



T. C.

ORDU ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ORDU İLİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* TÜRÜNÜN SALGI YAPILARININ BELİRLENMESİ
VE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN BAZI
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

DİDEM KARADENİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

ORDU 2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan ve kullanılan intihal tespit programının sonuçlarına göre; bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

DİDEM KARADENİZ

Bu çalışma Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğünün B-2305 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

ORDU İLİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* TÜRÜNÜN SALGI YAPILARININ BELİRLENMESİ VE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN BAZI FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

DİDEM KARADENİZ

ORDU ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ, 81 SAYFA

(DANIŞMAN: PROF. DR. ÖZNUR ERGEN AKÇİN)

(İKİNCİ TEZ DANIŞMANI: DOÇ DR. IŞIL BARUTÇU MAZİ)

Bu çalışma ile Ordu bölgesinde yayılış gösteren *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* (Velen.) Jalas türünün salgı yapılarının anatomik olarak incelenmesi, uçucu bileşen ve toplam fenolik miktarlarının belirlenmesi ve çeşitli kurutma tekniklerinin (gölgede kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava (50°C) ile kurutma ve mikrodalga (360, 600, 900 W) ile kurutma, uçucu bileşenler, toplam fenolik madde (TFM) ve renk parametreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi hedeflenmiştir. Bitkiler Çambaşı eskibağlak lokalitesinden generatif dönemlerinde toplanmıştır. Bitkilerin bir kısmı anatomik incelemeler için % 70'lik alkole konulmuştur. *Thymus* ülkemizde baharat olarak yaygın kullanılan bir bitkidir. İncelediğimiz kekik türünün ideal kurutma yönteminin seçilmesi, bitkinin korunması ve raf ömrünün uzatılması bakımından büyük bir öneme sahiptir. Ayrıca türün biyokimyasal içeriğinin yüksek olması alternatif tıpta, eczacılıkta, kozmetik sanayinde ve ekonomik açıdan iç ve dış ticaretteki önemini arttırmasında yardımcı olacaktır. Bu nedenle türün salgı yapılarının, uçucu bileşenlerinin ve en uygun kurutma yönteminin araştırılması oldukça önemlidir.

Türde, 5'i örtü tüyü ve 5'i salgı tüyü olmak üzere toplamda on çeşit tüy bulunmaktadır. Salgı tüylerinin 3 tanesi kapitat, 2 tanesi peltat salgı tüyü şeklindedir. Bu tüyler, tek hücreli ya da çok hücreli olabilmektedir. Salgı türün kaliks kısmı diğer kısımlara göre çok sayıda örtü ve salgı tüylerine sahiptir. Mikrodalga ile kurutma yöntemi kurutma süresini diğer kurutma yöntemlerine kıyasla önemli düzeyde kısaltmıştır. Dondurarak ve mikrodalga ile kurutulmuş örneklerin L*, a*, ve b* renk parametreleri taze örnek ile benzer bulunmuştur. Sıcak hava ile ve gölgede kurutma işlemleri ise taze örneğe kıyasla önemli derecede yüksek a* ve düşük b* değerlerine neden olmuştur. Mikrodalga güç seviyesinin örneklerin renk parametreleri üzerine önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde değerleri 20.68 ile 37.31 mg GAE/g KM arasında değişmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi en yüksek TFM değerini sağlamış, ardından 900 W güç seviyesinde mikrodalga kurutma yöntemi gelmiştir. TFM değerleri azalan mikrodalga güç seviyesi ile düşüş göstermiştir. Taze örnekte toplam 26, dondurarak kurutulmuş örnekte 27, gölgede, sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulan örneklerde ise 28 uçucu organik bileşen tanımlanmıştır. Taze örnekte en fazla bulunan uçucu

bileşenler sırası ile α -pinen (%15.63), 3-oktanon (%14.76) ve limonen (%13.47) olarak belirlenmiştir. Kurutulmuş örneklerde ise limonen (%19.87–49.36), β -karyofillen (%10.58–22.95) ve α -pinen (%7.37–18.04) ilk üç temel bileşen arasında yer almaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Thymus praecox* subsp. *skorpilii*, toplam fenolik madde, uçucu bileşen, salgı tüyleri, renk, kurutma yöntemleri.



ABSTRACT

DETERMINATION OF SECRETION STRUCTURES OF *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* SPECIES DISTRIBUTED IN ORDU PROVINCE AND THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS ON SOME PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES

DİDEM KARADENİZ

ORDU UNIVERSITY INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS

MASTER THESIS, 81 PAGES

(SUPERVISOR: PROF. DR. ÖZNUR ERGEN AKÇİN)

(CO-SUPERVISOR: DOÇ. DR. IŞIL BARUTÇU MAZİ)

This study aims to anatomically examine the secretory structures, determine the amounts of volatile compounds and total phenolics, and investigate the effects of different drying methods (shade drying, freeze drying, hot air drying (50 °C), and microwave drying (360, 600, 900 W)) on the volatile compounds, total phenolic content (TPC), and color parameters of *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* (Velen.) Jasas, a species distributed in the Ordu region. The plants were collected from relevant localities during their generative periods. Some of the plants were placed in 70% alcohol for anatomical examinations. *Thymus* (thyme) is a commonly used spice in our country. The selection of the ideal drying method for the studied thyme species is crucial for preserving the plant, and extending its shelf life. Additionally, the high biochemical content of this species enhances its value in alternative medicine, pharmacy, cosmetics industry, and its economic importance in both domestic and international trade. Therefore, researching the secretory structures, volatile compounds, and the most suitable drying method for the species is of great importance.

In the species, there are a total of eight types of hairs, including 5 covering hairs and 4 secretory hairs. These hairs can be either unicellular or multicellular. The calyx part of the species has a significantly higher number of covering and secretory hairs compared to other parts. Microwave drying method considerably reduced the drying time compared to other drying methods. The L*, a*, and b* color parameters of the samples dried by freeze-drying and microwave drying were found to be similar to those of fresh sample. However, the hot air and shade drying processes resulted in significantly higher a* values and lower b* values compared to the fresh sample. No significant effect of microwave power levels on the color parameters of the samples was observed. The total phenolic content (TPC) values of the dried samples ranged from 20.68 to 37.31 mg GAE/g dry matter. The freeze-drying method provided the highest TPC value, followed by microwave drying at 900 W. The TPC values decreased with the decreasing microwave power level. A total of 26 volatile organic compounds were identified in the fresh sample, 27 in the freeze-dried sample, and 28 in the samples dried using shade, hot air, and microwave drying methods. The most

abundant volatile compounds in the fresh sample were α -pinene (15.63%), 3-octanone (14.76%), and limonene (13.47%). In the dried samples, limonene (19.87–49.36%), β -caryophyllene (10.58–22.95%), and α -pinene (7.37–18.04%) were the top three predominant compounds.

Keywords: *Thymus praecox* subsp. *skorpilii*, total phenolic content, volatile component, secretory trichome, color, drying methods.



TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesi, çalışmanın gerçekleştirilmesi ve yazım sürecinde sağladıkları bilgi, deneyim ve destekle yanımda olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Öznur ERGEN AKÇİN'e ve ikinci danışmanım Sayın Doç. Dr. Işıl BARUTÇU MAZI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımda gerekli teknikleri bana öğreten ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen Doç. Dr. Bekir Gökçen MAZI'ya sonsuz teşekkürlerimi iletmek isterim.

Anatomik çalışmalarımda sağladığı yardımlar için Sayın Öğr. Gör. Dr. Şükran ÖZTÜRK'e içtenlikle teşekkür ederim.

Araştırma konusu olan bitkinin toplanmasında yardım ve desteklerini esirgemeyen, her zaman sabır ve anlayışla yanımda olan annem Safiye BAHTİYAR'a ve eşim Gökhan KARADENİZ'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
TEZ BİLDİRİMİ	I
ÖZET	II
ABSTRACT	IV
TEŞEKKÜR	VI
İÇİNDEKİLER	VII
ŞEKİL LİSTESİ	IX
ÇİZELGE LİSTESİ	XI
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ	XII
EKLER LİSTESİ	XIII
1. GİRİŞ	1
1.1 Lamiaceae Familyanın Genel Özellikleri ve Tüy Morfolojisi	4
1.2 <i>Thymus</i> L. Türünün Genel Özellikleri	6
1.3 <i>Thymus praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Türünün Sistematigi	8
1.4 <i>Thymus</i> L. Türlerinin Sekonder Metabolitleri.....	8
1.5 Kurutma Yöntemleri	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	17
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1 Materyal	23
3.2 Yöntem.....	24
3.3 Anatomik Özelliklerin Belirlenmesi	24
3.4 Mikromorfolojik Özelliklerin Belirlenmesi	24
3.5 Kurutma Denemelerinin Yapılması	25
3.6 Mikrodalga Kurutma	26
3.7 Dondurarak Kurutma	26
3.8 Gölgede Kurutma	26
3.9 Sıcak Hava ile Kurutma	27
3.10 Kuruma Eğrilerinin Elde Edilmesi.....	27
3.11 Nem İçeriğinin Belirlenmesi	27
3.12 Toplam Fenolik Maddenin (TFM) Belirlenmesi.....	27
3.13 SPME/GC-MS Uçucu Bileşen Analizi	28
3.13 Renk Analizi.....	29
3.14 İstatistiksel Analiz.....	29
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	30
4.1 Anatomik Bulgular.....	30
4.1.1 Tüy Yapılarıyla İlgili Anatomik Bulgular.....	30
4.2 Mikroforfolojik Bulgular	33
4.2.1 Salgı ve Örtü Tüy İle İlgili Mikromorfolojik Bulgular	33
4.3 Kuruma Eğrileri İle İlgili Bulgular	37
4.4 Renk İle İlgili Bulgular	38
4.5 Toplam Fenolik Madde (TFM) İle İlgili Bulgular	42
4.6 SPME/GC-MS Uçucu Bileşen Analizi ile İlgili Bulgular	43
4.6 Tartışma.....	48

5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	62
6. KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	81



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.2	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Habitat Görüntüsü ve Genel Görünüşü	8
Şekil 1.3	<i>Thymus</i> Türlerinde Bulunan Fitokimyasallar (Anwar ve ark., 2024)	10
Şekil 3.1	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Toplandığı Lokalite	23
Şekil 3.2	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Genel Görünüşü	24
Şekil 3.4	Yaş Kekik Örneği	26
Şekil 3.5	Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Gallik Asit (GA) Kalibrasyon Eğrisi.	28
Şekil 4.1	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Örtü Tüy Yapıları A. Tip I Örtü Tüy (yaprak), B. Tip III Örtü Tüy (gövde), C. Tip IV Örtü Tüy (kaliks), D. Tip V Örtü Tüy (yaprak), E. Tip II Örtü Tüy (kaliks) Bar: 100µm. ..	31
Şekil 4.2	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Salgı Yapıları A. Tip VI Kapitat Salgı Tüy (yaprak), B–C–İ. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (gövde), D–E. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (kaliks), F. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (korolla), G. Tip VIII Kapitat Salgı Tüy (kaliks), H. Tip IX Peltat Salgı Tüy (kaliks), I. Tip IX Peltat Salgı Tüy (korolla), K–L. Tip X Peltat Salgı Tüy (yaprak) Bar: 100µm.....	32
Şekil 4.3	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> , Alt Türünün Kaliks ve Korollanın Genel Görünüşü.	34
Şekil 4.4	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türü A. Tip X Peltat Salgı Tüyü (yaprak), B. Tip VII Patlamış Kapitat Salgı Tüyü (yaprak), C. Tip IX Peltat Salgı Tüyü (kaliks), D. Tip IX Peltat Salgı Tüyü (korolla).....	34
Şekil 4.5	<i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türü A. Tip I, TipII, TipIII, Tip IV Örtü Tüyları (kaliks), B. Tip I, TipII, TipIII, Tip IV Örtü Tüyları (yaprak). ..	35
Şekil 4.6	Kekiklerin Sıcak Hava (50°C) İle Kurutulması Sırasındaki Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi.....	38
Şekil 4.7	Kekiklerin Farklı Mikrodalga Güçlerinde (360, 600 ve 900W) Kurutulması Sırasındaki Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi	38
Şekil 4.8	A: 360W, B: 600W, C: 900W Güç Seviyelerinde Mikrodalga Kurutma İle Kurutulmuş Kekik Örnekleri.....	39
Şekil 4.9	A: Sıcak Hava (50 °C), B: Dondurarak, C: Gölgede Kurutma Yöntemleri İle Kurutulmuş Kekik Örnekleri.....	39
Şekil 4.10	Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin L* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir (p≤0.05). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava İle Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası İle 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga İle Kurutma	40
Şekil 4.11	Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin A* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir (P≤0.05). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava İle Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası İle 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga İle Kurutma	41
Şekil 4.12	Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin B* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir (P≤0.05). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava İle	

	Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W Ve M900W Sırası İle 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma.....	42
Şekil 4.13	Kurutulmuş Kekik Örneklerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) Değerleri. * Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava ile Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası ile 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma.....	43



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Farklı Kurutma Tekniklerinin Çeşitli <i>Thymus</i> Türü Kekiklerin Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırıldığı Çalışmalar	22
Çizelge 4.1 <i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> Alt Türünün Bazı Vejetatif ve Generatif Organlarının Salgı ve Örtü Tüylerinin Anatomik Ölçümleri	33
Çizelge 4.2 Bazı Vejetatif-Genaratif Organların Tüy Çeşitliliği Açısından Birbiriyle Karşılaştırılması	36
Çizelge 4.3 Kekik Kurutma İşlem Süreleri ve Son Ürün Nem Değerleri.....	37
Çizelge 4.4 Doymuş n-alkan Standartları	44
Çizelge 4.6 Taze ve kurutulmuş <i>T. praecox</i> subsp. <i>skorpilii</i> 'de tanımlanan Uçucu Organik Bileşen (UOB) grupları	58

SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ

DK	:	Dondurarak Kurutma
GAE	:	Gallik Asit Eşdeğeri
GEPA	:	Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası
GC-MS	:	Gaz Kromatografisi-Kütle Spektrometresi Santimetre
GK	:	Gölgede Kurutma
HPLC	:	Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
M360W	:	Mikrodalga 360W
M600W	:	Mikrodalga 600W
M900W	:	Mikrodalga 900w
NIS	:	Nikon Imaging System-Elements Imaging Software 3.00 SP5
SEM	:	Taramalı Elektron Mikroskobu
SHK	:	Sıcak Hava ile Kurutma
TFM	:	Toplam flavonoid içeriği
TPM	:	Toplam fenolik madde
UOB	:	Uçucu Organik Bileşikler

EKLER LİSTESİ

Sayfa

EK 1: Kekik örneklerinin L* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları	77
EK 2: Kekik örneklerinin a* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları	78
EK 3: Kekik örneklerinin b* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları	79
EK 4: Kekik örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları	80



1. GİRİŞ

Türkiye zengin florasıyla uzun yıllardır pek çok araştırmacının dikkatini çekmektedir. Ülkemizin florasının bu kadar zengin olması; Avrupa-Sibirya, İran-Turan ve Akdeniz fitocoğrafya bölgelerinin kesiştiği konumda olması, Asya ve Avrupa kıtaları arasında köprü görevi görmesi, iklim ve topografya çeşitliliği, topraksal faktörlerin çok çeşitlilik göstermesinden kaynaklanmaktadır. (Erik ve Tarıkahya, 2004). 2000 yılından günümüze kadar yapılan çalışmalar dikkate alındığında Türkiye'nin sahip olduğu takson sayısı 12.345'tür. Bu taksonlardan 4157 si endemik (% 33.7) türdür (Yapar ve Behçet, 2024).

Tarih öncesi döneme (Prehistorik) ait verilere göre insan toplulukları, gıda sorunlarına çözüm bulmak ve tıbbi amaçlar doğrultusunda ilk olarak bitkilerden yararlanmışlardır (Koçyiğit, 2005). Kazılarda insan kalıntıları arasında mezar bölgesinde bulunanlar, bitki ile insan arasındaki ilişkinin başlangıcını gösteren ilk bulgular olarak kabul edilirler. Bitkiler Prehistorik dönemin dışında Akad İmparatorluğu, Asur antik yerleşimi ile Sümer gibi uygarlıklarda da başta tedavi amacıyla olmak üzere pek çok farklı şekilde kullanılmıştır. Ayrıca bu dönemde safran, kekik, adamotu, banotu, nar kabuğu, haşhaş ve nane gibi yaklaşık iki yüz elli bitkinin kullanıldığı bilinmektedir (Baytop, 1999). Dünya Sağlık Örgütü, tıbbi amaçla kullanılan aromatik bitkilerin toplamının yirmi bin civarı olduğunu belirlemiştir (Ertürk ve Demirbağ, 2003). Dünya Sağlık Örgütü verileri, dünya nüfusunun neredeyse 1/3'ünde tıbbi ve aromatik bitkilerden terapi vasıtasıyla faydalandığını göstermiştir (Eloff, 1998). Bitki uçucu yağları, farklı doğal bileşenleri içeren kompleks karışımları ihtiva ettikleri için biyolojik etkileri açısından da değişiklik gösterirler. Birçok uçucu yağın içerdiği kimyasal bileşiklerin farklı olmasından dolayı bu yağlar değişik antimikrobiyal etkiler gösterebilmektedir (Toroğlu ve Çenet, 2006). Birçoğu Labiatae (Lamiaceae) familyasında bulunan aromatik bitkilerin eterik yağlarının, antimikrobiyal özelliklere sahip oldukları raporlanmıştır (Elgayyar, 2001). Örneğin; biberiye, fesleğen, kekik, defne ve karanfil eterik yağının *Listeria monocytogenes* ve diğer patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (O'gara ve ark., 2000).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin en çok bulunduğu familyalardan biri Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasıdır. Lamiaceae familyası Angiospermilerin altıncı büyük familyası olup, dünyada 245 cins ve 7886 tür ile temsil edilmektedir. Ülkemizde kullanılan aromatik bitki sayısının 120 kadar olduğu bilinmektedir. Bu bitkilerden %40'ı Lamiaceae familyası içinde yer almaktadır (Küçük ve ark., 2021). Lamiaceae familyasına ait önemli cinsler arasında *Mentha* L. (nane), *Lavandula* L. (lavanta), *Thymus* L. (kekik) *Origanum* Tourn. ex L. (kekik, mercanköşk), *Salvia* L. (adaçayı), *Sideritis* L. (dağçayı), *Rosmarinus* L. (biberiye), *Melissa* L. (oğulotu), *Ocimum* L. (fesleğen, reyhan) gibi cinsler sayılabilir (Bayramoğlu ve ark., 2009). Lamiaceae familyasına ait birçok bitki tıpta ve parfümeride kullanılan birçok uçucu yağın kaynağıdır. Bu uçucu yağların hem tedavide hem de baharat amaçlı kullanılması familyanın önemini göstermektedir. Lamiaceae familyasının en önemli bitkilerinden olan kekik, *Thymus* cinsinin türkçesi olmakla beraber ülkemizde *Origanum*, *Satureja*, *Tymbra* ve *Coridothymus* cinslerine ait türlerde kekik olarak bilinmekte ve kullanılmaktadır (Davis, 1982; Başer ve ark., 1996). *Thymus* türlerinin önemi içeriğindeki uçucu yağların biyolojik aktivitelerinden gelmektedir. Uçucu yağların en çok merak edilen ve incelenen özelliklerinin başında ise antimikrobiyal aktivite çalışmaları gelmektedir. Bazı *Thymus* türlerinin buharının *Bacillus anthracis* bakterisi üzerindeki inhibe edici etkisi günümüzden yaklaşık 135 yıl önce 1887 yılında ilk olarak Chamberlain tarafından kayıtlara geçirilmiştir (Marino ve ark., 1999).

