızlık, gece körlüğü, bulanık görme, vücuttaki yaraların iyileşme süresinin artması gibi rahatsızlıklar gözlenebilmektedir [93]. Minerallerin vücut sağlığı açısından önemi göz önünde bulundurulduğunda kaparinin zengin mineral içeriğine sahip olması açısından sinir sistemi, iskelet sistemi, diş ve kemik hastalıkları ve cilt hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde etkili olabileceği söylenebilir.

4.4 Elemental Analiz Sonuçları

Kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımları olmak üzere toplam üç numuneye elementel analiz yapılmış ve ulaşılan sonuçlar Çizelge 4.4'te verildi.

Çizelge 4.5. Elemental analiz sonucunda kapari bitkisinin kısımlarında belirlenen C, H, N ve S oranları (%)

Numune Adı	%C	%H	%N	%S
Tohum	44.93	6.713	3.766	1.035
Tomurcuk	43.27	6.877	4.839	1.293
Meyve	44.11	6.302	5.540	1.399

Kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımlarındaki C, H, N ve S oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılan elemental analiz sonucunda tohum kısmında toplam C, H, N ve S oranının % 56,44; tomurcuk kısmında %56,28 ve meyve kısmında ise %57,35 olduğu belirlendi. Elemental analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde C, H, N ve S oranlarının meyve kısmında en yüksek düzeyde olduğu görülürken, kapari bitkisinin tüm kısımlarında C, H, N ve S oranlarının benzer düzeyde olduğu görülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımlarının analizlerinin gerçekleştirildiği bu araştırmada, kapari bitkisi ticari bir işletmeden temin edildi. GC-MS analiz sonucunda uçucu bileşenlerin türlerinin ve oranlarının bitkinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımlarına göre kısmen farklılık gösterdiği belirlendi. Kapari bitkisinin yaş meyvesine yönelik yapılan FTIR analizi sonucunda “koenzim Q10” bileşenine rastlanmıyorsa da yaş meyvede yapılan ikinci FTIR analizi sonucunda “koenzim Q10” bileşenine rastlanılmadı. FTIR analizi sonucunda etilen glikol polimer-bound, heptil-beta-D-glukopiranosid, oktil-beta-D-glukopiranosid ve tomatin bileşenlerinin tüm numunelerde; dodesil-B-D-glukopiranosid, p-naftalolbenzen (alfa), sodyum tetratiyonat dihidrat ve tiyodietilen glikol bileşenlerinin yalnızca tomurcuk; bis(2-hidroksietil)amino-tirs(hidroksimetil)metan, L(-)-glukoz ve α -siklodekstrin bileşenlerinin yalnızca yaş meyve ve hidroksikortizon asetat, L(-)-gliseraldehid ve κ -karragenan bileşenlerinin ise yalnızca kuru kapari numunelerinde görüldü.

Çizelge 5.1. Kapari bitkisine ilişkin FTIR analizi sonuçları

	Kuru Kapari	Tomurcuk	Yaş Meyve
Bis(2-hidroksietil)amino-tirs(hidroksimetil)metan	-	-	+
Digitonin	+	+	-
Dodesil-B-D-glukopiranosid	-	+	-
Etilen glikol polimer-bound	+	+	+
Heptil-beta-D-glukopiranosid	+	+	+
Hidroksikortizon asetat	+	-	-
Kateşin	+	-	+
L(-)-gliseraldehid	+	-	-
L(-)-glukoz	-	-	+
Oktil-beta-D-glukopiranosid	+	+	+
P-naftalolbenzen (alfa)	-	+	-
Sodyum tetratiyonat dihidrat	-	+	-
Tiyo dietilen glikol	-	+	-
Tomatin	+	+	+
α -siklodekstrin	-	-	+
β -siklodekstrin	+	-	+
κ -karragenan	+	-	-

Kapari bitkisinin kuru, tomurcuk ve yaş meyvelerine ilişkin FTIR sonuçları incelendiğinde L(-)-gliseraldehid, tomatin, etilen glikol polimer-bound, oktil-beta-D-

glukopiranosid ve heptil-beta-D-glukopiranosid bileşenlerinin tüm numunelerde; kateşin ve β -siklodekstrin bileşenlerinin kuru kapari ve yaş meyve; digitonin bileşenin ise kuru kapari ve kapari tomurcuklarında ortak bileşenler olduğu belirlendi. Hidroksikortizon asetat ve κ -karragenan bileşenlerinin yalnızca kuru kaparide; sodyum tetratiyonat dihidrat, dodesil-B-D-glukopiranosid ve β -naftalolbenzen (alfa) bileşenlerinin yalnızca kapari tomurcuklarında ve L(-)-glukoz ve bis(2-hidroksietil)amino-tirs(hidroksimetil)metan bileşenlerinin ise yalnızca kapari yaş meyvesinde bulunduğu yapılan FTIR analizi sonucunda belirlendi.

Gıda, kozmetik, eczacılık, tarım, kimya ve tekstil gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılan siklodekstrinlerin kullanımı her yıl %20-%30 aralığında artmaktadır. Siklodekstrinlerin küresel boyutta kullanımının yaklaşık %80-%90'lık gıda sektörüne aittir. Gıda endüstrisinde balık yağlarının stabilizasyonunu sağlamak ve taze gıda ürünlerinin kokularını bastırmak amacıyla yaygın olarak kullanılan β -siklodekstrinler aynı zamanda gıda boyası ve vitaminlerin çözünürlüğünün artırılmasında, gıdaların ışıık-ısı ve oksijen mukavemetini artırarak raf ömürlerinin artırılmasında ve gıdaların istenmeyen tat ve kokularının giderilmesinde kullanılmaktadır [94]. Kapari bitkisinin yaş meyvesinde tespit edilen önemli bileşenlerden biri de koenzim Q10 bileşiği olup insan sağlığı, estetik ve beslenme açısından birçok yararı bulunmaktadır. Sağlıklı diyetler, bireylerin metabolik ihtiyaçlarını karşılayabilecek besin öğelerini ve enerji miktarını optimum düzeyde almalarını amaçlamaktadır. Beslenme alanında yapılan araştırmalarda sağlıklı diyetin bireylerin sağlıklı kalmalarını sağlayabilmesinin yanı sıra aynı zamanda bazı hastalıklara yakalanma riskini de azalttığı belirlenmiştir [95-96]. Gıdaların insan sağlığı üzerindeki etkisini araştıran çalışmalarda sağlık açısından önemine vurgu yapılan önemli bileşiklerden biri olan koenzim Q10, hayvanlarda ve insanlarda sentezlenebilen ubikinon türü bir birleşiktir [97]. İnsanlarda yaş ve hastalık durumlarına bağlı olarak farklı oranlarda bulunabilen koenzim Q10, diyet programlarında destek olarak kullanılması nedeniyle son yıllarda oldukça popülerdir. Enerji üretimini artırma, kalp sağlığı, kas güçlendirici, diş ve diş eti sağlığı, diyabet, yüksek tansiyon ve bağışıklık sistemi gibi hastalıkların tedavisinde yardımcı içerik olarak kullanılmaktadır. Bazı araştırmalarda koenzim Q10 maddesinin alzheimer ve parkinson gibi nörolojik rahatsızlıkların tedavisinde de etkili sonuçlar ortaya koyduğu ifade edilmektedir [98-99]. Bu bağlamda kapari bitkisinin yaş meyvesinin nörolojik rahatsızlığı bulunan hastalar, kalp ve damar hastaları, yüksek tansiyon ve diyabet hastaları tarafından kullanımının etkili sonuçlar ortaya koyabileceği düşünülür.

Çizelge 5.2. Kapari bitkisi kısımlarına ilişkin GC-MS analizi sonucu

Kuru Kapari			Tomurcuk			Dahında Kuruya Kapari		
Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim	Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim	Rt (Tutunma Zamanı)	Bileşen Adı	% Bileşim
19.632	Asetik asit	2,60	6.591	İzosiyoetano	0,08	19.609	6-metil-5-hepten-2-one	0,15
22.018	1H-pirazol 1,5-dimetil	0,15	24.152	1,6-oktadien-3-ol-3,7-dimetil	0,09	22.052	Nonanal	0,38
22.716	Propanoik asit	0,10	24.404	Benzaldehid	0,25	24.947	Nonil kloroasetat	0,11
23.654	Tetrametilpirazin	0,55	26.063	Metil tridekanoat	0,25	27.328	Trikoloroasetik asit nonil ester	0,05
26.057	3-metil bütanoik asit	0,17	26.676	Benzen asetaldehit	0,40	28.003	5-metil-2-(1-metiletiliden)sikloheksanon	0,02
35.379	Metil-2-pirol keton	0,20	27.631	Sikloheksanon, 5-metil-2-(1-metiletiliden)-	0,69	37.139	2-izopropil-5-metil-2-sikloheksen-1-one	0,38
54.501	Metil-p-tert-bütil fenil asetat	0,06	31.802	Benzen metanol	0,15	46.056	1,1,7-trimetil-4-metilendekahidro-1H-siklopropaazulen-7-ol	0,97
55.016	2,4 di-tert-bütil fenol	0,07	36.912	2-İzopropil-5-metil-2-sikloheksen	0,31	49.970	2-pentadecanone, 6,10,14-trimetil	0,39
56.298	2-asetil-4-etoksikarbonil-3-okza-2-aza-3,3,3 propilen	0,05	38.989	Oktanoik asit	0,58	53.363	Dekanoik asid	0,14
57.254	Etilen oksid heptamer	0,08	40.013	2-metil-4-(1-metil etil)-2-sikloheksanon	0,42	54.152	Hekzadekanoik asid, metil ester	0,09
57.814	Oktaetilen glikol	0,10	44.276	2-(4-Nitrofenil)-2-fenil siklopentanon	0,14	55.108	Etanon, 1-[2,3-dihidro-6-(metil tio)-1H-inden-5-YL	0,07
60.784	2-[2-[2-[2-(2-Hidroksietoksi)etoksi]etoksi]etoksi] etoksi] etanol	0,06	50.027	Oktadekametil-siklononasiloksan	0,17	55.903	3,3'-izopropiliden bis(1,5,8,11-tetra oksasikloheksan)	0,06
68.246	18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan	47,53	53.735	3-(2,5,8,11,14-Penta oksasiklo Heksadesil)-1,5,8,11,14,1 hekso oksasiklono dekan	0,04	56.739	(2S, 4R, 5S, 6R)-5-[(2'-metoksi etoksi metil)oksi]-2, 4, 6-Trimetil-8-[tert-bütildimetilsililoksi]-1,1-(propan-1',3'-ditio)oktan	0,09
68.772	1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan	47,23	54.484	1,1,3,3-Tetrametil-1,3-difenildisiloksan	0,05	57.282	1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan	45,6
			55.005	2-Nitro-1,3-indandion	0,04	58.243	7-(1-metil-etenil)-1-hidroksi-1,4-dimetil-1,2,4,5-[3H, 6H] oktahidroazulen	0,66