Glandüler veya salgı tüyleri epidermadan türevlenen yapılardır ve bitkilerden salınan salgıların büyük çoğunluğu salgı tüylerinden salınmaktadır. Farklı kimyasal kategorilerdeki maddeler glandüler tüyler tarafından üretilebilir ve hücrel özellikleri üretilen salgı maddesi ve salgının salınım şekline göre değişebilir (Tozin ve Rodrigues, 2017). Ballıbabagiller familyasına ait türler salgı tüylerinden salınan uçucu yağlar sayesinde ekonomik ve tıbbi bitki olarak kullanılmaktadır (Rodrigues ve ark., 2013; Tozin ve Rodrigues, 2017). Familya da bulunan salgı tüyleri peltat ve kapitat salgı tüyleridir. Bu tüylerin morfolojisi, dağılımı ve düzenlenişi Lamiaceae familyasında farklılıklar göstermektedir. Bu yüzden çok sayıda tüy tipleri belirlenmiştir (Baran ve ark., 2010; Mota ve ark., 2013; Tozin ve Rodrigues, 2017).

Kekik gibi şifalı bitkiler, yüksek nem içerikleri ve soğutma sıcaklığına hassasiyetlerinden dolayı hızlıca bozulma eğilimindedir. Kurutma işlemi ile bu nem etkili bir şekilde giderilebilir ve böylece çürüme ve bozulmaya neden olan bakteri, küf ve maya gibi mikroorganizmaların büyümesi engellenerek raf ömrü uzatılır. Kurutma yöntemi, kurutulmuş ürünün esansiyel yağ içeriği, antioksidan içeriği, antimikrobiyal aktivitesi, rengi, aroması gibi pek çok özelliğini etkiler. Biyoaktif bileşiklerin aşırı kaybı, aromatik bitkilerde önemli kalite kaybına yol açabilir. Bu açıdan tıbbi ve aromatik bitkilere uygun kurutma yönteminin seçimi oldukça önemlidir. Bu sebeple gerçekleştirdiğimiz bu çalışma ile Ordu ilinde yayılış gösteren *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* türünün salgı yapılarının anatomik olarak incelenmesi, uçucu bileşen ve toplam fenolik miktarlarının belirlenmesi ve farklı kurutma yöntemlerinin uçucu bileşen, toplam fenolik madde, renk bileşenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmamızın amacı ayrıntılı şekilde aşağıda belirtildiği gibidir:

Ülkemizde doğal olarak yetişen, biyoçeşitlilik açısından önemli olan *T. praecox* subsp. *skorpilii* türünün tanınması ve genel özelliklerinin belirlenmesi,

İncelenen türün biyokimyasal içeriğinin belirlenmesi,

Bitkilerin yaşadıkları habitatlara göre içerdikleri biyokimyasal maddelerin miktarında ve çeşitlerinde farklılıklar olmaktadır. Türün Ordu ilinde yetişen örnekleri üzerinde uçucu bileşen çalışmasına rastlanmamıştır. Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz veriler ile bitkinin farklı yerlerde yetişen örneklerinin uçucu bileşenleri arasında karşılaştırma yapılabilecek olması,

Taramalı elektron mikroskopuyla yapılacak mikromorfolojik çalışma ile *T. praecox* subsp. *skorpilii* türünün yaprak yüzeylerindeki salgı tüylerinin belirlemesi amaçlanmıştır.

Türün salgı yapılarının anatomik ve mikromorfolojik özellikleri ayrıntılı şekilde incelenerek diğer türler ile arasındaki benzerlik ve farklılıklar ortaya çıkarılacaktır.

İncelenen türünün yapraklarının kurutulmasında kullanılacak olan farklı kurutma tekniklerinin (dondurarak, gölgede, sıcak hava (50°C) ve mikrodalga (360W, 600W, 900W) ile kurutma) hangisinin renk, uçucu bileşenler ve toplam

fenolik madde miktarı açısından en iyi sonucu vereceğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Böylece elde edilecek sonuçlar, yüksek biyokimyasal verimliliğe sahip ürün eldesi ile, türün hem tıp hem de ticari alanda öneminin artmasına yardımcı olacaktır.

Ayrıca mikrodalgada kurutma işleminin *T. praecox* subsp. *skorpilii* türünün kurutulmasında etkinliğinin değerlendirilmesi ile kekik kurutulmasında yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerine alternatif yeni bir kurutma yönteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

1.1 Lamiaceae Familyanın Genel Özellikleri ve Tüy Morfolojisi

Lamiaceae familyası üyeleri step, kayalık, kurak alanlar, nemli bölgeler, orman altları ve içleri, yol ve tarla kenarları gibi çeşitli yükseklik ve habitatlarda yetişme yeteneğine sahiptir. Bu bitkiler, yoğunluk açısından Akdeniz fitocoğrafik bölgesinde daha fazla yayılım göstermektedir. Ülkemizdeki endemizm oranının yüksekliği nedeniyle, Lamiaceae familyası ilk üç büyük familya arasında yer almaktadır (Hedge, 1986). Bu familyanın üyeleri, tek veya çok yıllık, örtü ve salgı tüylü, kokulu, otsu ya da çalimsı bitkilerdir.

Lamiaceae familyasında bulunan bitkiler Afrika ve Amerika'dan Güney Doğu Asya'ya, Havai ve Avustralya'ya, Kuzey Kutbu'ndan Himalayalar'a kadar geniş bir coğrafyada yayılmaktadır (Heywood, 1996). Ayrıca, Lamiaceae familyası, zengin bir kimyasal bileşim sunmaktadır. Bu familya üyelerinde terpenoidler, iridoid bileşikler, fenolik bileşikler ve flavonoidler gibi çeşitli bileşiklerin yaygın olarak bulunduğu tespit edilmiştir (Naghibi ve ark., 2005).

Cantino (1990) bazı mikro karakterleri (stoma ve glandular ve glandular olmayan trikomlar) incelemiş ve daha sonra hem mikromorfolojik hem de fitokimyasal karakterleri ele alarak yeni bir sınıflandırma yapmış ve familyayı 8 alt familyaya ayırmıştır. Bu alt familyalar şunlardır: *Symphorematoideae* Briq., *Viticoideae* Briq., *Ajugoideae* Kostel., *Prostantheroideae* Lueress, *Scutellarioideae* (Dumort.) Caruel, *Lamioideae* Harley, *Nepetoideae* (Dumort.) Lueress. ve *Chloanthoideae* (Cantino 1992a, b). Lamiaceae'nin *Chloanthoideae* *Lamioideae* ve *Nepetoideae* alt familyaya bölünmesi, bu katkı kapsamında bir belirteç olarak alınan

rbcL geninin nükleotid dizilimleriyle de desteklenmektedir (Kaufmann ve Wink, 1994; Wink ve Kaufmann, 1996; Giuliani ve ark., 2008).

Lamiaceae familyasına ait bitkiler; parfümeri, gıda ve ilaç sanayinde, ayrıca halk arasında tedavi edici olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. *Thymus* ekstreleri, soğuk algınlığı, bronşit ve tonsillite karşı gargara şeklinde kullanılmaktadır. *Thymus* spp.'nin antibakteriyel etkisi, içeriğindeki thymol bileşenine dayanmaktadır. (Özbeden, 2009). *Sideritis*, *Stachys* ve *Phlomis* cinsine ait bazı türlerin çiçek yapıları ve yaprakları, yaygın olarak iştah artırıcı olarak kullanılmaktadır (Sezik ve Ezer, 1983a, 1983b; Sezik, 1984). Ayrıca, bazı *Sideritis* Bornm. türlerinin sulu ekstrelerinin antidepresan etkiler gösterdiği belirlenmiştir (Tabanca ve ark., 2001). *Marrubium* türü ekspektorasyon ve mukus salgısını arttırırken, bronş kaslarını gevşettiğinden, kuru öksürüğü hafifletmek için kullanılır (Tüylü, 2015). *Mentha* cinsi ise ilaç sanayinde, diş macunu endüstrisinde ve gıdalarda aroma verici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca halk arasında, soğuk algınlığını giderici, mide bulantısını giderici ve yatıştırıcı etkiye sahip olduğu bilinmektedir.

Uçucu yağlar familya üyelerinin çoğunda büyük oranda bulunmaktadır. Uçucu yağlardaki kısa zincir terpenoidlerin bazıları bu bitkilerde koku ve tat olarak ortaya çıkmaktadır. Bu familyaya ait türlerin çoğu süs bitkisi ya da baharat olarak kullanılmaktadır. *Lavandula*, *Mentha*, *Molucella*, *Nepeta*, *Perovscia*, *Stachys*, *Teucrium*., *Salvia* ve *Thymus* cinsleri süs bitkisi olarak yetiştirilmektedir. Yapılarında yer alan uçucu yağlar nedeniyle de *Mentha*, *Thymus*, *Lavandula*, *Ocimum*, *Origanum*, *Melissa* ve *Satureja* türleri baharat ve besin olarak kullanılmaktadır (Özbeden, 2009). Familya ayrıca büyük oranda fenolik asit içeren bitki türlerine sahiptir. Rosmarinik asit *Nepetaideae* alt familyası türlerinde bulunmaktadır. Ayrıca flavonlar, flavanoller, flavanonlar, dihidroflavanoller ve çalkon (chalcones) yapısında flavonoidler familyada yer alan birçok bitkide bulunmaktadır (Naghibi ve ark., 2005).

Lamiaceae familyasında gövde, yaprak ve çiçek gibi organlarında bol miktarda salgı ve örtü tüyleri bulunmaktadır. Familyanın üyelerinde örtü tüyleri basit ve dallanmış şekilde, salgı tüyleri ise peltat ve kapitat salgı tüyleri şeklinde

bulunmaktadır (Baran ve ark., 2010; Mota ve ark., 2013; Tozin ve Rodrigues, 2017; Akçin ve ark., 2022; Ergen Akçin ve Karadeniz, 2023; Kaya, 2024). Peltat trikomlar kısa bir sap/sapsız ve büyük bir salgı hücresine sahiptir. Peltat tüylerde baş salgı hücreleri tek veya iki dairesel düzlem üzerinde dizilirler. Salgı maddesi kutikulanın altındaki boşlukta birikim gösterir, kutikular yapının herhangi bir şekilde parçalanması ile dışarıya atılır (Baran, 2005; Kaya, 2024) Kapitat trikomlarda sap hücresi baş hücresinin yüksekliğinin yarısından fazla olmaktadır (Werker, 1993; Corsi ve Bottega 1999). Bu tüyler salgının salgılanma şekline göre üç tipe ayrılabilir.

1. tipte salgı kutikula yapısındaki gözeneklerden damlalar şeklinde atılır. Kutikula tabakası parçalanmaz.

2. tipte salgı maddesi kutikula yapısı ile çeper arasında oluşan boşlukta depolanır. Salgı kutikulanın parçalanmasıyla dışarı atılır.

3. tipte salgı maddesi kutikula yapısının alt kısmındaki boşlukta salgılanmaktadır. Baş hücresinin çeperinin alt kısma doğru çökmesiyle bu boşluk genişler. Tüy kadeh şeklinde görülmektedir (Baran, 2005; Kaya, 2024).

1.2 *Thymus* L. Türünün Genel Özellikleri

Thymus cinsi Dünya üzerinde yaklaşık 220 tür ile temsil edilmektedir. Cins familyanın tür sayısı bakımından en önemli 8 cinsinden biridir (Morales, 2002). Ülkemizde tamamı çok yıllık olan *Thymus* cinsine ait 39 tür bulunmaktadır.

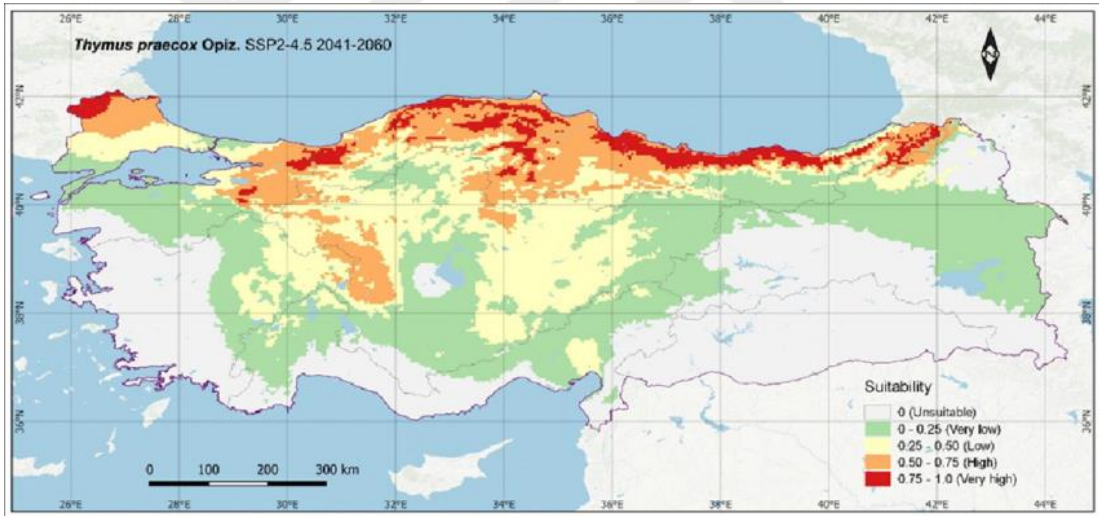
Thymus türleri, Akdeniz fitocoğrafik bölgesinde yoğun olmak üzere, tüm Asya ve Avrupa kıtalarında ve Kuzey Afrika'da yetişmektedir. Özellikle İspanya, Portekiz, Fransa, Cezayir, Tunus, İsrail, Türkiye, İran ve Rusya'da yaygındır. Az da olsa Amerika kıtasında da vardır. Elde edilen kaynaklara göre Kuzey Amerika'da 5 türü (*T. capitatus* Hoffmg. & Link, *T. pannonicus* All., *T. praecox* Opiz, *T. pulegioides* L., *T. vulgaris* L.) bulunmaktadır (Kartesz, 1980).

Thymus türleri, Türkiye'de kekik olarak bilinir ve onların kurutulmuş otsu kısımları, bitki çayı, baharat ya da halk tıbbında kullanılır (Bağcı, 2005). Kekigin birçok uygulama alanı vardır bunlardan bazıları; akciğer (verem, astım, bronşit) hastalıkları, bronşlar, bağırsaklar, sindirim sistemi, mide hastalıklarıdır. İdrar arttırma, balgam söktürme, anemi, kan periyodunu ayarlayan, nefes alma verme yollarını temizleme, diş ile ilgili problemlerde, iştah arttırma, sindirim zorlukları,

iltihabı giderme, ishaller, soğuk algınlığı, romatizmada kullanılabilir. Vücudu güçlendirir, düzensiz kalp atışlarını azaltır, kandaki glikoz dengesini sağlar (Bozdemir, 2019).

Küçük çalılar, yastıksı ya da en azından tabandan odunsu olan çok yıllık bitkilerdir. Yaprak kenarları düz veya kıvrımlı olup, bazen kenarlarında kalınlaşmalar gözlemlenir. Yapraklar, saplı ya da sapsızdır ve çoğunlukla laminanın tabanına doğru ince dişlere sahiptir (Davis, 1982).

Thymus praecox türü “yayla kekiği” olarak bilinmektedir (Güner ve ark. 2012). *T. praecox* türünün Türkiye’deki yayılımı Şekil 1.1’de verilmiştir. Türkiye’de *Thymus* subsp. *skorpilii* ve *Thymus* subsp. *grossheimii* olmak üzere 2 alt türü bulunmaktadır (Davis, 1982). Bu çalışmada kullanılmış olan *T. praecox* subsp. *skorpilii* türünün genel görünüşü Şekil 1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1 *T. praecox* türünün Türkiye’deki Yayılımı (Uzun ve ark., 2023)



Şekil 1.2 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türünün Habitat Görüntüsü ve Genel Görünüşü

1.3 *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* Türünün Sistematığı

Aşağıda *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* türünün sistematik sınıflandırması gösterilmektedir.

Subkingdom: Tracheobionta

Division: Magnoliophyta

Class: Eudicotidae

Subclass: Asterid

Order: Lamiales

Family: Lamiaceae

Genus: *Thymus* L.

Species: *Thymus praecox* Opiz.

Subspecies: *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* (Velen.) Jalas

1.4 *Thymus* L. Türlerinin Sekonder Metabolitleri

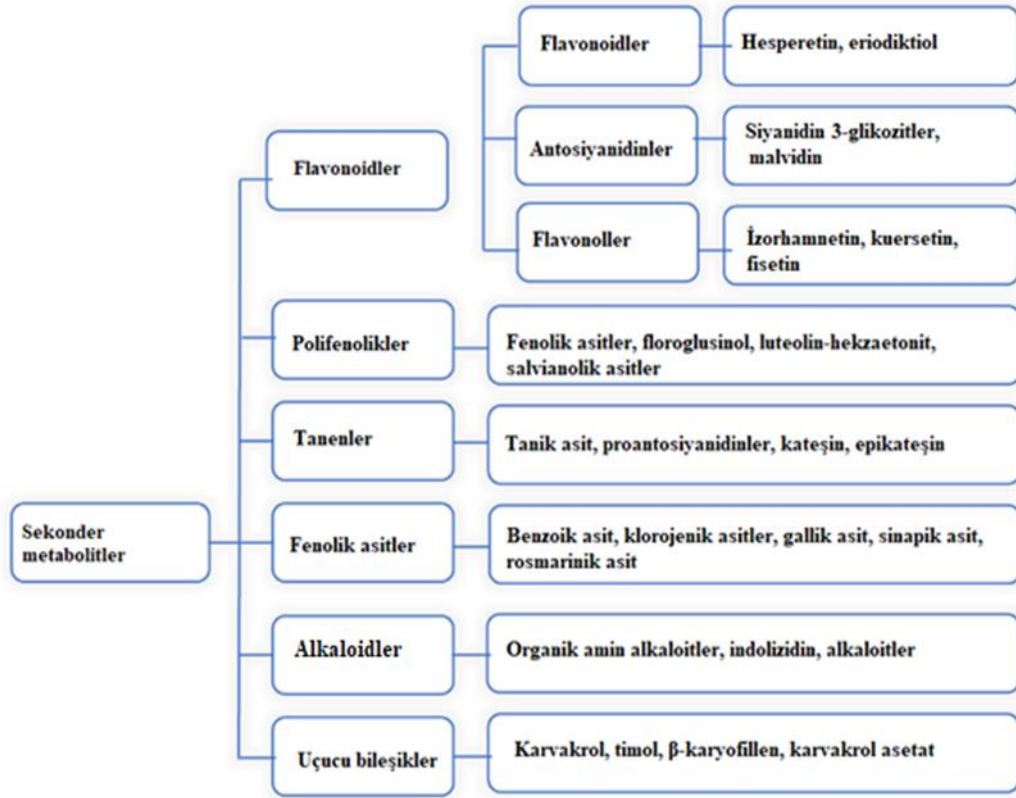
Bitkilerdeki sekonder metabolitler, bitkilerin hayatta kalmaları için doğrudan gerekli olmayan ancak çevresel etkileşimlerinde ve adaptasyon süreçlerinde önemli roller oynayan kimyasal bileşiklerdir. Bu metabolitler bitkilerin savunma mekanizmalarını destekler, hastalıklara ve zararlı organizmalara karşı korunmalarına yardımcı olur. Sekonder metabolitler, yüksek ekonomik değeri nedeniyle insanlar

tarafından ilaç, aroma, gıda katkı maddeleri, koku, böcek ilacı ve boya gibi kimyasallar olarak kullanılır. Bitkisel sekonder metabolitler terpenler, fenolik bileşikler, alkaloidler ve kükürtlü bileşikler şeklinde dört ana grupta sınıflandırılabilir (Pagare ve ark., 2015; Ülger ve Ayhan, 2020). Bu bileşikler, aynı bitki popülasyonundaki bireyler arasında miktar ve tür bakımından farklılık gösterir. Sekonder metabolitler arasında, bir veya daha fazla hidroksil grubunun bağlı olduğu bir benzen halkası içeren bileşiklere fenolik bileşikler veya polifenoller denir. En az bir aromatik halka ve bu halkada bol miktarda hidroksil grubu bulunduran tüm bileşikler fenolik bileşikler olarak adlandırılır. Fenolik bileşikler, bitkilerde yaygın olarak bulunan ve fenol grubu (aromatik bir halkaya bağlı bir veya daha fazla hidroksil grubu) içeren kimyasal maddelerdir. Fenolik bileşikler yapılarına göre flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, stilbenler ve lignanlar olarak beş ana gruba ayrılır (Atak ve Uslu, 2018). Flavonoidler; bitkisel çaylar, meyve ve sebzelerin doğal yapılarında yer alan polifenolik antioksidanlardır. Fenolik bileşiklerin bazıları, meyve ve sebzelerin lezzetinin oluşumunda, özellikle ağızda acılık ve burukluk gibi iki önemli tat unsuru üzerinde etkili olmaktadır. Diğer taraftan, bazı fenolik maddeler (örneğin antosiyaninler), meyve ve sebzelerin kendine özgü renklerinin oluşumunu sağlamaktadır. Proantosiyanidinler ise hem acı hem de buruk tatlar verebilmektedir. Flavonoller, flavonlar, kalkonlar, flavanonlar, izoflavanonlar ve biflavonoidler gibi diğer flavonoidler, bitkilerde sarı veya fildişi tonlarına katkıda bulunabilirler (Deveoğlu ve Karadağ, 2019).