56.304	N-(4,4-didöteryo-4-fenil-bütıl)ftalımid	0,24	59.096	3-(1,3-dihidroksi izopropıl)-1,5,8,1,1,14-penta oksa sikloheksadekan	0,09
57.197	1,4, 7,10,13,16-Heksanoksasikl okta dekan	0,18	59.502	Oktaetilen glikol	0,34
57.815	6-Aza-5,7,12,14-Tetratiapentasen	0,30	60.235	Deodekanoik asit	0,37
58.993	Oktaetilen glikol	1,76	61.339	Oktaetilen glikol monododesil eter	0,14
60.784	7-Tetrahidro-1,2,9,10-Tetra Metoksi-5-Metil-	0,56	63.136	Dokosan	0,48
61.179	Silan (2-metoksi etoksi) trimetil	0,06	63.971	Benzil benzoat	0,76
63.397	1,4,7,10,13-pentaoksasiklopentadekan	7,00	64.767	Tetradekanoik asit	1,74
66.781	1,4,7,10,13,16-hekzaoksasiklooktadekan	66,39	66.569	Pentadekanoik asit	3,19
71.965	2-bromo-3-metilfenil dikloro arsin	5,30	68.11	n-hekzadekanoik asit	25,92
72.497	18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza oksasiklododekan	14,53	68.595	Etilen oksid heptamer	5,44
			70.466	1,4,7,10,13-pentaoksasiklopentadekan	3,59
			72.485	9-oktadekanoik asit	8,76

Tablo 5.2 genel olarak incelendiğinde uçucu madde içeriği türünün 27 uçucu bileşen türü ile en fazla dalında kuruyan kapari meyvesinde olduğu görülürken, en düşük uçucu bileşen türünün ise 14 uçucu bileşen türü ile kuru kapari bitkisinde olduğu görülmektedir. Bu durum kapari bitkisinin kurutulma sürecinde uçucu bileşenlerini yarı yarıya kaybettiğini göstermektedir. Kapari bitkisinin dalında kurutularak tüketilmesinin ya da tomurcuklarının kuru kapariye göre sağlık açısından daha yararlı olacağı anlaşıldı. En sağlıklı tüketim %20 tuzlu suda salamura edilen yaş kaparidir.

Kapari bitkisinin tohum, tomurcuk ve meyve kısımlarına ilişkin GC-MS sonuçlarına göre kapari bitkisinin uçucu bileşen açısından zengin bir bitki olduğu, çok sayıda uçucu bileşen içerdiği gözlenmiştir. Kapari bitkisine ilişkin GC-MS analizi sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde hem kuru, hem dalında kurumuş kapari örnekleri ve hem de kapari tohumcuklarının tümünün en fazla hidrokarbon (18,18'-Bi-1,4,7,10,13,16-hekza

oksaiklododekan ve 1,4,7,10,13,16- hekzaoksaiklooktadekan) açısından zengin olduğu, kapari örneklerinde genel olarak %1'in üzerinde asetik asit, 1,4,7,10,13-pentaoksaiklopentadekan, 2-bromo-3-metilfenil dikloro arsin, tetradekanoik asit, pentadekanoik asit, etilen oksid heptamer ve 9-oktadekanoik asit bileşenlerini içerdikleri belirlendi. Kapari bitkisinde bulunan 2,4-di-tert-bütil fenol bileşeninin antioksidan etkiye sahip olduğu ve kanser hücre dizilerinde apoptotik genlerin uyarılmasında etkili olduğu literatürde yapılan bazı araştırmalarda belirlendi[82]. Kaparinin bileşenlerinden olan nonanal bileşiğinin gelişimsel bozukluk, otizm, crohn hastalığı ve ülseratif kolit gibi çeşitli hastalıklarla ilişkili olduğu bulundu; ayrıca nonanal, çölyak hastalığı da dahil olmak üzere doğuştan gelen metabolik bozukluklarla ilişkili olduğu literatürde yer alan araştırmalarda tespit edildi [86]. Tek zincirli doymuş yağ asitlerinin pentadekanoik asit-C15:0 ve heptadekanoik asit-C17:0 insan sağlığı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Beslenme ve diyet araştırmalarının artmasıyla doymuş yağ asitleri gündemde kalmaktadır. Doymuş yağ asitleri otoimmün hastalıklar ve kanseri yavaşlatmakta ve de bazı hastalık risklerini azalttığı gösterildi. Ancak bu yağ asitlerinin potansiyel mekanizmaları üzerine araştırmalar hala sınırlıdır ve daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Bitkiler için gerekli olan makroelementler N, P, S, K, Mg, Ca mikroelementler Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Ni, Na, Si ve Co dır. Kapari bitkisinin SEM-EDX sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde hem meyve, hem tomurcuk hem de tohum kısmının C, H ve O elementlerinden sonra en fazla içerdiği elementin K olduğu; tohum kısmının en fazla içerdiği dört elementin K, Cl, S ve Zn; tomurcuk kısmının K, S, Ca ve Zn; meyve kısmının ise K, S, P ve Ca olduğu görülmektedir. Kalsiyum ve fosfor eksikliğinde yetişkinlerde osteoporoz çocuklarda ise raşitizm hastalığının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Bağışıklık sistemini güçlendiren çinko, kükürt gibi saç, tırnak ve cilt sağlığı açısından da önemli rol oynamaktadır. Çinko eksikliğinde bağışıklık sisteminde zayıflama, iştahsızlık, gece körlüğü, bulanık görme, vücuttaki yaraların iyileşme süresinin artması gibi rahatsızlıklar gözlenebilmektedir [93]. Minerallerin vücut sağlığı açısından önemi göz önünde bulundurulduğunda kaparinin zengin mineral içeriğine sahip olması açısından sinir sistemi, iskelet sistemi, diş ve kemik hastalıkları ve cilt hastalıklarının önlenmesinde ve tedavisinde etkili olabileceği söylenebilir.

Elemental analiz sonucunda C, H, S ve N yüzdelere bakıldı. N bitkide kuru madde oranı %1,5-%6 arasında olmalıdır. Bitki için yeterli düzeyi %2,5-%3,5 arasında değişir. Kapari bitkisinde %3,7-%5,5 arasında bulundu. Azotun bitkiler için kritik düzeyi bitkinin

kısımlarına göre değişiklik gösterir. Bitkinin meyve genç aksamalarında azot yüksektir, bitki yaşlandıkça azot miktarı düşmektedir. Kapari bitkisi 150-200 yıllık bir bitki olduğundan azot düzeyi oldukça yüksektir. Azot fazlalığında yaprakların su içeriği arttığı için don, hastalık ve böcek zararlılarına karşı bitki kendini koruyamaz. Besin çözeltisindeki azot formu kök gelişimi üzerinde etkili olmaktadır. Kapari bitkisinin kurağa dayanıklı kökleri çok kuvvetli yapıdadır ve 40 metre derinliğe kadar gider. Kökleri ve toprak üzerinde yayılımı sayesinde erozyon tehlikesi olan alanlarda toprak kaymasını önlemede etkin olarak kullanılmalıdır.

Yaptığım tüm araştırma ve çalışmalar sonucunda, kapari tıbbi aromatik bitkisinin sağlıklı beslenmede ve günlük diyetle bulunması gerektiğini düşünüyorum. Makro ve mikro element tayini, uçucu yağ tespiti ve miktarı, karbonhidrat, yağ ve aminoasitlerin bileşen analizinin yapılarak tespit edilmesi, aromatik veya alifatik grupların belirlenmesi, en nihayetinde tez konumun aydınlanmasında bana ışık tuttu ve daha kesin yorumlarda bulunmama imkan sağladı. Tüm cihaz analizleri sonucunda elde ettiğim verilerin prosedüre uygun olarak kaydedeğer miktarlardaki bileşikleri göz önünde bulundurdum. Özellikle tohum içeriği ve yaş meyve (çiğ, salamura, reçel) formundaki haliyle beslenme rutinine alınmalıdır. Kimyasal bileşimi, zengin mineral yapısı, besleyici ve koruyucu özellikleriyle öne çıkan Kapari bitkisi ‘fonksiyonel gıda’ tabirini hak etmekte ve dolayısıyla ABD ve Avrupa ülkelerindeki tüketim potansiyelini ülkemizde de göstermelidir. Her ne kadar çalışmamda odak noktam gıda ve sağlık sektörleri olsa da dayanıklı ve çok uzayabilen köklerinin toprağa tutunma becerisinden faydalanılıp, ülkemizde özellikle güney bölgelerimizde ekimi teşvik edilmeli son yıllarda ne yazık ki artan orman yangınları ile mücadelede de kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1]. **Schippmann U, Leaman D.J. & Cunningham A.B.** (2002). Impact of cultivation and gathering of medicinal plants on biodiversity: Global trends and issues. Biodiversity and the Ecosystem Approach in Agriculture. *Proc. 9 session of the Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture*. 12–13, FAO Rome.
- [2]. **Ananya, D.M., Priyanka, B., Anwasha, B., Apurba, D., Durbadal, O., Debprasad, C.** (2019). Ethnomedicinal Wisdom: An Approach for Antiviral Drug Development, *Elsevier*, 1, 35-61.
- [3]. **Locatelli, M., Zengin, G., Uysal, A., Carradori, S., De Luca, E., Bellagamba, G., Aktumsek, A., Lazarova, I.** (2017). Multicomponent pattern and biological activities of seven asphodeline taxa: Potential sources of natural-functional ingredients for bioactive formulations. *Journal Of Enzyme Inhibition And Medicinal Chemistry*, 32, 60–67.
- [4]. **Atalay, D., Erge H.S.** (2018). Gıda takviyeleri ve sağlık üzerine etkileri, *Food and Health*, 4(2), 98-111.
- [5]. **Cragg, G.M., Newman, D.J.** (2005). Plants as a Source of Anti-Cancer Agents. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2), 72-79.
- [6]. **Yilmaz, N.** (2021). *Hakkari’de Doğal Olarak Yetişen Kapari (Capparis sicula) Bitkisinin Bazı Fenolojik ve Morfolojik Özelliklerinin İncelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [7]. **Argun, M., Özcan, M.M.** (2014). Effect of Some Spices Essential Oil and Extracts on Fermentation of Capers Buds, *Asian Journal of Chemistry*, 26(24), 8413-8419.
- [8]. **Lorestani, A. N.** (2012). Some Physical and Mechanical Properties of Caper, *Journal of Agricultural Technology*, 8 (4), 1199-1206.
- [9]. **Tlili, N., Elfalleh, W., Saadaoui, E., Khaldi, A., Triki, S., Nasri, N.** (2011). The caper (Capparis L.): Ethnopharmacology, phytochemical and pharmacological properties. *Fitoterapia*. 82, 93-101.
- [10]. **Chahlia, N.** (2009). Effect of Capparis decidua on hypolipidemic activity in rats. *Journal of Medicinal Plants Research*, 3(6), 481-484.
- [11]. **Duman, H., Canatan, D., Alanoglu, G., Sutcu, R., Nayır, T.** (2013). The antioxidant effects of Capparis Ovata and deferasirox in patients with thalassemia major. *Journal of Blood Disorders & Transfusion*, 4(3), 1-4.
- [12]. **Gull, T., Anwar, F., Sultana, B., Alcayde, M.A.C., Nouman, W.** (2015). Capparis species: A potential source of bioactives and high-value components: A review. *Industrial Crops and Products*, 67, 81-96.
- [13]. **Romeo, V., Ziino, M., Giuffrida, D.** (2007). Flavour profile of Capers (Capparis spinosa L.) from the Eolian Archipelago by HS-SPME/GC-MS. *Food Chemistry*, 101, 1272–1278.