Yapılan araştırmalar, polifenollerin dejeneratif hastalıkların, özellikle kanser, kardiyovasküler hastalıklar ve nörodejeneratif hastalıkların önlenmesindeki önemli rolünü güçlü bir şekilde desteklemektedir (Tsao, 2010). Polifenollerin hastalıkları önleme etkisi, esas olarak antioksidan özelliklerinden kaynaklanmakta; bununla birlikte, epigenetik değişikliklerin tersine çevrilmesi de önemli etkiler yaratabilir. Polifenollerin yalnızca çeşitli hastalıkların önlenmesiyle kalmayıp, aynı zamanda hastalığın ilerleyişini etkileyerek bunu baskıladığı ve iyileşme sürecine katkıda bulunduğu deneysel olarak doğrulanmıştır (Brglez Mojzer ve ark., 2016).

Thymus türleri, flavonoidler (siyanidin 3-glikozitler, eriodiktiol, naringenin ve izorhamnetin), fenolik bileşikler (benzoik asit, gallik asit ve rosmarinik asit), alkaloidler (organik amin alkaloidler, indolizidin alkaloidler, pirolizidin alkaloidler),

tanenler (tanen asitleri, epikateşin polimerleri), uçucu bileşikler (timol, β -karyofillen, geraniol, limonen, karvakril asetat, timokinon) gibi pek çok farklı fitokimyasal içerir (Anwar ve ark., 2024) (Şekil 1.3). Bu maddelerin türü ve miktarı; bitkinin türü, doku tipi, gelişim evresi yanında sıcaklık, nem ve toprağın kimyasal yapısı gibi çevresel faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterir. Uçucu yağlar ve flavonoidler, bu bitkilerde gözlemlenen çeşitli farmakolojik aktivitelerin temel sorumlularıdır (Simeon de Bouchberg ve ark., 1976).



Şekil 1.3 *Thymus* Türlerinde Bulunan Fitokimyasallar (Anwar ve ark., 2024)

Li ark. (2019), *Thymus* türlerinde bulunan ikincil metabolitleri, uçucu yağlar ve uçucu olmayan sekonder metabolitler (fenolik bleşikler, fenilpropanoidler, organik asitler, terpenoidler ve diğerleri) olarak sınıflandırmaktadır. Uçucu yağlar *Thymus* türlerinde en bol bulunan ikincil metabolitlerdir. *Thymus* türlerinden elde edilen uçucu yağlarda bulunan terpenoid bileşiklerin büyük bir kısmı monoterpenlerdir. Seskiterpenler de bu yağlarda genellikle bulunmakla birlikte, miktarları %10'u geçmemektedir. Bazı *Thymus* türlerinde tespit edilen uçucu bileşikler, Çizelge 1.1'de yer almaktadır. Timol ve karvakrol, hem değerleri hem de miktarları açısından en dikkat çekici fenolik terpenlerdir (Stahl-Biskup, 2002).

Ayrıca, uçucu yağlarda iki monoterpen hidrokarbon olan para-simen (p-simen) ve gama-terpinen (γ -terpinen), timol ve karvakrolden ayrı olarak değerlendirilmemektedir. Çünkü γ -terpinen, aromatik monoterpenlerin başlangıç maddesidir ve daha sonra anahtar ara ürün olan p-simen oluşur. Timol ise bu süreçte son üründür. Özetle, bu dört monoterpenin biyogenetik yollarla birbirleriyle ilişkili olduğu ve *Thymus* uçucu yağlarının ana bileşenlerini oluşturduğu söylenebilir (Kokkini ve ark., 1997).

Uçucu yağlarda sıkça tespit edilen diğer monoterpenler ise linalool ve daha düşük yüzdelerde borneol, kafur, limonen, mirsen, β -pinen, trans-sabinen hidrat, α -terpineol ve terpinen-4-ol'dür (Stahl-Biskup, 2002). Seskiterpen bileşikler *Thymus* uçucu yağlarında çok miktarlarda bulunmazlar, ancak seskiterpen yapılı β -karyofillen bazı *Thymus* türlerinde bulunabilir ve terapötik anlamda önemli bir seskiterpen bileşiktir.

Çizelge 1.1 *Thymus* Türlerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşikler

Kaynak Bitki	Uçucu Yağın Ana Bileşenleri	Kaynak
<i>T. aznavourii</i> Velen.	Germakren D %22.8, (E)- β -Farnesen %16.1, α -Pinen %11.1, β -Karyofillen, Limonen	Tümen ve ark., 1998
<i>T. canoviridis</i> Jelas	Karvakrol %29.5, Geraniol %13.3, Timol, β -Karyopfillen, Geranil asetat	Başer ve ark., 1998
<i>T. fallax</i> Fisch. ve Mey.	Karvakrol %68.1, Timol, p-Simen, β -Karyofillen, γ -Terpinen	Tümen ve ark., 1999
<i>T. eigii</i> M. Zohary ve P.H. Davis	Timol %30.6, Karvakrol %26.1ve p-Simen %13.0	Tepe ve ark., 2004
<i>T. sipyleus</i> subsp. <i>sipyleus</i> var. <i>sipyleus</i>	Borneol %11.2, α -Muurolol %9.2, β -Karyofillen %7.6, Geranial %7.3 ve Neral %5.4.	Tepe ve ark., 2005
<i>T. sipyleus</i> subsp. <i>sipyleus</i> var. <i>rosulans</i>	Karvakrol %58.1, Timol %20.5 p-Simen %4.1 ve γ -Terpinen%4.4	Tepe ve ark., 2005
<i>T. pectinatus</i> Fisch. ve Mey. var. <i>pectinatus</i>	Timol %49.8, γ -Terpinen %16.1, p-Simen %14.8, Karvakrol % 3.7	Vardar-Ünlü ve ark., 2003
<i>T. spathulifolius</i>	Timol %36.5, Karvakrol %29.8, p-Simen %10.0 ve c-Terpinen %6.3	Sökmen ve ark., 2004

Çizelge 1.1 *Thymus* Türlerinde Tespit Edilen Uçucu Bileşikler (devamı)

Kaynak Bitki	Uçucu Yağın Ana Bileşenleri	Kaynak
<i>T. praecox</i> subsp. <i>caucasicus</i> var. <i>caucasicus</i>	Timol %47.45, γ -Terpinen %8.7, p-Simen %8.30, Terpinil asetat %4.88 ve Karvakrol %4.60	Şekeroğlu ve ark., 2007
<i>T. pseudopulegioides</i> Klovov et Des.-Shost.	Timol %50.1, Karvakrol %10.7, p-Simen %10.7, γ -Terpinen, Karvakrol ve Linalool %21.6, α -Terpinil asetat %16.7, Geraniol %11.2	Başer ve ark., 1999
<i>T. transcaucasicus</i> Ronn.	Timol %36.6, p-Simen %15.7, Karvakrol, γ -Terpinen, Borneol	Kasumov ve Gavrenkova, 1985

Shahar ve ark. (2023), *T. serpyllum* ekstraktındaki fenolik bileşiklerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi amacıyla UV algılamalı RP-HPLC yöntemi kullanarak bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada gallik asit, kafeik asit, 4-hidroksibenzoik asit, rutin, katekol ve naringin fenolik bileşiklerini tespit etmişlerdir. Bazı *Thymus* türlerinde tespit edilen fenolik asitler Çizelge 1.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.2 *Thymus* Türlerinde Tespit Edilen Fenolik Asitler (Altıntaş, 2023).

Kaynak Bitki	Fenolik Asitler	Kaynak
<i>T. praecox</i> subsp. <i>grossheimii</i>	Kumarin Asit, Neohesperidin Rutin, Resveratrol, Kateşin, Vanilik Asit, Gallik Asit, Kuersetin, t-Sinamik Asit, o-Kumarik Asit	Karan, 2024
<i>T. praecox</i> Opiz subsp. <i>caucasicus</i> var. <i>caucasicus</i>	Gallik Asit, Protokatekuik Asit, p-OH Benzoik Asit, Kateşin, Klorojenik Asit, Vanilik Asit, Kafeik Asit, Siringik Asit, Epikateşin, p-Kumarik Asit, Rutin, Kuersetin, Kamferol	Çavuş, 2011
<i>T. vulgaris</i>	Sinnamik asit, Ferulik asit, Kafeik asit, Rozmarinik asit, Gallik asit, Vanilik asit	Roby ve ark., 2013; El-Newary ve ark., 2017; Martins ve ark., 2015
<i>T. serpyllum</i> L.	Ferulik asit, Klorojenik asit	Varga ve ark., 2015
<i>T. quinquecostatus</i> Celak.	Ferulik asit, Kafeik asit, Klorojenik asit, Rozmarinik asit	Li ve ark., 2019; Lee ve ark., 2011

1.5 Kurutma Yöntemleri

Gıdaların kurutulması işlemi, ilk çağlardan bu yana uygulanan en eski koruma yöntemlerinden bir tanesidir (Cemeroğlu, 2013). Kurutma bir gıda maddesinin içeriğindeki su aktivitesini en az indirerek gıdaların mikrobiyolojik enzimatik ve kimyasal bozulmalara karşı korunmasını amaçlamaktadır. Nem miktarının düşürülmesi sırasında tat, koku ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin muhafaza edilmesi büyük önem taşımaktadır. Günümüzde kurutulacak gıdanın nitelikleri, kurutulmuş üründe istenilen kalite veya fonksiyonel özellikler dikkate alınarak kullanılmakta olan çok sayıda kurutma yöntemi mevcuttur (Thamkaew ve ark., 2021). Bu çalışmada kekiğin kurutulması amacı ile doğal bir kurutma yöntemi olan gölgede kurutma, geleneksel bir yöntem olan sıcak hava ile kurutma, yüksek ürün kalitesi elde etmek açısından etkili bir yöntem olarak bilinen dondurarak kurutma ve son yıllarda gıdaların kurutulmasında alternatif bir kurutma yöntemi olan mikrodalga ile kurutma yöntemleri kullanılmıştır.

Gölge kurutma yöntemi, doğal ve düşük maliyetli bir yöntemdir. Aromatik tıbbi bitkilerin, özellikle baharatların kurutulmasında gölgede kurutma yöntemi yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre, Türkiye'de yıllık toplam güneşlenme süresi 2741 saat, toplam ışıınım şiddeti ise 1527,46 kWh/(m²×yıl) olarak belirtilmektedir. Bu nedenle güneşte kurutma yöntemi kolay oluşuyla ve maliyet açısından uygun olmasıyla yaygın olarak kullanılan kurutma yöntemlerinden bir tanesidir. Güneş ışınlarından yararlanarak gerçekleştirilen doğal kurutmada, kurutma koşulları kontrol edilememekte ve gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları oldukça fazla olduğundan, kurutma şartları her gün değişiklik göstermektedir (Lüle, 2014). Ayrıca bazı ürünlerde güneş ışığının doğrudan etkisi kurutulmuş ürün kalitesinde birtakım olumsuzluklara neden olabilmektedir. Gölgede kurutma yönteminin, güneş ışığının doğrudan etkisini azaltarak, kurutulan malzemenin rengini, aromasını ve besin değerlerini korumaya yardımcı olduğuna ilişkin çalışmalar mevcuttur (Thamkaew ve ark., 2021). Paşa ve ark. (2019) tarafından, *Satureja cuneifolia* Ten. türünün çiçeklenme öncesi ve tam çiçeklenme dönemlerinde uçucu yağ bileşenlerinden olan carvacrol ve p-cymene'nin gölgede kurutma yöntemiyle güneşte kurutmaya oranla en yüksek seviyeye ulaştığı saptanmıştır. Güler (2019) tarafından yapılan araştırmada,

gölgede kurutulan kekik örneklerinin b* değerinin, güneşte kurutulan örneklerle kıyasla taze örneklerle daha yakın olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, güneşte kurutulan örneklerin doğrudan güneşten gelen UV ışınlarına maruz kalmasının neden olduğu pigment değişimlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Dondurarak kurutma, gıdada bulunan suyun önce hızla dondurulması daha sonrasında, vakum altında ve erime noktalarının altındaki sıcaklıklarda süblime edilerek uzaklaştırma prensibi kullanılmaktadır. Dondurarak kurutmanın başlıca faydalarından biri, düşük sıcaklıkta gerçekleşen kurutma sürecinde, ısı kaynaklı bozulmayı en aza indirmesi sayesinde, besin içeriği, tat, renk ve aromayı koruyarak ürün kalitesini muhafaza etme yeteneğidir. Aynı zamanda, su aktivitesini etkili bir şekilde azaltarak mikrobiyal büyümeyi ve enzimatik reaksiyonları önler, bu da ürünlerin raf ömrünü uzatır. Dondurarak kurutma, gıdalarda büzülme veya sıkışmayı önleyerek ürünün orijinal yapısını ve dokusunu korur; bu da kolayca yeniden rehidre olabilen, hafif ve gözenekli ürünler elde edilmesini sağlar (Shukla, 2011). Dondurarak kurutma, tıbbi ve aromatik bitkilerin kurutulmasında genellikle yüksek kaliteli son ürünler elde edilmesini sağlar (Thamkaew ve ark., 2021). Ancak, bu yöntemin etkisi, farklı bitki türleri için, farklı kurutma yöntemleri ile kıyaslandığında değişken sonuçlar gösterebilmektedir. Örneğin Hossain ve ark. (2010), dondurarak kurutulmuş olan altı Lamiaceae bitkisinin (biberiye, kekik, mercanköşk, adaçayı, fesleğen ve kekik) toplam fenol, antioksidan kapasite, rosmarinik asit içeriğinin gölgede kurutulmuş olanlara kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Dondurarak kurutma, ısı zararını engellemek ve mükemmel yapısal özelliklere sahip ürünler üretmek amacıyla uygulanabilse de yavaş ve maliyetli bir süreçtir. Uzun işlem süresi, kompresör ve soğutma sistemlerinde ek enerji gereksinimi doğurur, bu da işlemi ticari kullanım için oldukça pahalı hale getirir. Bu nedenle, dondurarak kurutma en çok birinci sınıf olarak satılabilen değerli ve hassas ürünler veya tıbbi ürünler için tercih edilir (Cin, 2019).

Sıcak hava ile kurutma tekniği, başlangıç yatırım maliyetinin düşük olması ve işletme kolaylığı gibi avantajları nedeniyle en çok tercih edilen kurutma yöntemleri arasında yer almaktadır. Bu yöntem, sıcak hava akımı kullanarak gıdaların içindeki suyun buharlaştırılmasını ve uzaklaştırılmasını içerir. Doğal kurutma yöntemleri ile 1–2 hafta süren kurutma süresi, sıcak hava kurutucular kullanıldığında 20–24 saate

inebilmektedir (Mali ve Butale, 2019). Güneşte kurutmaya kıyasla kurutma esnasında ürün kaybı azalmakta ve daha saf ve kaliteli ürün elde edilebilmektedir. Sıcak hava ile kurutma işleminde ısı ve kütle aktarımı birlikte gerçekleşir. Isı transferi sıcak havadan gıda yüzeyine taşınım ile, gıdanın iç kısımlarına iletim ile gerçekleşir. Bu enerji, suyun buharlaşması için gerekli olan ısıyı sağlar. Gıdaların sıcak hava ile kurutulması esnasında, genel olarak, ilk olarak kurumanın yüksek bir hızda gerçekleştiği ve nemin büyük bir kısmının giderildiği “sabit hız periyodu”, ardından ise; su içeriğinin artık azalmış olmasından dolayı hızın yavaşladığı ve nispeten daha az suyun buharlaştırıldığı, uzun süre alan “azalan hız periyodu” olmak üzere iki ayrı kuruma dönemi gözlemlenir (Baker, 1997; Geankoplis, 2008). Azalan hız periyodunda, kuruma hızı, katının içinden yüzeye doğru nemin difüzyonu ile kontrol edildiğinden, kurutma yavaşlamaktadır. Sıcak havada kurutma yönteminin en büyük dezavantajları, azalan hız evresi boyunca kurutma süresinin uzun olması, düşük enerji verimliliği ve uzun kurutma süresi nedeniyle ürün kalitesinin olumsuz etkilenmesidir. Bu durum, alternatif kurutma yöntemlerinin incelenmesine yol açmıştır (Moses ve ark., 2014). Mikrodalga ile kurutma yöntemi, yüksek kurutma hızı sağlaması nedeni ile otlar, baharatlar ve bazı meyve ve sebzelerin kurutulmasında alternatif bir kurutma yöntemi olarak dikkat çekmektedir.

Son yıllarda mikrodalga ile kurutma yöntemi biyolojik materyallerin kurutulmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Urugo ve ark., 2021). Mikrodalga, elektromanyetik spektrumun bir bölümünü oluşturmakta olup, görünür ışık ile radyo dalgaları arasında bulunmaktadır. Ev tipi mikrodalga fırınlar 2450 MHz frekansta çalışmaktadır. Mikrodalga enerjisi bir maddeye nüfuz ettiğinde, madde tarafından absorbe edilir ve dipol rotasyonu ve iyonik kondüksiyon olmak üzere iki farklı ısıtma mekanizma ile madde içerisinde ısı oluşmasını sağlar. Çoğu biyolojik maddenin ana bileşeni sudur, bu nedenle ısınmadaki temel mekanizma dipol rotasyonudur. Dipol rotasyonunda, su gibi polar moleküllerde mikrodalga etkileşimiyle ortaya çıkan titreşim hareketi, sürtünmeye ve dolayısıyla madde içerisinde ısı oluşumuna neden olur. Bu nedenle, mikrodalga ile ısıtma işlemini diğer geleneksel yöntemlerden ayıran en önemli niteliği hacimsel ısıtma sunmasıdır. Hacimsel ısıtma ile maddenin gözeneklerinde bulunan suyun buharlaşması sonucu oluşan buhar, madde içinde basıncın artmasına neden olmakta ve böylece maddenin içindeki su hızla yüzeye

doğru ilerlemektedir (Metaxas ve Meredith, 1983). Geleneksel ısıtma yöntemlerine göre işlem süresinin kısa olması, enerji tüketiminin düşük olması ve renk, tat, koku, aroma ve besin değerinin en üst seviyede korunması gibi önemli avantajları mevcuttur (Khodifad ve Dhamsaniya, 2020).



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Polatcı ve Tarhan (2009), reyhan (*Ocimum basilicum* L.) bitkisini gölgede, güneşte, etüvde, mikrodalgada ve kondüksiyonel yöntemle kurutmuştur. Etüvde 45°C ve 55°C sıcaklıklar kullanarak gerçekleştirilen kurutma işlemi sırası ile 50 ve 34 saat sürerken, mikrodalgada kurutma işleminin 9–22 dakika içerisinde tamamlandığı gözlenmiştir. Ancak mikrodalga kurutma işleminin, reyhan bitkisinin kalite özelliklerinin korunması için uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca güneşte ve gölgede kurutma yöntemlerinin reyhan bitkisinin kalite özelliklerini olumsuz etkilediği görülmüştür. Araştırma sonunda reyhan bitkisi için 45–55°C sıcaklıktaki havayla kurutmanın uygun olduğu belirlenmiştir.