- [14]. **Grimalt, M., Hernandez, F., Legua, P., Amoros, A., Almansa, M.S.** (2021). Antioxidant activity and the physicochemical composition of young caper shoots (*Capparis spinosa* L.) of different Spanish cultivars. *Scientia Horticulturae*, 203, 1-7.
- [15]. **Özcan, M., Haciseferoğulları, H., Demir, F.** (2004). Some physico-mechanic and chemical properties of Capers (*Capparis ovata* Desf. var. *canescens* (Coss.) Heywood) flower buds. *Journal Food Engineering*, 65(1), 151-155.
- [16]. **Özcan, M., Akgül, A.** (1998). Influence of species, harvest date and size on composition of capers (*Capparis* spp.) flower buds. *Nahrung*, 2, 102-105.
- [17]. **Tlili, N., Nasri, N., Saadaoui, E., Khaldi, A., Triki, S.** (2009). Carotenoid and tocopherol composition of leaves, buds, and flowers of *capparis spinosa* grown wild in Tunisia. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 57(12), 5381–5385.
- [18]. **Tlili, N., Nasri, N., Khaldi, A., Triki, S., Munné-Bosch, S.** (2011). Phenolic compounds, tocopherols, carotenoids and vitamin C of commercial caper. *Journal of Food Biochemistry*, 35, 472-483.
- [19]. **Tlili, N., Munne-Bosch, S., Nasri, N., Saadaoui, E., Khaldi, A., Triki, S.** (2009). Fatty acids, tocopherols and carotenoids from seeds of Tunisian caper “*Capparis spinosa*”. *Journal of Food Lipids*, 16(4), 452–464.
- [20]. **Kılıç, A.** (2008). Uçucu yağ elde etme yöntemleri, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 10(1), 13-37.
- [21]. **Çalıköğlu E., Kıralan, M., Bayrak A.** (2006). *Uçucu Yağ Nedir, Nasıl Üretilir ve Türkiye'deki Durumuna Genel Bir Bakış*, Türkiye 9. Gıda Kongresi; 24-26 Mayıs, Bolu.
- [22]. **Çelik, E., Yuvalı Çelik, G.** (2007). Bitki uçucu yağlarının antimikrobiyal özellikleri, *Orlab Online Mikrobiyoloji Dergisi*, 5(2), 1-6.
- [23]. **Haşimi, N., Kızıl, S., Tolan, V.** (2015). Rezene ve adaçayı uçucu yağlarının antimikrobiyal aktivitesi üzerine bir araştırma, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 5(2), 227-235.
- [24]. **Cellat, K.** (2010). *Bazı Endemik Bitkilerin Uçucu Yağ Bileşenlerinin Ekstrakte Edilmesi ve İçeriklerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [25]. **Ribeiro-Santos, R., Andrade, M., Melo, N.R. de, Sanches-Silva, A.** (2017). Use of essential oils in active food packaging: Recent advances and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 61, 132–140.
- [26]. **Vilela, J., Martins, D., Monteiro-Silva, F., González-Aguilar, G., de Almeida, J.M.M.M., Saraiva, C.** (2016). Antimicrobial effect of essential oils of *Laurus nobilis* L. and *Rosmarinus officinalis* L. on shelf-life of minced “Maronesa” beef stored under different packaging conditions. *Food Packaging and Shelf Life*, 8, 71–80.
- [27]. **Burt, S.** (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223–253.