Lin ve ark. (2012), yaptıkları bir çalışmada Çin’de yaygın kullanılan *R. serra* bitkisine iki ayrı metodla (sıcak su ve buhar) haşlama uygulayarak peroksidaz ve polifenoloksidaz enzimlerinin inaktivasyon kinetiğini araştırmış ve kurutma tekniklerinin fenolik madde içeriğine etkisini gözlemlemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre sadece dondurarak kurutma yöntemi uygulanan örnekler başlangıçtaki kalitelerini korumuştur. Güneşte kurutma ve hava ile kurutma yöntemlerinin fenolik madde içeriğinde büyük kayıplara neden olduğu gözlemlemişlerdir.

Rahimmalek ve Goli (2013), altı çeşit kurutma yönteminin (güneş, gölge, fırın (50, 70°C), mikrodalga ve dondurarak kurutma) kekik (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*. Celak) yapraklarının uçucu yağ elde etme verimi, bileşimi ve renk özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. En yüksek uçucu yağ verimi dondurarak kurutma yöntemiyle (%1.7) elde edilmiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda yapılan kurutma işlemi (mikrodalga ve fırın 70°C), timol/karvakrol ve β -karyofilen içeriğinde artışa neden olmuştur. a^* değeri (yeşillik) açısından, gölgede kurutma ve mikrodalga kurutma yöntemleri en yüksek değere (daha negatif) sahip olmuştur.

Yousef ve Hamouda (2013), farklı kurutma yöntemlerinin (45°C’de fırın, 20°C’de gölge, 35°C’de sera ve 30°C’de güneş) *Thymus vulgaris* L’nin uçucu yağ, nem içeriği ve renk maddesi içeriğine etkisini incelemişlerdir. Uçucu yağ yüzdesinin en yüksek oranları fırın kurutma yönteminden, en düşük oranlar güneşte kurutma yönteminden elde edilmiştir. Uçucu yağın 12 bileşiğinin, tricyclene, α -pinen, kamfen, α -terpinen, limonen, ökaliptol, p-simen, kafur, linalol, borneol, timol ve karvakrol

olarak belirleyerek, ana bileşenlerin limonen ve timol olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmada ayrıca, fırında ve serada kurutulmuş örneklerin klorofil a değerlerinin güneşte ve gölgede kurutulanlara kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Calín-Sánchez (2013), farklı kurutma yöntemlerinin (konvektif 40°C, vakum-mikrodalga 240W, 360W, 480W, dondurarak) *Thymus vulgaris*'in uçucu organik bileşenleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada timol, c-terpinen, p-simen, karyofillen ve a-terpinen ana bileşenler olarak tanımlanmıştır. Taze kekikteki uçucu maddelerinin toplam miktarının (1.167 mg/100 g k.b) kurutma işlemi sonrasında (240 ve 360W'ta yapılan vakum mikrodalga kurutma hariç) azaldığı tespit edilmiştir. 40°C'de yapılan ön kurutma sonrası 240 ve 360W'ta vakum mikrodalga kurutma ile gerçekleştirilen kombinasyon kurutma yöntemi kurutma süresi ve aroma kalitesi açısından en iyi kurutma yöntemi olarak belirlenmiştir.

Pirbalouti ve ark. (2013), İran'da endemik dağılım segileyen *Satureja bachtiarica* Bunge türünün uçucu yağ verimi üzerine güneşte kurutma, gölgede kurutma, 45°C ve 65°C'de fırında kurutma ve dondurarak kurutma gibi farklı kurutma yöntemlerin etkilerini araştırmışlardır. En fazla uçucu yağ verimi (v / w) 45°C'de fırında kurutma (%2.3) yönteminde elde edilmiştir. Bunu sırası ile dondurularak kurutma (%2.1), 65°C'de fırında kurutma (%2.0), gölgede kurutma (%1.7), güneşte kurutma (%1.6) yöntemleri izlemiştir. Taze örnekteki uçucu yağ verimi %1.2 olarak tespit edilmiştir. Başlıca bileşenlerin karvakrol (%31.2–%42.2), terpinen (%10.9–%18.3), timol (%11.7–%19.4) ve p-simen olduğunu raporlayan araştırmacılar, bu tür için 45°C'de fırında kurutmanın, kısa kuruma süresi ve yüksek yağ verimi açısından önemli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Kasapsaraçoğlu (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, Denizli bölgesinde kültür yetiştiriciliği yapılan *Origanum onites* L.'in uçucu yağ, antioksidan aktivite, toplam fenolik madde ve rengi üzerine konvektif (50, 60, 70 °C) ve mikrodalga (360, 480 W) ile kurutma işlemlerinin etkisi incelenmiştir. Kekikte bulunan toplam fenolik madde miktarının, 480 W mikrodalga gücünde kurutma işlemi sonrasında başlangıç değerinin 13.7 katına, 360 W mikrodalga gücünde ise 11.7 katına çıktığı saptanmıştır. Konvektif kurutma yönteminde, kuru kekikte bulunan toplam fenolik madde miktarının, 70°C'de kurutma sonrasında başlangıç değerinin 4.2 katına,

60°C’de 2.9 katına ve 50°C’de 5.2 katına çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca renk analizinde yeşilliğin korunmasında konvektif kurutucunun daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Sıcaklığın 50°C’den 70 °C’ye çıkması ile a* değerinde artış olduğu, yani yeşil renkte azalma olduğu tespit edilmiştir. Mikrodalga yöntemiyle kurutulan kekik örneklerinin sarılık değerinin konvektif yöntemle kurutmaya kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Kılıç Pekgözlü ve Özcan (2018), Burdur-Büğdüz’den elde ettikleri *Thymus sipyleus* Boiss. var. *sipyleus* türünün uçucu yağlar üzerine farklı kurutma yöntemlerinin (açık hava, mikrodalga, dondurarak kurutma, 50-70°C’de fırında kurutma) etkisini araştırmışlardır. Uçucu yağlar eşzamanlı destilasyon-ekstraksiyon (SDE) yöntemiyle ekstrakte edilmiştir. Sitronellol, ökaliptol, kafur, kampen ve tüm örneklerde en önemli bileşikler olarak tespit edilmiştir. Taze yaprakta %17.9 olan citronellol miktarı 360W mikrodalga kurutma işlemi ile %22.7’ye yükselmiştir. Timol oranı ise farklı kurutma yöntemlerinde %0.35-3.80 arasında değişiklik göstermektedir. Kurutma işlemleri monoterpen hidrokarbon oranını azaltmıştır (%3–5). Ancak, bu grubun alkol formu ise artmıştır (%1–6). Açık havada kurutma veya 50 °C’de fırında kurutma, bu tür için en ideal yöntemdir.

Güler (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, Bursa ve Adana illerindeki farklı satış noktalarından alınan biberiye, fesleğen, kekik, nane ve stevyanın renk, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitesi üzerine kurutma yöntemlerinin (kurutma tüneli (30, 40 ve 50°C), mikrodalga (450, 600 700 ve 800W), güneş, gölge, buzdolabı) etkisi belirlenmiştir. Kurutma işlemi tüm örnekler için L* değerinde düşüşe neden olmuştur. Kekik için, taze örneğin L* değerine (51.3) benzer değer 50°C’de (45.4) kurutma tüneline kurutulan örnekte görülmüştür. Kurutma yöntemlerinin örneklerin toplam fenolik madde ve antioksidan içeriği üzerine etkilerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Kekik için, en yüksek fenolik madde (529.7 mg GAE/100 g) ve antioksidan aktivite (6.6 µmol trolox/g) değeri kurutma tüneline 30°C’de kurutulmuş örneklerde tespit edilirken, en düşük fenolik madde (254.5 mg GAE/100 g) ve antioksidan etkinlik değerinin (2.3 µmol trolox/g) ise gölgede kurutulan kekikte olduğu tespit edilmiştir.

Sarıhan (2019), farklı kurutma tekniklerinin zahter bitkisinin (*Thymbra spicata* var. *spicata* L.) rengi üzerine etkisini incelemiştir. En yüksek L* değeri (39.5) ve en düşük a* değeri (-1.19) gölgede kurutma uygulamasında elde edilmiştir. Sarılığı ifade eden b* değerleri araştırıldığında, en yüksek değer 12.6 ile güneşte kurutma işleminden, en düşük değeri ise 9.2 ile fırında kurutma işleminden elde edildiği görülmektedir. Ana bileşenlerden en yüksek gama terpinen oranı %8.6 ile güneşte kurutma uygulamasından, en yüksek p-simen oranı %24.7 ile fırında kurutma uygulamasından, en yüksek karvakrol oranı ise % 74.4 ile gölgede kurutma uygulamasından elde edilmiştir.

Paşa ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, İzmir Bozdağ-Ödemiş ilçesinden elde ettikleri *Satureja cuneifolia* Ten. (Lamiaceae) türüne ait bitkinin çiçeklenme öncesi, çiçeklenme dönemi ve sonrası için farklı kurutma yöntemleri (güneşte 10 saat, gölgede 16 saat ve etüvde 40°C'de 10 saat) uygulayarak, uçucu yağ bileşenlerini carvacrol, p-cymene, thymol, γ -terpinene olarak tespit etmişlerdir. Elde edilen verilere göre en yüksek uçucu yağ oranı çiçeklenme öncesi dönemde güneşte kurutmada (%2.41), uçucu yağ değeri ise en düşük etüvde kurutmada (%2.28) tespit edilmiştir. Tam çiçeklenme döneminde en yüksek değer gölgede kurutmada (%2.04), en düşük değer etüvde kurutmada (%1.85) ölçülmüştür. Çiçeklenme sonrası dönemde ise en yüksek uçucu yağ oranı güneşte kurutmada (%1.24), en düşük değer ise gölgede kurutmada (%1.19) belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenlerinden karvakrol ve p-simen gölgede kurutma yönteminde bütün dönemlerde en yüksek değerlere ulaşmıştır.

Bulut (2022), yaptığı çalışmada *Thymus sibthorpii* Benth. yaprağın alt ve üst tabakasında 1–2 hücreli örtü tüyleri olduğunu tespit etmiştir. Salgı tüylerinin ise Lamiaceae familyasına uygun nitelikte 8 hücreli ve pulsu epidermaya gömülü halde olduğunu belirlemiştir.

Nath ve Sönmez. (2023), *Thymus brachychilus* Jalas türü üzerine yaptıkları anatomik ve mikromorfolojik çalışmada, yaprağın üst ve alt yüzeyinde tek hücreli ve 3–5 hücreli salgı tüyleri tespit edilmiştir. Ayrıca yaprak yüzeyi boyunca bir sapı ve tek hücreli başa sahip kapitat salgı tüyleri ile sapsız çok hücreli peltat salgı tüyleri olduğunu belirlemiştir.

Ergen Akçin ve ark. (2023), Lamiaceae familyasına ait *Satureja spicigera* türünde yaptıkları çalışmada epidermise gömülü kapitat salgı hücresiyle, merkezi 4 çevresi 8 hücreden oluşan peltat salgı tüyü olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca tek hücreli kısa konik şeklinde ve 3–5 hücreli örtü tüyleri olduğunu da bildirmişlerdir.

Uzun ve ark. (2023), *T. praecox* türünün günümüzdeki yayılış alanlarını ve gelecekteki tahmini yayılış alanlarını iklimsel verileri baz alarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmaya göre *T. praecox*'un günümüzdeki uygun ve çok uygun dağılım alanları 108411.705 km²'dir ve buna göre CanESM5.0.3 modeline göre gelecekte çok uygun ve elverişli dağıtım alanlarında kayıplar yaşayacağı belirlenmiştir. Analizlere göre 2081–2100 dönemlerinde çok uygun dağılım alanlarının tamamen ortadan kalkacağı tahmin edilmektedir.

Kaya (2024), Lamiaceae familyasının tüy morfolojisi üzerine yaptığı çalışmada, türlerin yoğun örtü ve salgı tüyüne sahip olduğunu ve salgı tüylerinin de kapitat ve peltat olmak üzere iki tipten meydana geldiğini belirlemiştir. Aynı zamanda *Thymus* türlerinde başı bir hücreli, sapı bir hücreli olan kısa salgı tüyleri, başı iki hücreli, sapı bir hücreli olan kısa salgı tüyleri olduğunu da belirlemiştir.

Gostin ve Blidar. (2024), Lamiaceae familyasına ait *Phlomis* türleri üzerine yaptıkları çalışmada, *Phlomis monocephala* P.H. Davis türünde baş ve sap hücresinden oluşan salgı yapısıyla, bir baş 2 sap hücresinden oluşan kapitat salgı tüylerine rastlamışlardır. Aynı zamanda 4–5 hücreli 2 baş yapısına sahip kapitat salgı yapıları olduğunu da bildirmişlerdir.

Çizelge 2.1 Farklı Kurutma Tekniklerinin Çeşitli *Thymus* Türü Kekiklerin Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırıldığı Çalışmalar

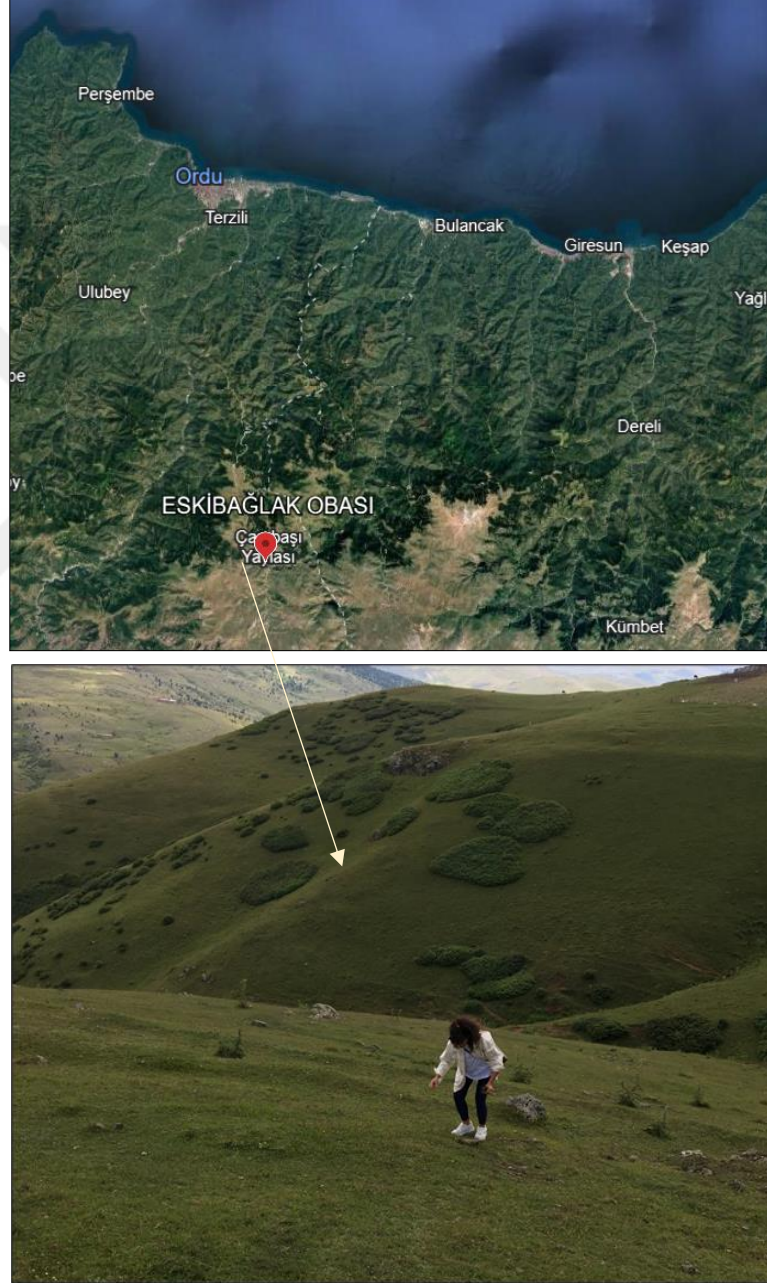
Materyal	Örnekleme yeri ve zamanı	Kurutma yöntemi	Yapılan analizler	Referans
Kekik (<i>T. vulgaris</i>)	2020, İran, Shahid Bahonar Ün.araştırma alanından (1774 m)	Fırın (40, 70 °C) Mikrodalga (360,720W) Güneş, Gölge, Dondurarak	Uçucu yağ miktarı, uçucu yağ bileşenleri,TPM, TFM, antioksidan aktivite, nem	Tohidi-Nejad ve ark., (2024)
Kekik (<i>T. vulgaris</i>), nane (<i>M. fruticosa</i>)	Kekik: Ürdün-Zerka şehrinden toplanarak	Gölge Dondurarak	Uçucu yağ miktarı, uçucu yağ bileşenleri, antimikrobiyal aktivite	Alqarni ve ark. (2022)
Kekik (<i>T. vulgaris</i> var. <i>fredo</i>)	Bursa’da marketten satın alınarak	Konvektif (50°C, 1m/s hava hızı) Mikrodalga (200, 600, 1000W) Gölge	Kurutma kinetiği, renk, klorofil konsantrasyonu, TPM, TFM, mineral madde	Yılmaz ve ark. (2021)
Kekik (<i>T. vulgaris</i>), biberiye, fesleğen, nane ve stevya	2016 (Kasım-Aralık) yılında, Bursa ve Adana illerindeki satış noktalarından alınmıştır.	Kurutma tüneli (30, 40, 50 °C) Mikrodalga (450,600,700,800W) Güneş, Gölge, Buzdolabı	Nem, renk, TPM, antioksidan aktivite	Güler (2019)
Limon kekiği (<i>Thymus citriodorus</i>), İzmir kekiği (<i>Origanum onites</i>), karabaş kekik (<i>Thymbra spicata</i>)	2018 yaz sezonunda, Diyarbakır, Dicle Ün. deneme alanından (680 m) toplanarak	Fırın (35 °C), Güneş, Gölge	Renk, uçucu yağ bileşenleri	Sarıhan (2019)
Kekik (<i>Thymus vulgaris</i> , <i>Origanum onites</i> , <i>Origanum vulgare</i> L., <i>Origanum majorana</i>)	2016-2017 yılında, Konya, Selçuk Ün. Araştırma Uygulama Çiftliği	Etüv (40 °C), Güneş, Gölge	Uçucu yağ verimi (%), uçucu yağ bileşenleri	Çakır Kan (2019)
Kekik (<i>T. vulgaris</i>), nane (<i>M. citrata</i>)	Adana, Çukurova Ün. Araştırma Uygulama alanından toplanarak	Fırın (40 °C), Solar, Güneş, Gölge	Uçucu yağ miktarı, uçucu yağ bileşenleri, nem	Özgüven ve ark. (2019)
Kekik (<i>Thymus daenensis</i>)	-	Mikrodalga (100, 500, 1000W) Fırın , Güneş, Gölge, Vakum	Uçucu yağ miktarı, uçucu yağ bileşenleri	Mashkani ve ark. (2018)
Kekik (<i>Thymus sipyleus</i> var. <i>sipyleus</i>)	Burdur-Büğdüz’den (1200 – 1400 m rakım) toplanarak	Mikrodalga (360 W), Fırın (50, 70 °C), Dondurarak, Güneş	Uçucu yağ bileşenleri,	Kılıç Pekgözlü&Özcan (2018)
Kekik (<i>Thymus daenensis</i> subsp. <i>daenensis</i>)	2011 (Mayıs), İran- İsfahan (1900m) toplanarak	Fırın (50, 70 °C), Mikrodalga (800W),Güneş,Gölge,Dondurarak	Uçucu yağ miktarı, uçucu yağ bileşenleri, renk, nem	Rahimmalek veGoli(2013)
Kekik (<i>T. vulgaris</i>)	Polonya'nın Krasnicza Wola bölgesinde seradan satın alınarak	Konvektif Vakum-mikrodalga, Dondurarak, Konvektif-VM	Kurutma kinetiği, uçucu yağ bileşenleri, duyuusal analiz	Calín-Sánchez ve ark. (2013)
Kekik (<i>T. vulgaris</i>)	2008 yılında, Budapeşte Corvinus Ün. deneme tarlasından toplanarak	Fırın (30, 40, 50 °C) Dondurarak	Uçucu yağ miktarı, temel uçucu yağ bileşenleri, duyuusal analiz	Sarosi ark. (2013)

TPM: Toplam fenolik madde; TFM: Toplam flavonoid içeriği

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Thymus türüne ait *T. praecox* subsp. *skorpilii* alt türüne ait bitki örnekleri Ordu ilinin Çambaşı-Eskibağlak Obası'ndan (Şekil 3.1), 2023 yılının Ağustos ayında çiçeklenme döneminde toplanmıştır. Bitkinin genel görünümü Şekil 3.2'de verilmiştir. Bitkilerin tayini Davis (1982)'e göre yapılmıştır.



Şekil 3.1 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türünün Toplandığı Lokalite



Şekil 3.2 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türünün Genel Görünüşü

3.2 Yöntem

Çalışmada *T. praecox* subsp. *skorpilii* alt türünün salgı yapılarının anatomik ve mikromorfolojik olarak incelenmesinin yanı sıra, yaş ve kurutulmuş örneklerde renk, toplam fenolik madde ve uçucu organik bileşen analizleri yapılmıştır.

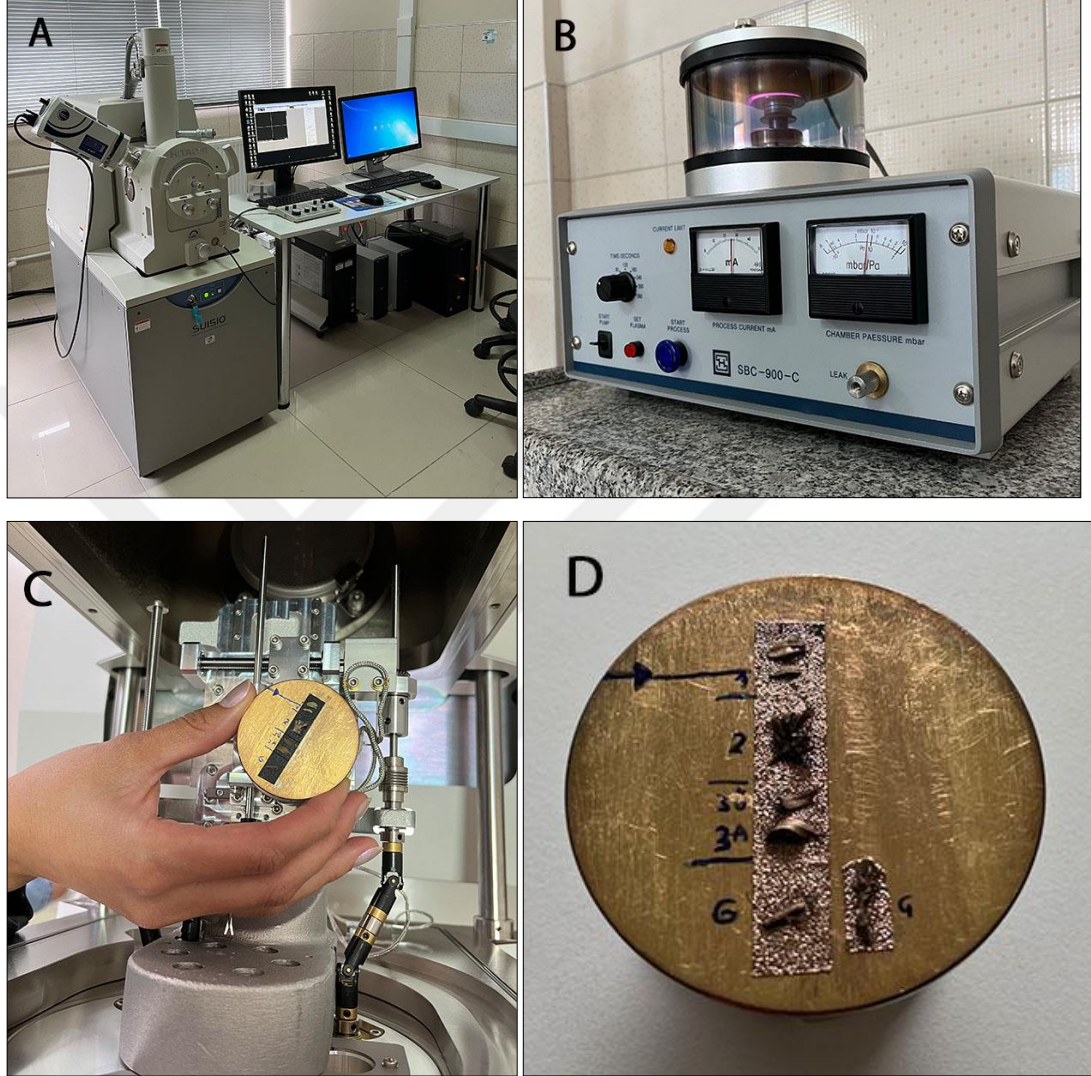
3.3 Anatomik Özelliklerin Belirlenmesi

Anatomik incelemeler için bitki örneklerinin bir kısmı %70'lik alkol çözeltisinin içerisine konularak muhafaza edilmiştir. Gövde, yaprak ve çiçek kısımlarından enine ve yüzeysel kesitler alınmıştır. Kesitler daimi preparat haline getirilmiştir. Alınan kesitler ışık mikroskobu ile incelenerek mikrometrik ölçümler yapılmıştır ve görüntüleri fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Tüylerin boyları ve çapları NIS (Nikon Imaging System-Elements Imaging Software 3.00 SP5) paket programı kullanılarak ölçülmüştür. Tüy yapılarının sınıflandırılması Kaya (2024)'ya göre yapılmıştır.

3.4 Mikromorfolojik Özelliklerin Belirlenmesi

T. praecox subsp. *skorpilii* alt türünün mikromorfolojik özelliklerinin incelenmesi taramalı elektron mikroskobu (SEM) (Hitachi-SU 1510) kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3). Elektron mikroskobunda çekim yapabilmek için salgı yapısı tespit edilen kısımlarına ait örnekler (kuru yaprak, çiçek vb.) çift taraflı karbon

bant üzerine sabitlenmiştir. Sabitlenen örnekler 12.5–15 nm altın ile kaplanmıştır. Bu analiz için Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezinden hizmet alınmıştır.



Şekil 3.3 Mikromorfolojik Araştırmada Kullanılan Ekipmanlar A: Elektron Mikroskobu, B: Altın Kaplama Cihazı, C: Altın Kaplanacak Örnekler D: Altın Kaplanmış Örnekler.

3.5 Kurutma Denemelerinin Yapılması

Toplanan kekik örnekleri nem değerini kaybetmemesi için aynı gün içerisinde yapraklarından ayrılmıştır. Hazırlanan örnekler kilitli poşetler içerisinde +4°C'de buzdolabında 1 gece bekletilmiş ve ertesi gün kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Örneklerin kurutma süreleri yapılan ön denemeler ile belirledikten sonra, her kurutma yöntemi için 3 tekerrür çalışılmıştır.

3.6 Mikrodalga Kurutma

Mikrodalgada kurutma işlemi için ev tipi mikrodalga fırın (Samsung Smart Oven, MC32F606) kullanılmıştır. Yaklaşık 5.00 ± 0.00 gram kekik örneği Şekil 3.4'te gösterildiği gibi 11.5 cm çapındaki bir petri içersine konulmuş ve daha sonra mikrodalga kavitesi içerisinde bulunan tablanın merkezine yerleştirilerek kurutma işlemi uygulanmıştır. Kurutma işlemi 3 farklı mikrodalga gücü (360, 600 ve 900 W) kullanılarak yapılmıştır. Kurutma işlemi, ürünün son nem değeri %10'un altına düşüncüye kadar devam ettirilmiştir.



Şekil 3.4 Yaş Kekik Örneği

3.7 Dondurarak Kurutma

Bu kurutma yöntemi, -50°C 'de ve 0.1 mbar vakum basınç altında laboratuvar ölçekli bir liyofilizatör (FreeZone 2.5L 7670530, Labconco) kullanılarak yapılmıştır. Kurutma işlemi, ürünün son nem değeri %10'un altına düşüncüye kadar devam ettirilmiştir.

3.8 Gölgede Kurutma

Gölgede kurutma işlemi, güneş ışınlarından korunan ve hava geçişini engellemeyecek bir ortamda (ortalama 29.4°C oda sıcaklığında ve ortalama %70.2 nem oranında) 72 saat süre ile gerçekleştirilmiştir (Güler, 2019).

3.9 Sıcak Hava ile Kurutma

Sıcak hava yöntemi 50°C sıcaklıkta, laboratuvar ölçekli fanlı bir etüv (Ordel OC770) kullanılarak yapılmıştır. Kurutma işlemi, ürünün son nem değeri %10'un altına düşünceye kadar devam ettirilmiştir.

3.10 Kuruma Eğrilerinin Elde Edilmesi

Mikrodalga, fırında kurutma ve sıcak hava ile kurutma işlemlerinde kuruma eğrileri elde edilmiştir. Kuruma eğrilerinin elde edilebilmesi için örnekler sabit nem değerine ulaşınca kadar kurutulmuştur. Bu süre içerisinde kekik örnekleri belirli periyotlarla fırından çıkartılarak çok kısa süre içerisinde tartılıp tekrar fırına yerleştirilmiştir.

3.11 Nem İçeriğinin Belirlenmesi

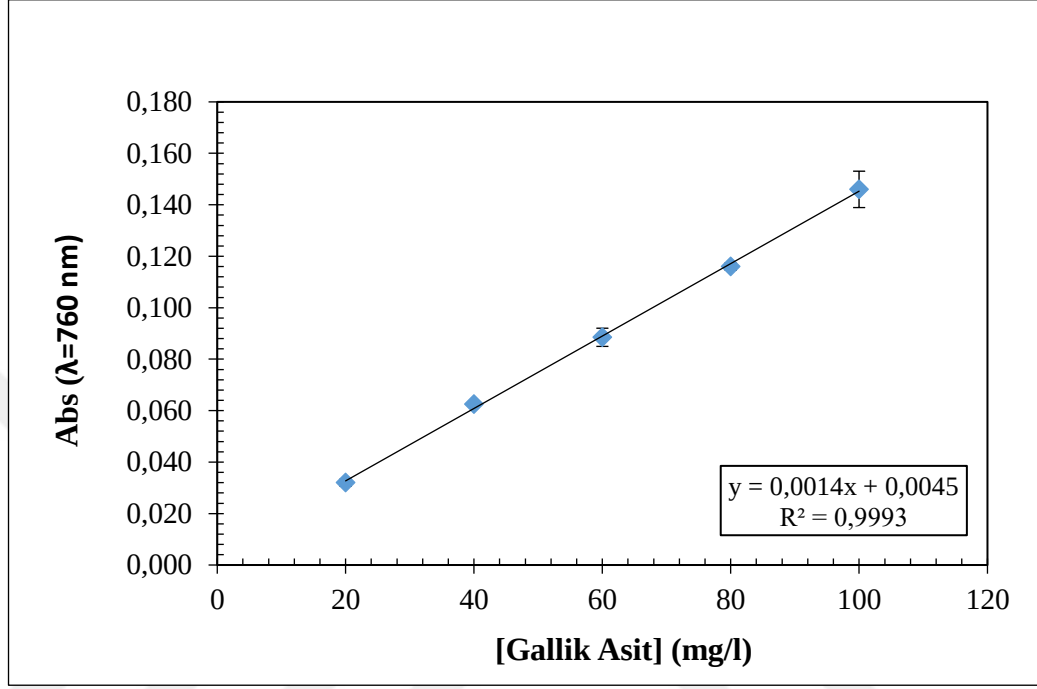
Örneklerin nem içeriği 105°C'de, sabit nem değerine ulaşınca kadar tutulması ile oluşan ağırlık kaybına göre hesaplanmıştır (AOAC, 1995).

3.12 Toplam Fenolik Maddenin (TFM) Belirlenmesi

Toplam fenolik madde analizi için, 0.5 g kekik örneği, %80 metanol solventi ile 1:10 oranında ıslatılmış ve karışım 2 dakika boyunca homojenize edilmiştir (Vortex, Isolab, Wertheim, Germany). Daha sonra, süspansiyon ultrasonik su banyosuna yerleştirilerek (28 kHz, 500 W) (CleanEx 411, Everest Ultrasonic, İstanbul, Türkiye) 30°C'de 15 dakika boyunca ekstraksiyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ekstrakt 10000xg'de 5 dakika boyunca santrifüj edilmiş (D2012 Plus, Isolab, Wertheim, Germany) ve süpernatant toplanmıştır.

Örneklerin toplam fenolik içeriği Folin–Ciocalteu metodunda (Slinkard ve Singleton, 1977) küçük bir değişiklik yapılarak belirlenmiştir. Süpernatant (60 µL), 3.48 mL saf su ve 0.300 mL Folin–Ciocalteu reaktifi (2 N) ile karıştırılmış, ardından 0.900 mL %20 Na₂CO₃ çözeltisi eklenerek vortekslenmiştir. Daha sonra, karışım 40 °C'de 30 dakika boyunca su banyosunda (WiseBath/Wsb-18, Daihan Scientific, South Korean) inkübasyona bırakılmış ve bu süre sonunda örneklerin absorbans değerleri spektrofotometre kullanılarak 760 nm dalga boyunda ölçülmüştür (UV mini-1240, Shimadzu, Kyoto, Japan). Standart fenolik bileşik olarak gallik asit kullanılmıştır. Gallik asit kalibrasyon çözeltilerinin UV spektrofotometrede okumaları ile elde edilen absorbans değerlerinden kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur

(Şekil 3.5). Örneklerdeki toplam fenolik madde değerleri, elde edilen eğrinin regresyon eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmış ve seyreltme oranları dikkate alınarak, sonuçlar miligram gallik asit eşdeğerleri (mg GAE/g kuru madde (KM)) olarak ifade edilmiştir (Yılmaz ve ark., 2019).



Şekil 3.5 Toplam Fenolik Madde Tayini İçin Gallik Asit (GA) Kalibrasyon Eğrisi

3.13 SPME/GC-MS Uçucu Bileşen Analizi

Kurutulmuş *T. praecox* subsp. *skorpilii* örneklerinin uçucu bileşenleri, gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC-MS) ile birleştirilmiş Tepe Boşluğu-Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (HS-SPME) tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Katı faz mikroekstraksiyon (SPME, Supelco, Almanya) yöntemi temel alınarak, 15 mL'lik vialin 1/3 hacmini kaplayacak şekilde yerleştirilen örnekler (sırasıyla 1.05, 1.02 ve 2.00 g) 60°C'de 15 dakika fibersiz ve 30 dakika fiberli (Fused silica SPME fiber CAR/PDMS, 75µm) tutulmuş ve tepe boşluğundan uçucu bileşenler emilmiştir. Fibere emilen uçucu bileşenler, Rxi-5MS kapiler kolon (30 m x 0.25 mm, 0.25 µm, Restek) ile donatılmış GC-MS cihazına (Shimadzu 2010 PLUS) enjekte edilmiştir. Sıcaklık programı, fırın sıcaklığının 40°C'de 2 dakika beklemesinin ardından, 4°C/dk artışla 250°C'ye ulaşacak ve bu sıcaklıkta 5 dakika süreyle sabit tutulacak şekilde düzenlenmiştir. Enjektör bloğu ve dedektör sıcaklıkları 250°C olarak

ayarlanmıştır. İyonlaştırma yöntemi olarak EI (70 eV) ve taşıyıcı gaz olarak Helyum (1.61 mL/dakika) kullanılmıştır. Uçucu organik bileşenlerin tanımlanmasında Wiley, Nist ve FFNSC kütüphanelerinden faydalanılmıştır. LRI (Linear Retention Indices) değerleri, C7–C30 aralığındaki doymuş n-alkan standartları (Sigma-Aldrich Chemical Co. ABD) yardımıyla hesaplanmıştır. Bu analiz için Ordu Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı Uygulama ve Araştırma Merkezinden hizmet alınmıştır.

3.13 Renk Analizi

Örneklerin kurutulma işlemi sonrasında, L^* (açıklık-koyuluk), $+a^*$ (kırmızılık-yeşillik) ve $+b^*$ (sarılık-mavilik) renk değerleri, enstrümantal renk tayini cihazı (Minolta CR-400, Minolta Co. Ltd., Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir. Renk okumaları, aynı bölgeden alınan üç farklı ölçümün ortalaması olarak hesaplanmıştır. Renk ölçümleri, her biri üç kez tekrarlanarak gerçekleştirilmiştir.

3.14 İstatistiksel Analiz

Farklı kurutma tekniklerinin etkilerini belirlemek amacıyla, analizlerden elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile değerlendirilmiştir. Grup ortalamaları arasında anlamlı bir fark tespit edildiğinde, hangi grup ortalamaları arasındaki farkın önemli olduğunu belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.05$) uygulanmıştır. Bu analizler MINITAB 17 yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Anatomik Bulgular

4.1.1 Tüy Yapılarıyla İlgili Anatomik Bulgular

T. praecox subsp. *skorpilii* alt türünün gövde, yaprak, kaliks ve korollasında bulunan tüy yapılarının bütünlüğünün sağlanması için hem örtü hem de salgı tüyleri incelenmiştir. Bitkinin gövde, yaprak, kaliks ve korolla yüzeylerinde 5 tip örtü, 5 tip salgı tüyü olmak üzere 10 tip tüy yapısı belirlenmiştir Tüy yapısı aşağıda belirtildiği gibidir.

Tip I: Tek hücreli, kısa düz ve konik şekildedir. Yüzeyde kutikula kabarcığı içerebilirler. Tip I örtü tüyleri, yaprak, kaliks yüzeyinde bulunmaktadır.

Tip II: Tek hücreli, uzun, düz ve sivri şekildedir. Yüzeyde kutikula kabarcığı içerebilirler. Yaprak ve kaliks yüzeyinde bulunmaktadır.

Tip III: İki hücreli, düz ve eğik yapıda olan örtü tüyüne sahip olduğu belirlenmiştir. Uçları sivri veya daha küt olabilirler. Bitkinin yaprak, gövde ve kaliks yüzeyinde bulunmaktadır.

Tip IV: 3-5 hücreli, eğik ve uzun yapıdadırlar. Yaprak yüzeyinde bu tip örtü tüyü diğer tüylere göre daha fazla sayıda bulunmaktadır. Bitkinin yaprak, kaliks ve korolla yüzeyinde bulunmaktadır.

Tip V: 7 hücreli ve eğik şekilde uzun yapıdadır. Sadece yaprak yüzeyinde bulunmaktadır.