- [28]. **Atarés, L., Chiralt, A.** (2016). Essential oils as additives in biodegradable films and coatings for active food packaging. *Trends in Food Science and Technology*, 48, 51–62.
- [29]. **Ojeda-sana, A.M., Van Baren, C.M., Elechosa, M.A., Juárez, M.A., Moreno, S.** (2013). New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components, *Food Control*, 31, 189–195.
- [30]. **O'Connor, S.** (2010). *Alkoloids: Comprehensive Natural Products II*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- [31]. **Ülger, T.G., Yabancı Ayhan, N.** (2020). Bitki seconder metabolitlerinin sağlık üzerine fonksiyonel etkileri, *ACU Sağlık Bilimleri Dergisi*, 11(3), 384-390.
- [32]. Visnagri, A., Kandhare, A.D., Chakravarty, S., Ghosh, P., Bodhankar, S.L. (2014). Hesperidin, a flavanoglycone attenuates experimental diabetic neuropathy via modulation of cellular and biochemical marker to improve nerve functions, *Pharmaceutical Biology*, 52, 814–828.
- [33]. **Brodowska, K.M.** (2017). Natural flavonoids: classification, potential role, and application of flavonoid analogues. *European Journal of Biological Research*, 7(2), 108–123.
- [34]. **Crozier, A., Jaganath, I., Clifford, M.** (2009) Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health., *National Library of Medicine*, vol. 26, pp. 1001– 1043, 2009.
- [35]. **Pandey, A.K., Kumar, S.** (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids, *Science World Journal*, 2, 1-16.
- [36]. **Burt, S.** (2004) Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review, *International Journal of Food Microbiology*, 223-253.
- [37]. **Djouvinov, D., Pavlov, D., Ilchev, A., Enev, E.** (1997). Peppermint (*Mentha piperita* huds.) and basil (*Ocimum basilicum* L.) etheric oil by- products as roughages for sheep feeding, *Animal Feed Science and Technology*, 68(3), 287-294.
- [38]. **Mammadov, R.** (2014). *Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- [39]. **Özer, Z.** (2010). *Sideritis L. (Lamiaceae) türlerinden izole edilen siderol bileşiği üzerine deneysel ve hesapsal çalışmalar*, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- [40]. **Fahey, J.W., Zalcmann, A.T., Talalay, P.** (2001). The chemical diversity and distribution of glucosinolates and isothiocyanates among plants. *Phytochemistry*, 56, 5-51.
- [41]. **Nisar, N., Li, L., Lu, S., Khin, N.C., Pogson, B.J.** (2015). Carotenoid metabolism in plants, *Molecular Plant*, 8, 68-82.
- [42]. **Buggenhouta, S.V., Almingerb, M., Lemmensa, L., Collea, I., Knockaerta, G., Moelantsa, K., Loeya, A.V., Hendrickx, M.** (2010). In vitro approaches to estimate the effect of food processing on carotenoid bioavailability need thorough understanding of process induced microstructural changes, *Trends in Food Science & Technology*, 21, 607-618.