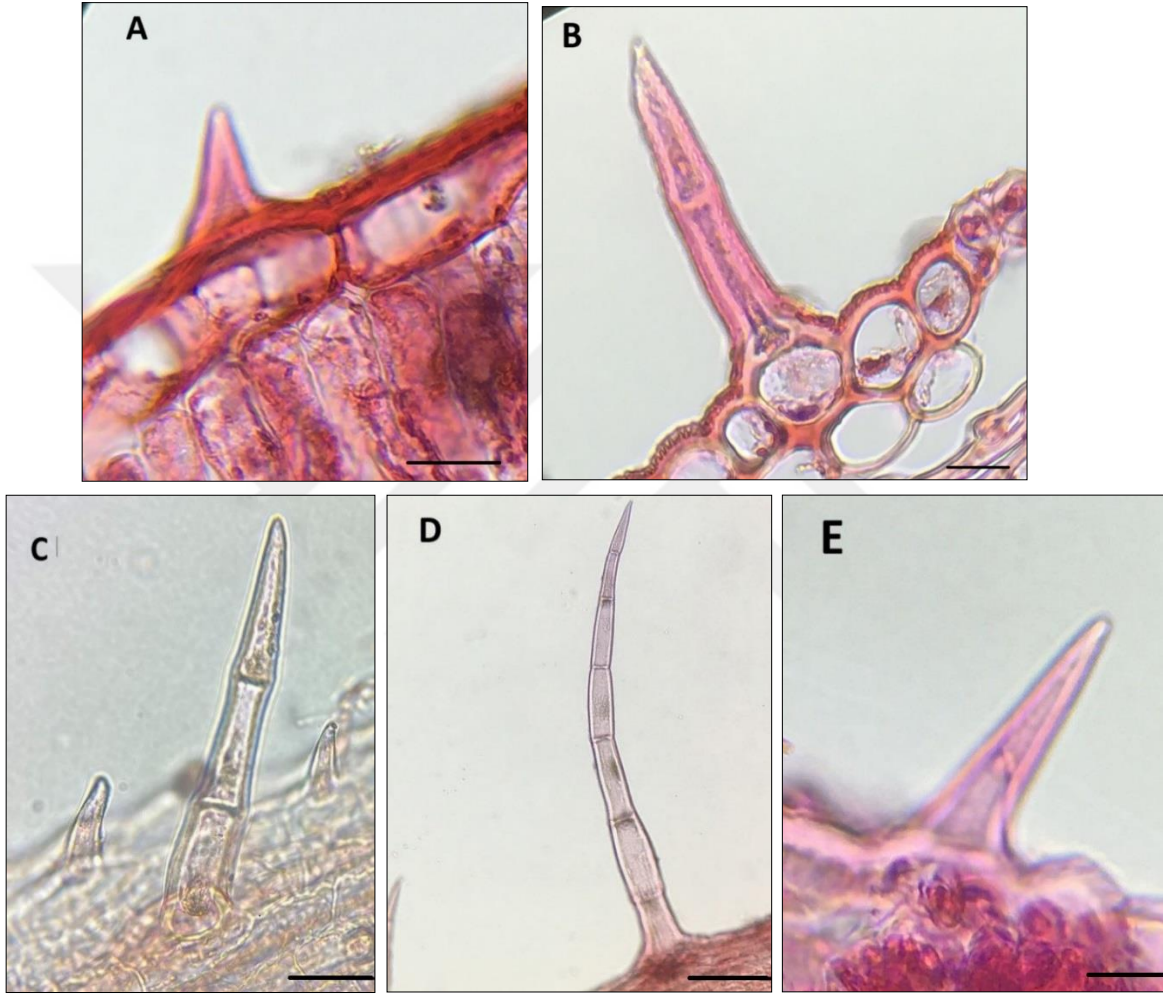
Tip VI: Kapitat salgı tüyleri tek hücreli epidermise gömülü ve baş hücresi yuvarlak yapıdadır. Bitkinin yaprak yüzeyinde yer almaktadır.

Tip VII: Baş ve sapı bir hücreden oluşan bu kapitat salgı tüylerinin baş hücresi yuvarlak, oval veya armut şekline sahip olabilmektedir. Bitkide yaprak, gövde, kaliks ve korollada bulunmaktadır.

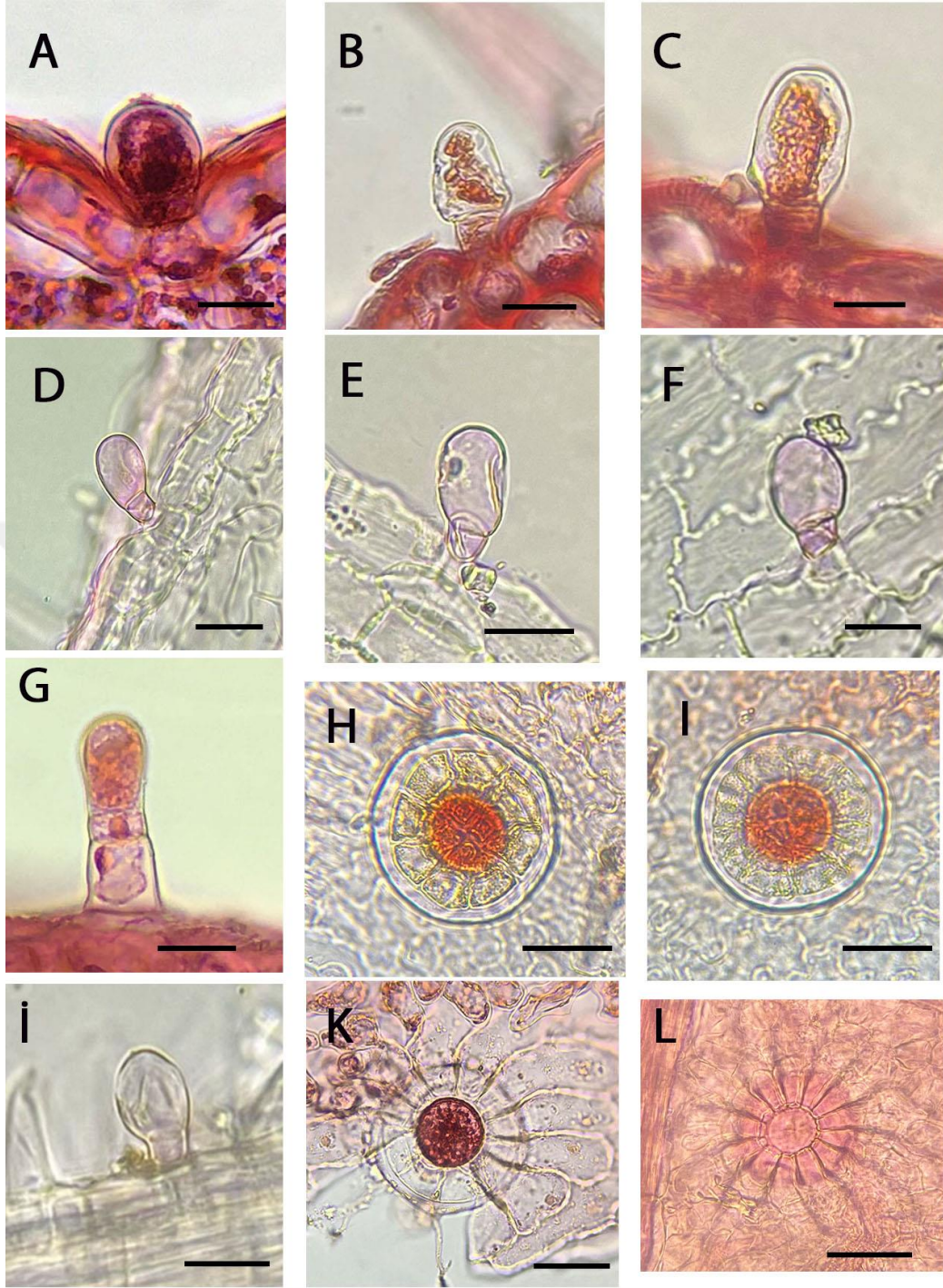
Tip VIII: Oval veya armut şeklinde bir baş ve 2 saptan oluşan kapitat salgı tüylerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bitkinin sadece kaliks yüzeyinde yer almaktadır.

Tip IX: Çevresi 8 hücre merkezi 4 hücreden oluşan sapsız epidermise gömülü peltat salgı tüyünden oluşmaktadır. Bitkinin kaliks ve korolla yüzeyinde bulunmaktadır.

Tip X: Tipte merkezde dört, çevrede oniki hücre şeklinde bulunurlar. Bitkinin yaprak yüzeyinde bulunmaktadır.



Şekil 4.1 *T. praecox subsp. skorpilii* Alt Türünün Örtü Tüy Yapıları **A.**Tip I Örtü Tüy (yaprak), **B.** Tip III Örtü Tüy (gövde), **C.** Tip IV Örtü Tüy (kaliks), **D.** Tip V Örtü Tüy (yaprak), **E.** Tip II Örtü Tüy (kaliks) Bar: 100μm.



Şekil 4.2 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türünün Salgı Yapıları A. Tip VI Kapitat Salgı Tüy (yaprak), B–C–İ. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (gövde), D–E. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (kaliks), F. Tip VII Kapitat Salgı Tüy (korolla), G. Tip VIII Kapitat Salgı Tüy (kaliks), H. Tip IX Peltat Salgı Tüy (kaliks), I. Tip IX Peltat Salgı Tüy (korolla), K–L. Tip X Peltat Salgı Tüy (yaprak) Bar: 100µm.

Çizelge 4.1 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türünün Bazı Vejetatif ve Generatif Organlarının Salgı ve Örtü Tüylerinin Anatomik Ölçümleri

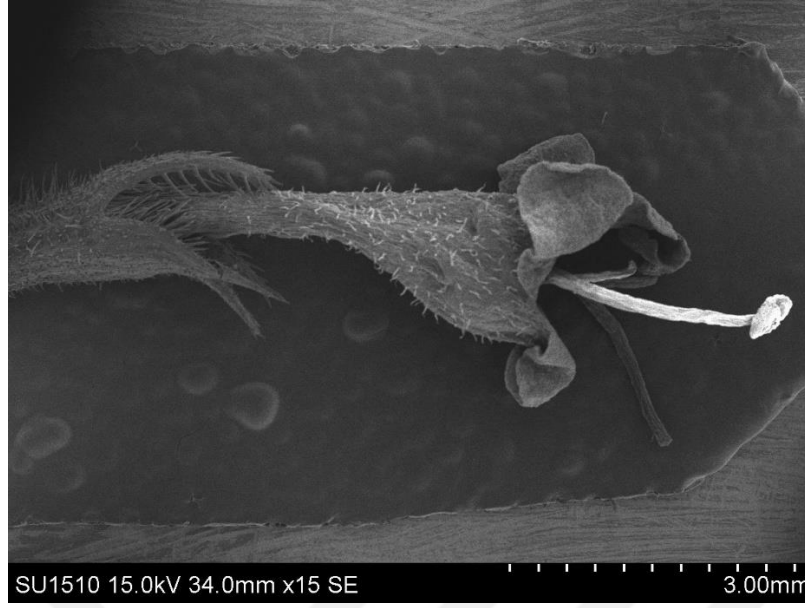
		En/çap/kalınlık (µm) Ortalama±Ss	Boy (µm) Ortalama±Ss
Yaprak	Örtü tüy	–	20.84±6.75
	Kapitat salgı tüy	18.13±2.14	28.39±3.46
	Peltat salgı tüy	68.05±5.68	–
Gövde	Örtü tüy		69.34±5
	Kapitat salgı tüy	11.86±3	24.54±3
Korolla	Örtü tüy	–	115.08±37.23
	Kapitat salgı tüy	15.16±2.54	32.05±1.67
	Peltat salgı tüy	70.31±5.74	
Kaliks	Örtü tüy	–	88.34±63.55
	Kapitat salgı tüy	17.80±0.88	30.68±2.92
	Peltat salgı tüy	66.79±5.04	–

Ss: standart sapma

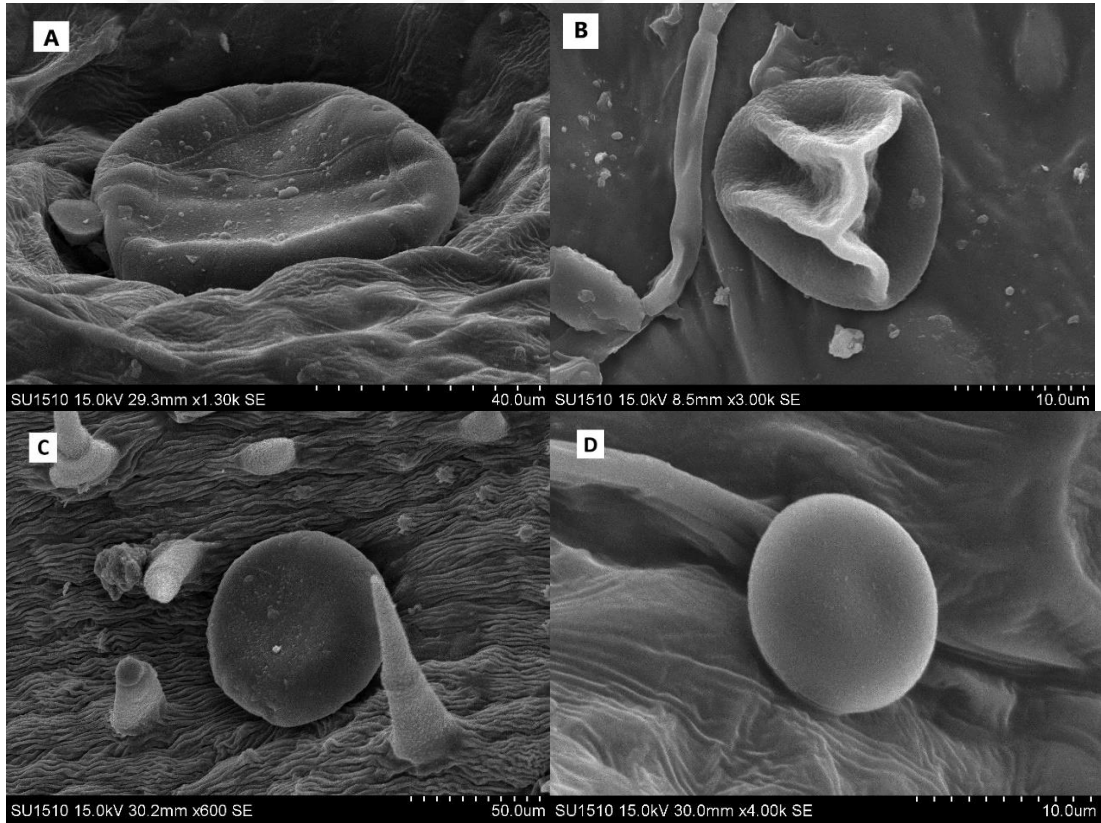
4.2 Mikroforfolojik Bulgular

4.2.1 Salgı ve Örtü Tüy İle İlgili Mikromorfolojik Bulgular

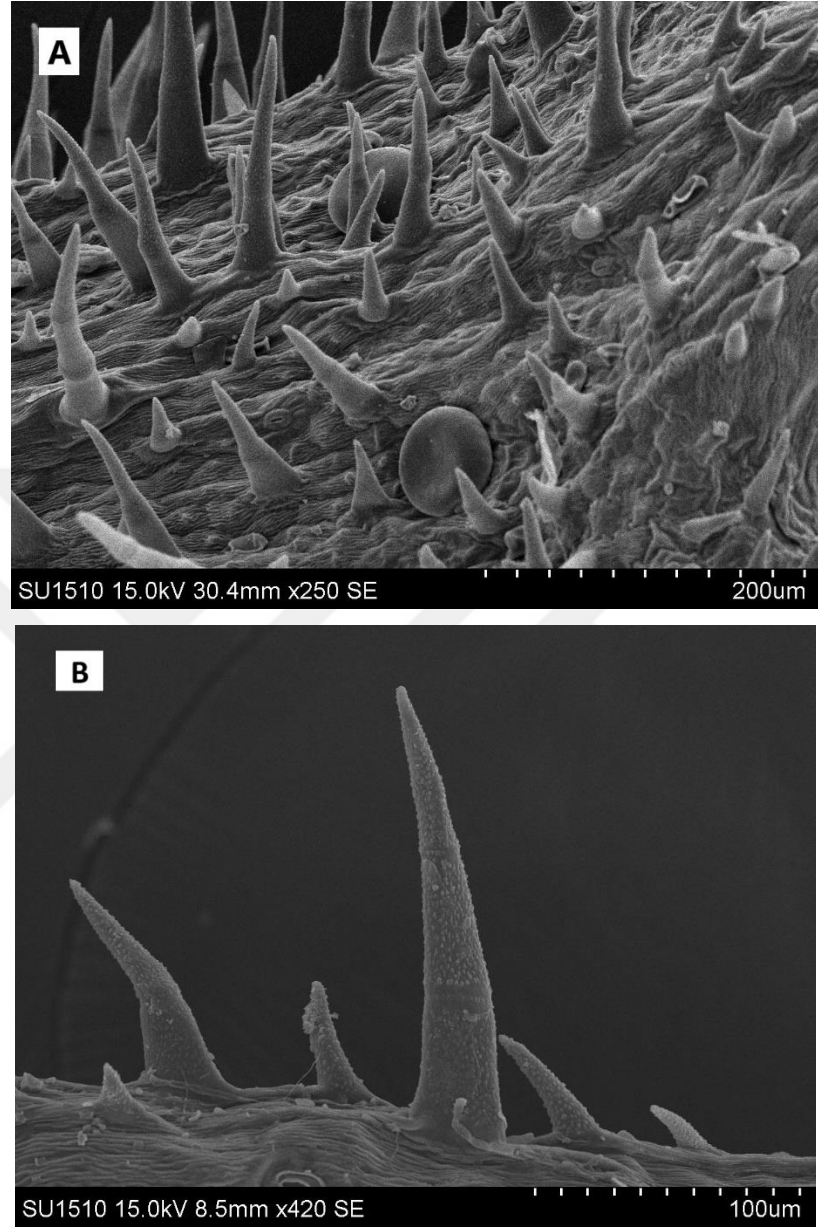
T. praecox subsp. *skorpilii* alt türünün yaprak, kaliks ve korollasında bulunan tüy yapıları elektron mikroskobu ile detaylı bir şekilde incelenmiştir. İncelemeler sonucunda çekilen görüntüler Şekil 4.3, Şekil 4.4 ve Şekil 4.5’te verilmiştir. Ayrıca belirlenen tüy yapılarının bulunduğu vejetatif ve genaratif organlar Çizelge 4.2’de ayrıntılı olarak belirtilmiştir. Örtü tüyleri süslemelere sahiptir.



Şekil 4.3 *T. praecox* subsp. *skorpilii*, Alt Türünün Kaliks ve Korollanın Genel Görünüşü.



Şekil 4.4 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türü **A.** Tip X Peltat Salgı Tüyü (yaprak), **B.** Tip VII Patlamış Kapitat Salgı Tüyü (yaprak), **C.** Tip IX Peltat Salgı Tüyü (kaliks), **D.** Tip IX Peltat Salgı Tüyü (korolla).



Şekil 4.5 *T. praecox* subsp. *skorpilii* Alt Türü **A.** Tip I, TipII, TipIII, Tip IV Örtü Tüyleri (kaliks), **B.** Tip I, TipII, TipIII, Tip IV Örtü Tüyleri (yaprak).