- [43]. **Guo, H., Huang, Y., Qian, J., Gong, Q., Tang, Y.** (2014). Optimization of Technological Parameters for Preparation of Lycopene Microcapsules. *Journal of Food Science and Technology*, 51(7), 1318–1325.
- [44]. **Lemmens, L., Colle, I., Buggenhout, V., Loey, A.V., Hendrickx, M.** (2014). Carotenoid bioaccessibility in based food products as affected by product (micro) structural characteristics and the presence of lipids : a review. *Trends Food Science Technology*, 38, 125–135.
- [45]. **Shi, X., Zhou, W., Ma, D., Ma, Q., Bridges, D.** (2015). Electrospinning of nanofibers and their applications for energy devices. *Journal of Nanomaterials*, 20, 1-11.
- [46]. **Sanchez, C., Baranda, A.B., De Marañon, I.M.** (2014). The effect of high pressure and high temperature processing on carotenoids and chlorophylls content in some vegetables. *Food Chemistry*, 163, 37–45.
- [47]. **Müller, L., Caris-veyrat, C., Lowe, G., Böhm, V., Müller, L., Caris-veyrat, C., Lowe, G., Böhm, V., Caris-veyrat, C., Lowe, G., Ohm, V.B.** (2016). Lycopene and its antioxidant role in the prevention of cardiovascular diseases - a critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(11), 1868-1879.
- [48]. **Taşan, M.** (2008). *Tahıllar ve ürünlerinde fitosteroller*, Türkiye 10. Gıda Kongresi, 399-402, Erzurum.
- [49]. **Matsuoka, K., Nakazawa, T., Nakamura, A., Honda, C., Endo, K., Tsukada, M.** (2008). Study of thermodynamic parameters for solubilization of plant sterol and stanol in bile salt micelles, *Chemistry and Physics of Lipids*, 154 (2), 87-93.
- [50]. **Aliyazıcıoğlu, R., Tosun, G., Yaylı, N., Eyüpoğlu, O.E.** (2015). Characterisation of volatile compounds by spme and gc-fid/ms of capers (*Capparis spinosa* L.), *African Journal of Agricultural Research*, 10(21), 2213-2217.
- [51]. **Manikandaselvi, S., Brindha A.P.** (2014). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(1), 2014: 47-54.
- [52]. **Gabayy, O., Sanchez, C., Salvat, C., Chevy, F., Breton, M., Nourissat, G., Wolf, C., Jacques, C., Berenbaum, F.** (2010). Stigmasterol: a phytosterol with potential anti-osteoarthritic properties, *Osteoarthritis Research Society International*, 18, 106-116.
- [53]. **Radhakrishnan, A.K., Mahalingam D., Selvaduray, K.R., Nesaretnam, K.** (2013). Supplementation with natural forms of vitamin E augments antigen-specific TH1-type immune response to tetanus toxoid. *BioMed Research International*, 1, 1-8.
- [54]. **Atalan, S.** (2018). *Mısırözü Yağı Deodorizasyon Distilatından Tokoferol Vitamerlerinin İzolasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- [55]. **Gönenç, T.M., Kayalar H., Erdoğan T., Kivçak B.** (2014). Taze ve hazır meyve sularında karşılaştırmalı α -tokoferol miktar tayini ve antioksidan aktivite araştırması, *Türk Biyokimya Dergisi*, 39, 215-220.
- [56]. **Filiz, F.** (2011). *Retinol (A vitamini) ve alfa tokoferol (E vitamini)'ün genotoksik ve antigenotoksik etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [57]. **Önal, B.** (2002). *Kanola Yağında Derin Kızartma Sırasında Meydana Gelen Değişimler İle Eklenen Alfa-Tokoferol Ve Askorbil Palmitatın Kanola Yağının Termik Oksidasyonuna Antioksidatif Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- [58]. **Tarhan, Ö.** (2008). *Türkiye’de Sıklıkla Tüketilen Yemeklerin Yağların Ve Yağlı Tohumların Yağ Asidi Bileşimlerinin Gaz Kromatografisi İle Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- [59]. **Lunn, J., Theobald, H.E.** (2006). The health effects of dietary unsaturated fatty acids, *Nutrition Bulletin*, 31(3), 178-224.
- [60]. **Karaca, E., Aytaç, S.** (2007). Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 123-131.
- [61]. **Eser, B., Dinçel, A.S.** (2018). Kromatografiye giriş, yüksek performanslı sıvı kromatografi kullanımında basit ipuçları, *Sağlık Hizmetleri ve Eğitimi Dergisi*, 2, 2, 51-57.
- [62]. **Danış, İ.** (2017). *Kapsaisin’in Gaz Kromatografisi-Külte Spektrometresi (GC-MS) Yöntemi İle Farmasötik Preparatlarda Analizi*, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [63]. **Kioussi, M.K., Lyris, E.M., Angelis, Y.S., Tsivou, M., Koupparis, M.A., Georgakopoulos, C.G.** (2013). A generic screening methodology for horse doping control by LC–TOF-MS, GC–HRMS and GC–MS. *Journal of Chromatography B*, 941, 69-80.
- [64]. **Zhao, P., Lu, Y., Tan, C., Liang, Y., Cui, B.** (2015). Aqueous two-phase extraction combined with chromatography: new strategies for preparative separation and purification of capsaicin from capsicum oleoresin, *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 175(2), 1018-1034.
- [65]. **Büyüksırt, T., Kuleasan, H.** (2014). Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi ve Gıda Analizlerinde Kullanımı, *Gıda* 39(4), 235-241.
- [66]. **Kalınclı, Ü.** (2019). *Milrinone Molekülünün DeneySEL ve Kuantum Kimyasal Hesaplama Yöntemleriyle Titreşim Kip ve Dalgasayılarının Analizi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [67]. **El-Ghorab, A., Shibamoto, T., Özcan, M.M.** (2007). Chemical composition and antioxidant activities of buds and leaves of capers (*Capparis ovata* Desf. var. *canescens*) cultivated in Turkey, *Journal of Essential Oil Research*, 19, 72-77.
- [68]. **Altamame, H.J.M.** (2016). GC-MS and FTIR analysis Phytocomponents on different parts of *Capparis spinosa* L. (Capparidaceae) in Iraq, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 9(4), 3269-3282.
- [69]. **Alipour, F., Nabigol, A., Nabizadeh, E.** (2021). Variation in volatile organic compounds in fruits of Iranian *Capparis spinosa* L. accessions, *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28, 4664-4667.
- [70]. **Mollica, A., Stefanucci, A., Macedonio, G., Locatelli, M., Luisi, G., Novellino, E., Zengin, G.** (2019). Chemical composition and biological activity of *Capparis spinosa* L. from Lipari Island, *South African Journal of Botany*, 120, 135-140.
- [71]. **Bakr, R.O., El-Bishbishy, M.H.** (2016). Profile of bioactive compounds of *Capparis spinosa* var. *aegyptiaca* growing in Egypt, *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 26, 514-520.
- [72]. **Stefanucci, A., Zengin, G., Locatelli, M., Macedonio, G., Wang, C.K., Novellino, E., Mahomoodally, M.F., Mollica, A.** (2018). Impact of different geographical locations on varying profile of bioactives and associated functionalities of caper (*Capparis spinosa* L.), *Food and Chemical Toxicology*, 118, 181-189.
- [73]. **Argentiery, M., Macchia, F., Papadia, P., Paolo, F., Pinarosa, A.** (2012). Bioactive compounds from *Capparis spinosa* subsp. *rupestris*, *Industrial Crops and Products*, 36(1), 65-69.

- [74]. **Kart, A.** (2019). Kapari bitkisinin bioaktif, farmakolojik etkileri ve nörodejeneratif hastalıklarda kullanımı, *Burdur Mehmet Akif Üniversitesi Dergisi*, 4(2), 101-107.
- [75]. **Aksay, Ö.** (2019). *Farklı Fermantasyon Yöntemlerinin Kaparilerdeki (Capparis spinosa) Biyoaktif Bileşenler Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Adana Alparslan Türkeş Bilim Ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [76]. **Çağlayan, F.** (2009). *Pandermis mineralinin asetik asit çözeltilerindeki çözünürleştirme kinetiği ve mekanizması*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- [77]. **Bianchini, R., Bonanni, M., Corsi, M., Infantino, A.S.** (2012). Viable and straightforward approach to the preparation of water soluble pyrazol-5- one derivatives through glycoconjugation, *Tetrahedron*, 68, 8636-8644.
- [78]. **Başer, S.** (2020). *Propiyonik asit ile deneysel olarak oluşturulan rat otizm modelinde mikroglia aktivasyonu, nöroenflamasyon ve nöronal kayıp varlıklarının değerlendirilmesi*, Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [79]. **Şahin, M.** (2019). *radoterapi ototoksitesine tetrametilpirazin'in etkisi: deneysel rat çalışması*, Tıpta Uzmanlık Tezi, Kayseri Şehir Hastanesi Kulak Burun Boğaz ve Baş Boyun Cerrahisi Kliniği, Kayseri.
- [80]. **Spina, L., Cavallaro, F., Fardowza, N.I., Lagoussis, P., Bona, D., Ciscato, C., Rigante, A., Vecchi, M.** (2007). Butyric acid: pharmacological aspects and routes of administration. *Digestive and Liver Disease Supplements*, 1(1), 7-11.
- [81]. **Karaman, M.A.** (2017). *N-metil pirol bileşiğinin fenilhidrazin tuzları ile arilasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karaman.
- [82]. **Zaho, F., Wang, P., Lucardi, R.D., Su, Z., Li, S.** (2020). Natural sources and bioactivities of 2,4-di-tert-butylphenol and its analogs, *Toxins*, 12, 1-26.
- [83]. **Anonim** (2012). *Kimya Teknolojisi: Etilen Türevleri ve Prosesleri*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara.
- [84]. **Özcan, F.** (2008). *Gebelik sırasında uzun dönem etil alkol, metil alkol ve etilen glikol'e maruz kalmanın yeni doğan yavrular üzerine toksik etkisinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne.
- [85]. **Bain, J.M., Merer, F.J.** (1963). The sub-microscopic cytology of superficial scald, a physiological disease of apples, *Australian Journal of Biology Science*, 16, 442-449.
- [86]. **Anonim** (2022). Nonanal, Erişim Adresi: <https://hmdb.ca/metabolites/HMDB0059835>, Erişim Tarihi: 08.01.2022.
- [87]. **Clough, S.R.** (2005). *Glyceraldehyde*, Encyclopedia of Toxicology (Second Edition), 448-449.
- [88]. Cárdenas, P.D., Sonawane, P.D., Heinig, U., Bocobza, S.E., Burdman, S., Aharoni, A. (2015). The bitter side of the nightshades: Genomics drives discovery in Solanaceae steroidal alkaloid metabolism, *Phytochemistry*, 113, 24-32.
- [89]. **Geelen, Math J.H.** (2005). The use of digitonin-permeabilized mammalian cells for measuring enzyme activities in the course of studies on lipid metabolism, *Analytical Biochemistry*, 347(1), 1-9.
- [90]. **Lorber, B., Bishop, J.B., Lawrance, J.D.** (1990). Purification of octyl fl-D-glucopyranoside and re-estimation of its micellar size, *Biochimica et Biophysica Acta*, 1023, 254-265.
- [91]. **Korkmaz, Ş.** (2021). *Kateşin'in voltametrik metotla modifiye gc elektrot yüzeyinde kantitatif olarak tayin edilebilirliğinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- [92]. **Sayın, M.** (2021). *Karragenanın insan meme kanseri hücre hatlarında sitotoksik etkisinin incelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [93]. **Aytekin, F.** (2000). Üniversite öğrencilerinin besin tamamlayıcılarını kullanma durumları, *Gıda*, 25(5), 363-369.
- [94]. **Mourtzinou I, Kalogeropoulos N, Papadakis SE, Konstantinou K Karathanos VT, (2008).** Encapsulation of nutraceutical monoterpenes in β -cyclodextrin and modified starch. *J Food Sci*, 73(1), 89-94.
- [95]. **Mantzoros, C.S.** (2009). *Nutrition and Metabolism*, Underlying Mechanisms and Clinical Consequences, Humana Press, New York, USA.
- [96]. **El, S.N.** (2009). *Beslenme Ders Notları*, Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği, İzmir.
- [97]. **Stocker, R.** (2007). *Coenzyme Q10 Reviewed*, Linus Pauling Institute Micronutrient Research for Optimum Health.
- [98]. **Kubo, H., Fuji, K., Kawabe, T., Matsumoto, S., Kishida, H., Hosoe, K.** (2008). Food content of ubiquinol-19 and ubiquinone-10 in the Japanese diet”, *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 199-210.
- [99]. **Daryoush, P.** (2008). Methods and compositions that enhance bioavailability of coenzyme Q10 absorption using an in vitro digestion –CaCO₂- cell model, *International Journal of Pharmaceutics*, 333, 112-117.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Sena Havva ÖZÜPEK

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2017, İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** : 2022, İnönü Üniversitesi, Kimya Anabilim Dalı