Çizelge 4.2 Bazı Vejetatif-Genaratif Organların Tüy Çeşitliliği Açısından Birbiriyle Karşılaştırılması

	ÖRTÜ TÜYLERİ						SALGI TÜYLERİ			
							KAPİTAT		PELTAT	
	Tip I	Tip II	Tip III	Tip IV	Tip V	Tip VI	Tip VII	Tip VIII	Tip IX	Tip X
Yaprak	+	+	+	+	+	+	+	–	–	+
Gövde	–	–	+	–	–	–	+	–	–	–
Kaliks	+	+	+	+	–	–	+	+	+	–
Korolla	–	–	–	+	–	–	+	–	+	–

4.3 Kuruma Eğrileri İle İlgili Bulgular

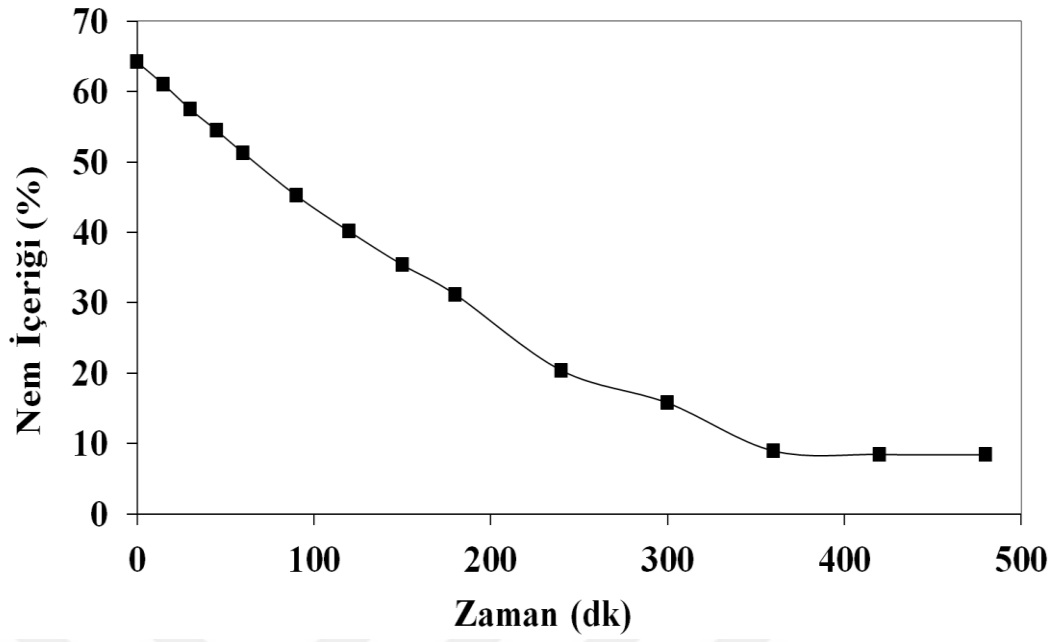
Bu çalışmada kullanılan taze kekik örneğine ait nem değeri %64.2 y.b. (yaş baz) olarak belirlenmiştir. Taze kekik örnekleri dondurarak kurutma, sıcak hava ile kurutma (50°C), mikrodalga ile kurutma (360W, 600W ve 900W) ve gölgede kurutma yöntemleri kullanılarak kurutulmuştur. Her bir kurutma yöntemi için gereken süreler ve kurutulmuş kekik örneklerinin ölçülen son nem değerleri Çizelge 4.3’de verilmektedir. Farklı mikrodalga güç seviyelerinde kurutma işlemi 2.0–4.5 dakika sürmüştür. Mikrodalga güç seviyesi arttıkça kurutma süresi kısalmıştır. Mikrodalga kurutma yönteminde örneklerin nem değerinin %10’un altına düşmesi için gerekli olan süre, diğer kurutma yöntemlerine kıyasla çok daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.3 Kekik Kurutma İşlem Süreleri ve Son Ürün Nem Değerleri

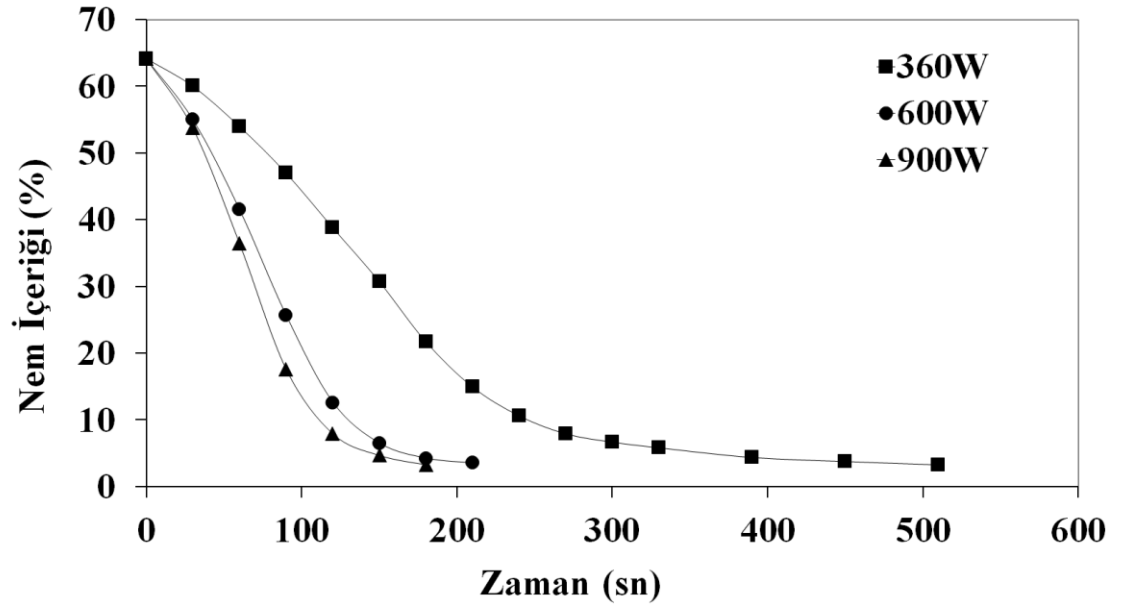
Kurutma yöntemi	Süre	% Nem*
Dondurarak kurutma (DK)	120 saat	%3.05
Sıcak hava ile kurutma (SHK)	6 saat	%8.92
Gölgede kurutma (GK)	72 saat	%12.1
Mikrodalga kurutma 360W (M360W)	4.5 dk	%7.94
Mikrodalga kurutma 600W (M600W)	2.5 dk	%6.49
Mikrodalga kurutma 900W (M900W)	2.0 dk	% 7.93

*Nem değerleri % y.b. olarak verilmiştir.

Kekik örneklerinin sıcak hava ile ve farklı mikrodalga güçlerinde kurutulması sırasındaki nem içeriklerinin zamana bağlı değişimleri sırası ile Şekil 4.6 ve Şekil 4.7 ‘de verilmektedir.



Şekil 4.6 Kekiklerin Sıcak Hava (50°C) ile Kurutulması Sırasındaki Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi

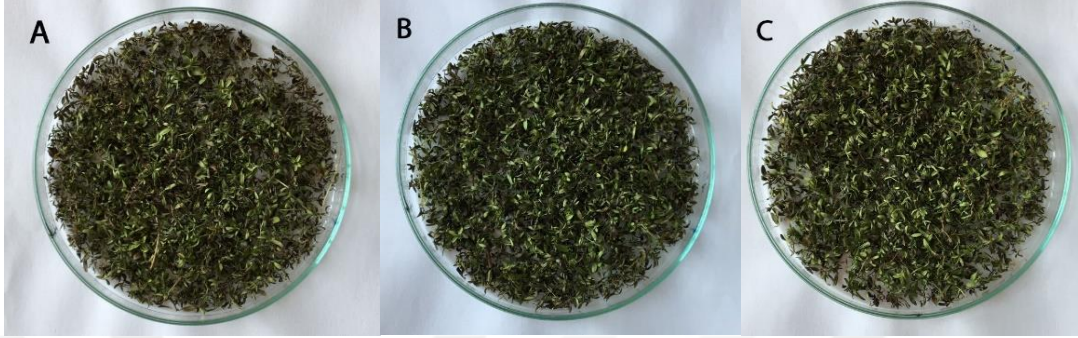


Şekil 4.7 Kekiklerin Farklı Mikrodalga Güçlerinde (360, 600 ve 900W) Kurutulması Sırasındaki Nem İçeriğinin Zamana Bağlı Değişimi

4.4 Renk İle İlgili Bulgular

Bu çalışmada farklı yöntemlerle kurutulmuş olan kekiklerin görüntüleri Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da gösterilmektedir. Taze kekik örneğinin ve kurutulmuş kekik örneklerinin L^* , a^* , ve b^* renk parametreleri ölçülmüştür. L^* , a^* , ve b^* renk parametreleri kurutma gibi hasat sonrası işlemlerin kekiğin rengi üzerine etkisinin

incelenmesi açısından önemlidir. L^* değeri, rengin açıklık veya koyuluk derecesini, a^* değeri, yeşil ve kırmızı tonları, b^* değeri ise sarı ve mavi tonları ölçer. Bu çalışmada kullanılan taze kekiğin L^* , a^* , ve b^* renk değerleri sırası ile 31.56, -2.50, ve 9.88 olarak tespit edilmiştir.

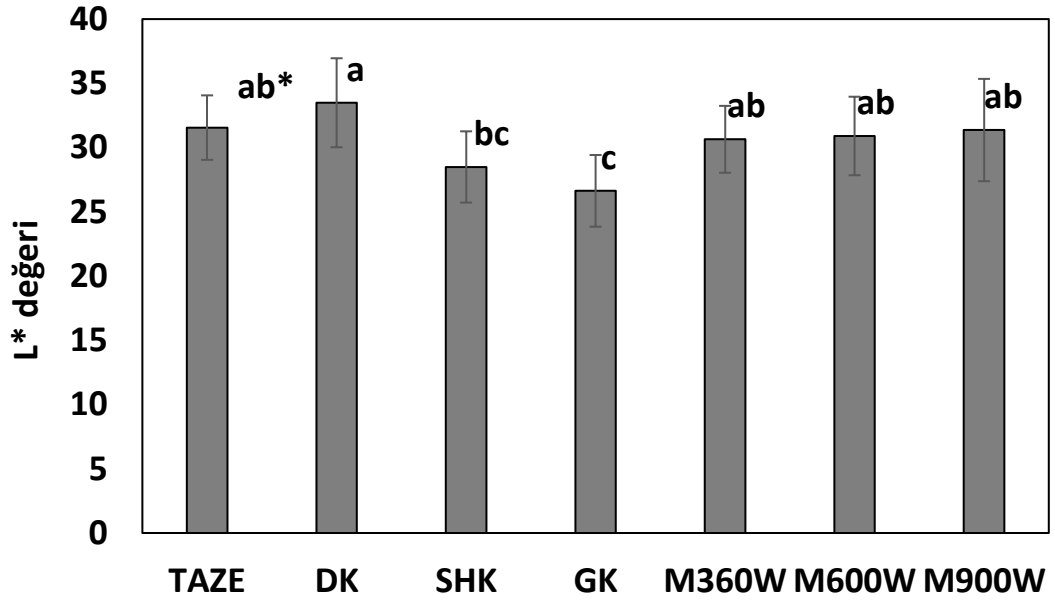


Şekil 4.8 A: 360W, B: 600W, C: 900W Güç Seviyelerinde Mikrodalga Kurutma ile Kurutulmuş Kekik Örnekleri.



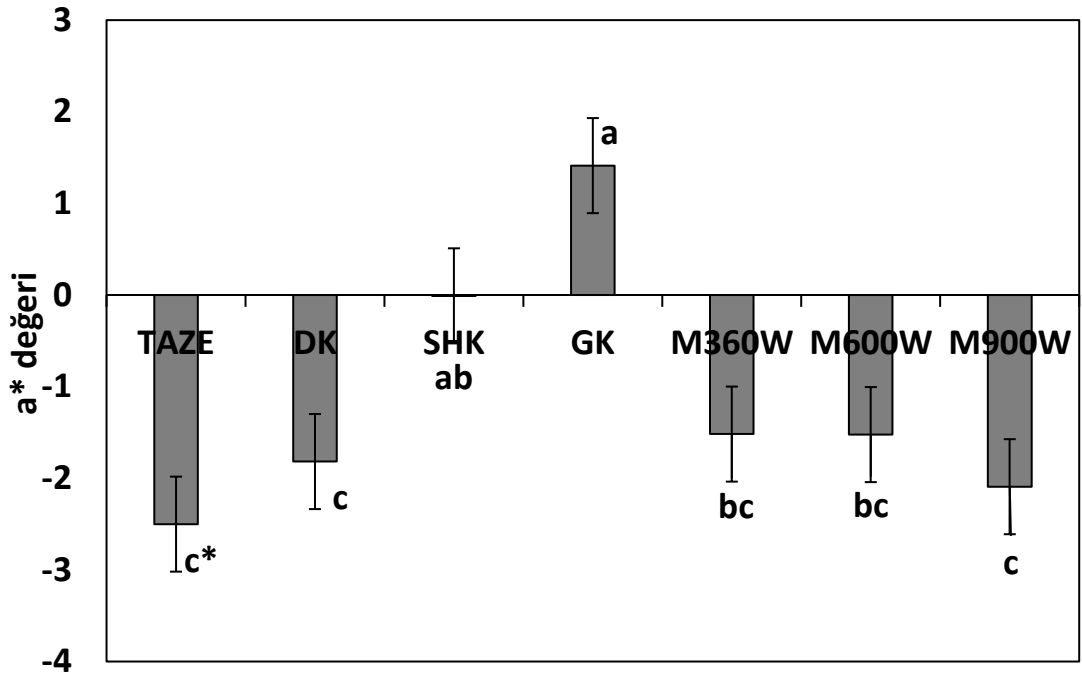
Şekil 4.9 A: Sıcak Hava (50 °C), B: Dondurarak, C: Gölgede Kurutma Yöntemleri ile Kurutulmuş Kekik Örnekleri

Kurutulmuş kekik örneklerinin L^* değerleri 26.63 ile 33.49 arasında değişmektedir (Şekil 4.10). Kekiğin L^* değeri üzerine, kurutma yönteminin etkili bir faktör olduğu tespit edilmiştir (EK 1). Gölgede kurutulmuş kekik, taze kekiğe kıyasla önemli derecede düşük L^* değerine sahiptir. Diğer yöntemlerle kurutulan kekiklerin L^* değerleri ise istatistiksel olarak taze kekik ile benzer bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş kekik diğer yöntemlerle kurutulmuş kekik örneklerinden daha yüksek L^* değerine sahiptir. Ancak mikrodalga ile kurutulan kekik örnekleri ile arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Mikrodalga ile kurutulan kekik örneklerinin L^* değerleri gölgede kurutulan kekikten önemli derecede yüksektir.



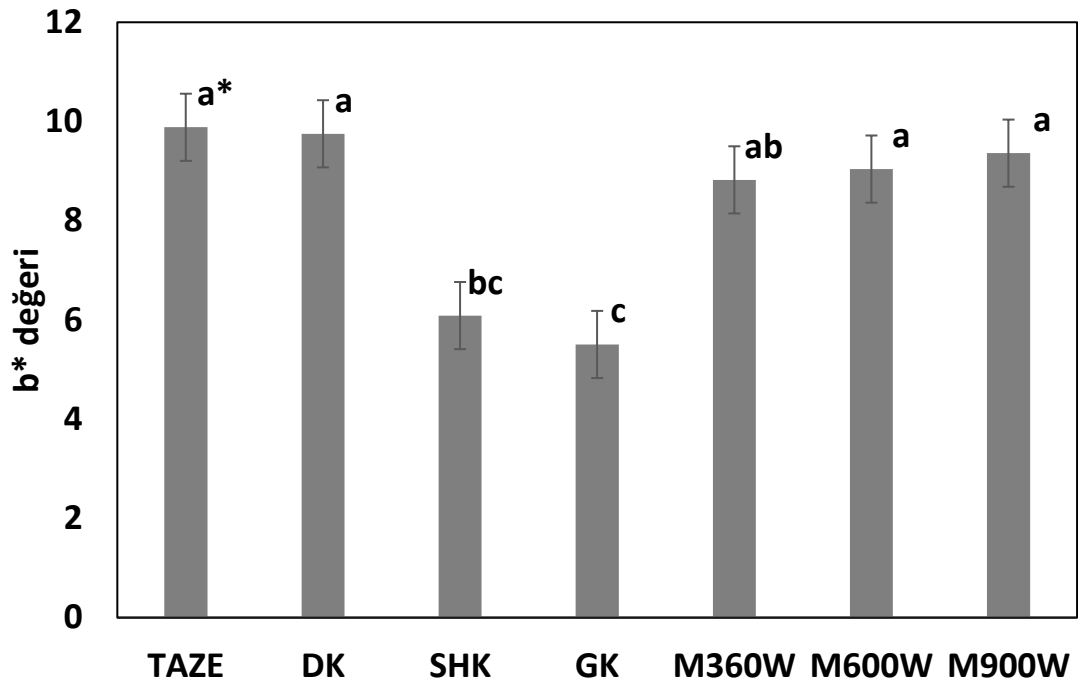
Şekil 4.10 Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin L* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir ($p \leq 0.05$). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava ile Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası ile 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma

Taze ve kurutulmuş kekik örneklerinin a^* değerleri Şekil 4.11’de gösterilmektedir. Taze kekikiğin a^* değeri -2.092’dir. Kurutulmuş kekik örneklerinin a^* değerleri -2.501 ile 1.412 arasında değişmektedir. Genel olarak kurutma işlemi ile taze kekiğin a^* değerinde bir miktar artış olduğu göze çarpmaktadır. Kekiğin a^* değeri üzerine, kurutma yönteminin etkili bir faktör olduğu tespit edilmiştir (EK 2). a^* değerleri incelendiğinde, gölgede kurutulan örneğin a^* değerinin pozitif (+), diğer tüm örneklerin a^* değerlerinin ise negatif (-) olduğu görülmektedir. İstatistiksel açıdan yalnızca sıcak hava ile kurutulmuş ve gölgede kurutulmuş örneklerin a^* değerlerinin taze örneğe kıyasla anlamlı derecede yüksek olduğu görülmektedir. Kurutma yöntemleri karşılaştırıldığında, mikrodalga ile kurutmanın dondurarak kurutma ile benzer, gölgede kurutmaya kıyasla önemli derecede düşük a^* değerleri sağladığı görülmektedir. Mikrodalga ile kurutmada, azalan güç seviyesi ile a^* değerlerinde bir miktar artış olduğu göze çarpmaktadır.



Şekil 4.11 Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin A* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava ile Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası ile 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma

Taze ve kurutulmuş kekik örneklerinin b* değerleri Şekil 4.12’de gösterilmektedir. Taze kekiğin b* değeri 9.88 olarak ölçülmüştür. Kurutulmuş örneklerin b* değerleri 5.51 ile 9.75 arasında değişmektedir. Kekiğin b* değeri üzerine kurutma yönteminin etkili bir faktör olduğu tespit edilmiştir (EK 3). Kurutma işlemi ile taze kekiğin b* değerinde bir miktar düşüş olduğu görülmektedir. Ancak bu düşüş yalnızca sıcak havada kurutma ve gölgede kurutma işlemlerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Dondurarak kurutulmuş ve mikrodalga ile kurutulmuş örnekler taze örnek ile benzer b* değerleri sağlamıştır. Artan mikrodalga güç seviyesi ile örneklerin b* değerlerinde belirgin bir değişim gözlenmemiştir.



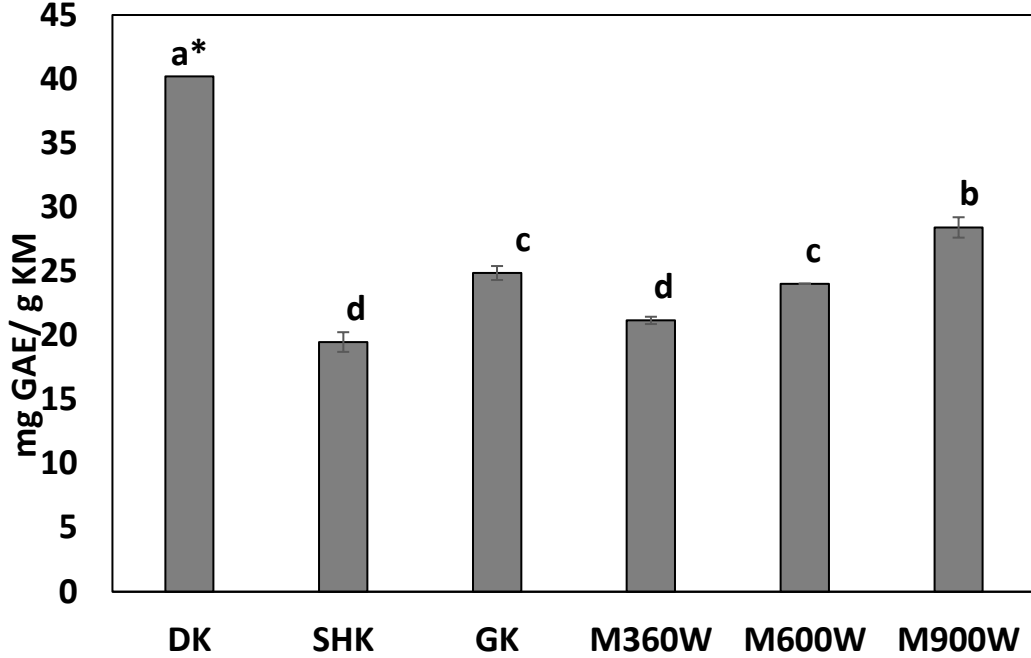
Şekil 4.12 Taze ve Kurutulmuş Kekik Örneklerinin B* Değerleri.* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava ile Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W Ve M900W Sırası İle 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma

4.5 Toplam Fenolik Madde (TFM) İle İlgili Bulgular

Örneklerin toplam fenolik madde (TFM) değerleri gallik asit eşdeğeri (GAE) üzerinden hesaplanmıştır. Kekik örneklerinin nem değerleri kullanılarak kuru madde miktarları tespit edilmiş ve bu değerler kullanılarak kuru temelde içerdikleri GAE miktarları hesaplanmıştır. Buna göre, farklı yöntemlerle kurutulan *T. praecox* subsp. *skorpilii* türüne ait TFM değerleri (mg GAE/g kuru madde) Şekil 4.13’de verilmiştir. Kurutulmuş örneklerin TFM değerleri 19.5 ile 40.2 mg GAE/g KM arasında değişmektedir. Kekik örneklerinin TFM değerleri üzerine kurutma yönteminin etkili bir faktör olduğu tespit edilmiştir (EK 4).

Dondurarak kurutma (DK) yöntemi, 40.2 mg GAE/g KM ile en yüksek TFM değerini sağlamıştır. 900W gücünde mikrodalga fırında yapılan kurutma işlemi dondurarak kurutmadan sonra en yüksek TFM değerini sağlayan kurutma işlemi olmuştur. Ancak azalan mikrodalga güç seviyesi ile TFM değerlerinin de önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. 600W gücünde mikrodalga fırında yapılan kurutma işlemi gölgede kurutma işlemi ile benzer, sıcak hava ile kurutma işleminden yüksek

TFM değeri sağlamıştır. 360W gücünde mikrodalga ile kurutulmuş ve sıcak hava ile kurutulmuş örnekler en düşük TFM içeriğine sahip bulunmuştur.



Şekil 4.13 Kurutulmuş Kekik Örneklerinin Toplam Fenolik Madde (TFM) Değerleri.

* Farklı Küçük Harflerle Gösterilen Ortalamalar Arasında Anlamlı Farklılıklar Gözlenmiştir ($P \leq 0.05$). DK: Dondurarak Kurutma; SHK: Sıcak Hava ile Kurutma; GK: Gölgede Kurutma; M360W, M600W ve M900W Sırası ile 360W, 600W ve 900W Güçlerinde Mikrodalga ile Kurutma

4.6 SPME/GC-MS Uçucu Bileşen Analizi ile İlgili Bulgular

Tıbbi ve şifalı bitkilerde bulunan uçucu organik bileşikler, bitki fizyolojisi ve ekolojik etkileşimlerde hayati roller oynayan, düşük molekül ağırlıklı ve lipofilik yapıya sahip biyoaktif moleküllerdir. Bitki uçucuları, çok sayıda biyokimyasal yolak aracılığıyla üretilir ve bu süreç, çok çeşitli uçucu bileşiklerin oluşumuyla sonuçlanır.

Bitkilerden uçucu bileşenlerin ekstraksiyonunda temel olarak solvent ekstraksiyonu, buhar damıtma ve tepe-boşluğu teknikleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden ilk ikisi uçucu olmayan bileşenleri dokudan çözme ve ısı etkisiyle bileşenlerde meydana gelen değişiklikler gibi artefaktlar oluşmasına neden olabilir (Knudsen ve ark., 1993). Bu çalışmada taze ve kurutulmuş *T. praecox* subsp. *skorpilii* örneklerinden uçucu organik bileşiklerin ekstraksiyonu için tepe-boşluğu

yöntemi uygulanmıştır. Ekstraksiyon işleminin ayrıntılarına yöntem bölümünde yer verilmiştir. Tepe-boşluğu ekstraksiyonu sırasında viallerin tepe boşluğunda biriken uçucu bileşenler, Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (SPME) tekniği kullanılarak fibere absorbe edilmiş ve ardından Gaz Kromatografisi – Kütle Spektrometresi (GC-MS) cihazına enjekte edilmiştir. Uçucu bileşenlerinin analizinde LabSolutions yazılımı kullanılmış ve bileşenlerin tanımlanmasında FFNSC 1.2 kütüphanesinden yararlanılmıştır. UOB’lerin doğrusal alıkonma indeks (Linear Retention Indices, LRI) değerinin hesaplanmasında bir seri C₇–C₂₄ doymuş n-alkan standartları (Çizelge 4.4) kullanılmıştır.

Çizelge 4.4 Doymuş n-alkan Standartları

Doymuş Alkan Standardı	Formül	Molekül Ağırlığı (g/mol)	Doğrusal Alıkonma İndeksi (LRI)	Alıkonma Süresi (RT)
Heptan	C ₇ H ₁₆	100	700	2.940
Oktan	C ₈ H ₁₈	114	800	4.984
Nonan	C ₉ H ₂₀	128	900	8.128
Dekan	C ₁₀ H ₂₂	142	1000	11.895
Undekan	C ₁₁ H ₂₄	156	1100	15.795
Dodekan	C ₁₂ H ₂₆	170	1200	19.616
Tridekan	C ₁₃ H ₂₈	184	1300	23.260
Tetradekan	C ₁₄ H ₃₀	198	1400	26.707
Pentadekan	C ₁₅ H ₃₂	212	1500	29.971
Hekzadekan	C ₁₆ H ₃₄	226	1600	33.062
Heptadekan	C ₁₇ H ₃₆	240	1700	35.994
Oktadekan	C ₁₈ H ₃₈	254	1800	38.782
Nonadekan	C ₁₉ H ₄₀	268	1900	41.436
İkazan	C ₂₀ H ₄₂	282	2000	43.972
Heneikazan	C ₂₁ H ₄₄	296	2100	46.395
Dokazan	C ₂₂ H ₄₆	310	2200	48.712
Trikozan	C ₂₃ H ₄₈	324	2300	50.937
Tetrakazan	C ₂₄ H ₅₀	338	2400	53.070

Yapılan analiz sonucunda, kullanılan alkan standartlarının alıkonma süresi aralığında, taze kekik örneğinde toplam 26, dondurarak kurutulmuş örnekte 27,

gölgede, sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulan örneklerde ise 28 uçucu bileşen tanımlanmıştır (Çizelge 4.5).

Taze kekik örneğinde, tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 14 uçucu organik bileşik sırası ile α -pinen (%15.63), 3-oktanon (%14.76), limonen(%13.47), β -karyofillen (%8.41), valensen (%7.07), kamfen (%6.53) ve β -mirsen (%6.14), p-simen (%4.31), 1-okten-3-ol (%3.72), β -osimen (%2.31), α -humulen (%1.63), α -tujen (%1.41), 3-oktanol (%1.38) ve δ -kadinen (%1.33) olarak belirlenmiştir.

Kurutulmuş örneklerde genel olarak limonen, β -karyofillen ve α -pinen ilk üç temel bileşen arasında yer almaktadır. Dondurarak kurutulmuş örnekte tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 16 uçucu organik bileşik sırası ile limonen (%26.88), β -karyofillen (%22.24), α -pinen (%9.62), β -mirsen (%4.58), p-simen (%3.48), linalol (%3.43), kamfen (%3.20), 1-okten-3-ol (%2.83), α -humulen (%2.57), δ -kadinen (%1.96), germakren-D (%1.54), 3-oktanon (%1.50), valensen (% 1.21), kamfor (% 1.12), 3-oktanol (%1.07) ve β -osimen (%1.02) olarak bulunmuştur.

Gölgede kurutulmuş örnekte tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 16 uçucu organik bileşik sırası ile limonen (%21.81), β -karyofillen (%19.79), α -pinen (%10.14), heksadekan (%4.49), β -mirsen (%4.25), kamfen (%3.84), p-simen (%3.29), valensen (% 274), α -humulen (%2.39), δ -kadinen (%1.91), 3-oktanon (%1.78), nonanal (%1.62), linalol (%1.59), β -osimen (%1.31), benazaldehit (%1.28) ve germakren-D (%1.27) olarak tespit edilmiştir.

Sıcak hava ile kurutulmuş örnekte, tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 12 adet uçucu organik bileşik vardır. Bu bileşikler sırası ile limonen (%49.36), β -karyofillen (%10.58), α -pinen (%7.37), p-simen (%4.55), β -mirsen (%3.56), heksadekan (%3.18), kamfen (%2.61), valensen (% 1.56), α -humulen (%1.12), 3-oktanon (%1.11), linalol (%1.07) ve δ -kadinen (%1.06)'dir.

Mikrodalga'nın farklı güç seviyelerinde kurutulan örnekler arasında da farklılıklar vardır. Mikrodalga ile 360W güç seviyesinde kurutulmuş olan örnekte tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 12 adet uçucu organik bileşik vardır. Bu bileşikler sırası ile limonen (%26.36), α -pinen (%18.04), β -karyofillen (%15.81), β -mirsen (%6.59), kamfen (%5.50), p-simen (%4.02), α -humulen (%1.86), δ -kadinen

(%1.76), α -tujen (%1.61), valensen (% 1.39), β -osimen (%1.18) ve heksadekan (%1.01) olarak tespit edilmiştir.



Çizelge 4.5 Taze ve Farklı Yöntemler ile Kurutulmuş *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* 'de Tanımlanan Uçucu Organik Bileşen Oranları (%)

LRI	Uçucu Bileşen (UOB)	Organik	CAS #	Taze	Dondurarak Kurutma	Gölgede Kurutma	Sıcak Hava ile Kurutma	Mikrodalga Kurutma		
								360W	600W	900W
1	925	α -Tujen	2867-5-2	1.41	0.94	0.80	0.57	1.61	1.78	1.63
2	931	α -Pinen	80-56-8	15.63	9.62	10.14	7.37	18.04	17.51	14.67
3	945	Kamfen	79-92-5	6.53	3.20	3.84	2.61	5.50	5.57	4.58
4	956	Benzaldehit	100-52-7	0.24	0.30	1.28	0.78	0.50	0.36	0.20
5	971	Sabinen	3387-41-5	0.31	0.30	0.32	0.15	0.41	0.52	0.33
6	973	β -Pinen	127-91-3	0.85	0.44	0.53	0.38	0.75	0.73	0.52
7	979	1-Okten-3-ol	3391-86-4	3.72	2.83	0.53	0.71	0.20	0.21	0.08
8	986	3-Oktanone	106-68-3	14.76	1.50	1.78	1.11	0.45	0.38	0.42
9	990	β -Mirsene	123-35-3	6.14	4.58	4.25	3.56	6.59	8.15	8.70
10	995	3-Oktanol	589-98-0	1.38	1.07	0.81	0.64	0.43	0.49	0.52
11	1002	α -Fellandrene	99-83-2	0.16	0.42	0.53	0.28	0.55	0.71	0.80
12	1023	p-Simen	99-87-6	4.31	3.48	3.29	4.55	4.02	2.95	2.66
13	1027	Limonene	138-86-3	13.47	26.88	21.81	49.36	26.36	19.87	19.20
14	1048	β -Osimene	3779-61-1	2.31	1.02	1.31	0.80	1.18	1.79	1.64
15	1057	γ -Terpinene	99-85-4	0.38	0.49	0.74	0.75	0.73	0.70	0.66
16	1087	Terpinolene	586-62-9	0.58	0.75	0.55	0.53	0.90	0.59	0.56
17	1099	Linalol	78-70-6	0.65	3.43	1.59	1.07	0.89	0.69	0.60
18	1103	Nonanal	124-19-6	-	0.32	1.62	0.60	0.52	0.41	0.29
19	1143	Kamfor	76-22-2	0.78	1.12	0.96	0.41	0.73	0.69	0.38
20	1388	β -Bourbonene	5208-59-3	0.20	0.73	0.61	0.42	0.33	0.34	0.31
21	1424	β -Karyofillene	87-44-5	8.41	22.24	19.79	10.58	15.81	19.22	22.95
22	1454	β -Farnesene	18794-84-8	0.60	0.24	0.55	0.22	0.31	0.30	0.33
23	1458	α -Humulene	6753-98-6	1.63	2.57	2.39	1.12	1.86	2.42	3.25
24	1485	Germakrene-D	105453-16-5	0.64	1.54	1.27	0.61	0.75	1.71	1.70
25	1499	Valensene	4630-07-3	7.07	1.21	2.74	1.56	1.39	1.30	1.89
26	1519	γ -Kadinene	39029-41-9	0.50	0.64	0.57	0.25	0.49	0.84	1.03
27	1528	δ -Kadinene	483-76-1	1.33	1.96	1.91	1.06	1.76	2.25	2.79
28	1590	Heksadekan	544-76-3	-	-	4.49	3.18	1.01	0.86	0.77

Mikrodalga ile 600W güç seviyesinde kurutulmuş olan örnekte, tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 12 adet uçucu organik bileşik sırası ile limonen (%19.87), β -karyofillen (%19.22), α -pinen (%17.51), β -mirsen (%8.15), kamfen (%5.57), p-simen (%2.95), α -humulen (%2.42), δ -kadinen (%2.25), β -osimen (%1.79), α -tujen (%1.78), germakren-D (%1.71) ve valensen (% 1.30) olarak tespit edilmiştir.

Mikrodalga ile 900W güç seviyesinde kurutulmuş olan örnekte, tanımlanan alan %'si 1.0'den büyük olan 13 adet uçucu organik bileşik sırası ile β -karyofillen (%22.95), limonen (%19.20), α -pinen (%14.67), β -mirsen (%8.70), kamfen (%4.58), α -humulen (%3.25), δ -kadinen (%2.79), p-simen (%2.66), valensen (%1.89), germakren-D (%1.70), β -osimen (%1.64), α -tujen (%1.63) ve γ -kadinen (%1.03) olarak tespit edilmiştir.

Nonanal taze örnekte tespit edilemezken kurutulmuş örneklerde %0.32–1.62 aralığında değişen oranlarda tespit edilmiştir. Benzer şekilde heksadekan taze örnekte ve dondurarak kurutulmuş örnekte bulunmazken, diğer yöntemlerle kurutulmuş örneklerde %0.77–4.49 değerleri arasında değişen oranlarda bulunmaktadır. Kurutma işleminin ve uygulanan kurutma yönteminin uçucu bileşen oranlarını etkilediği görülmektedir.

4.6 Tartışma

Bu çalışma ile Ordu ilinde yayılış gösteren *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* alt türünün salgı yapıları anatomik ve mikromorfolojik olarak ayrıntılı olarak incelenmiş, uçucu bileşenleri ve toplam fenolik miktarları belirlenmiştir. Ayrıca farklı kurutma yöntemlerinin uçucu bileşenler, toplam fenolik madde ve renk bileşenleri üzerine etkileri ortaya konulmuştur.

Lamiaceae familyasına ait türler içerdikleri uçucu yağlar nedeni ile tıbbi ve ekonomik olarak önemli bitkilerdir. Birçok tür baharat bitkisi olarak da kullanılmaktadır. Bitkilerde bulunan uçucu yağların çoğu salgı tüylerinde oluşur veya salgı tüylerinde biriktirilir. Bu yüzden uçucu maddelerin incelenmesinde salgı yapılarının özellikle de salgı tüylerinin belirlenmesi önemlidir ve bu çalışmaların bir bütün olarak ele alınması gerekmektedir. Lamiaceae familyasında salgı tüylerinin tipleri, yoğunlukları, dağılımları Cantino (1990), tarafından çeşitli alt familyaları

ayırt etmek için kullanılan özelliklerden birisidir. Lamiaceae familyasının glandüler tüyleri üzerine yapılan çalışmaların çoğu Nepetoideae alt familyasına ait türler üzerinde yapılmıştır. *Thymus* cinsi de Nepetoideae alt familyasında bulunmaktadır.

Familyaya ait *Thymus* cinsi dahil birçok cinsin tüy anatomisi ve morfolojileri incelenmiştir. Bitkilerde örtü ve salgı tüyleri bulunmaktadır. Salgı tüylerinin peltat ve kapitat tipte olduğu bilinmektedir. Bu salgı tüylerinin farklı tiplerinin bulunduğu birçok çalışmada belirtilmiştir (Alan ve Koca, 2007; Jia ve ark., 2012; 2013; Selvi ve ark., 2013; Kaya, 2024). Tüyler bitkilerin gövde, yaprak, kaliks ve korolla kısımlarında yoğun şekilde bulunmaktadır. *Thymus* türlerinde de salgı tüyleri kapitat ve peltat şeklindedir. Kaya (2024) Lamiaceae familyasına ait 49 cinsin (39 tanesi Türkiye’de yayılış gösteren cinslerdir) tüy yapılarını derlediği çalışmasında toplam 36 tüy tipi belirlemiştir. Araştırmacı tüyleri örtü tüyleri, salgı tüyleri ve karışık tüyler olarak 3 ana gruba ayırarak incelemiştir. Örtü tüylerini basit (tek hücreli, çok hücreli) ve dallanmış (üstte dallanmış, tabanda dallanmış) olmak üzere 11 tipe ayırmıştır. Salgı tüylerini 19 tipi kapitat ve 4 tipi peltat tüy olmak üzere 23 tipte incelemiştir. Karışık tüyleri ise dallanmış ve yıldız tip olmak üzere 2 tipe ayırmıştır. Kaya (2024) çalışmasında *Thymus* cinsinde kapitat salgı tüylerinden 2 tanesinin (başı iki hücreli, sapı bir hücreli olan kısa salgı tüyleri ve başı bir hücreli, sapı bir hücreli olan kısa salgı tüyleri) bulunduğunu bildirmiştir. Belirlediği peltat tüylerin 4 tipinin de *Thymus* cinsine ait türlerde görüldüğünü bildirmiştir. Örtü tüylerinden ise tek hücreli düz veya eğik kısa örtü tüylerinin, iki hücreli düz veya eğik kısa örtü tüylerinin, iki hücreli düz veya eğik uzun örtü tüylerinin, üç-beş hücreli düz veya eğik örtü tüylerinin ve altı-on hücreli düz veya eğik örtü tüylerinin cinsde bulunduğu belirtilmiştir.

İncelediğimiz taksonda örtü ve salgı tüyelerine ait toplam on tüy tipi belirlenmiştir. Bu tiplerin beş tanesi örtü tüyüdür. Örtü tüyleri tek hücreli kısa, düz ve konik şekilli (tip I), tek hücreli, uzun, düz ve sivri şekilli (tip II), iki hücreli düz ve eğik yapıda (tip III), 3-5 hücreli eğik ve uzun (tip IV) ile 7 hücreli ve eğik, uzun şekilli (tip V) örtü tüyleridir. *T. praecox* subsp. *skorpilii* alt türünde belirlenen kapitat salgı tüyleri tek hücreli epidermise gömülü ve baş hücresi yuvarlak (Tip VI), başı ve sapı bir hücreden oluşan ve baş hücresi yuvarlak (tip VII), oval bir baş ve 2 hücreli saptan oluşan salgı tüyleri (tip VIII) şeklindedir. Taksonda belirlenen peltat

tüy ise başı 8 hücreli merkezi 4 hücreli sapı olmayan epidermise gömülü (Tip IX), başı 12 hücreli merkezi 4 hücreli (Tip X) peltat salgı tüyü şeklindedir. Yaprakta Tip VI ve Tip VII Tip X, gövdede tip VII, kalikte tip VII–VIII–IX, korollada ise tip VII ve tip IX salgı tüyleri bulunmuştur. Yaprakta tüm örtü tüyü tipleri belirlenirken, korollada sadece tip VI, gövdede tip III, kalikte tip I–II–III–IV örtü tüyelerine rastlanılmıştır IV. tip örtü tüyü yaprakta en fazla görülen örtü tüyü tipidir. Tip VIII salgı tüyü bitkinin sadece kaliksinde bulunmaktadır. Tip X salgı tüyü ise bitkinin sadece yaprak kısmında bulunmaktadır.

Thymus türlerinin anatomik yapıları ve tüy çeşitleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar daha çok türlerin anatomik özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır. Tek başına cinsin tüy yapısını ele alan çalışma çok azdır. Tez konumuzu oluşturan *T. praecox* subsp. *skorpilii* alt türünün de bulunduğu Bursa’da yetişen dört *Thymus* türünün anatomik ve morfolojik özelliklerinin incelendiği çalışmada türlerin örtü ve salgı tüyelerine sahip oldukları bildirilmiştir (Tavukçuoğlu, 1994).

T. sibthorpii Benth., *T. sipyleus* Boiss., *T. leucostomus* Hausskn. & Velen. var. *argillaceus* Jalas, *T. longicaulis* C.Presl subsp. *longicaulis* var. *subisophyllus* (Borbas) Jalas, *T. longicaulis* subsp. *chaubardii* (Boiss. & Heldr. ex Reichb. fil) Jalas var. *chaubardii* taksonları ile yapılan çalışmada bitkilerin epidermaya gömülü başı 8 hücreli salgı tüyelerine sahip oldukları belirtilmiştir. Bu taksonlardaki örtü tüyelerinin uniseriat, bir veya çok hücreli olduğu bildirilmiştir. Hücre sayılarının taksonlar arasında farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Alan ve ark., 2007).

T. vulgaris türünde başı bir hücreli, sapı bir hücreli olan kısa salgı tüyelerinin bulunduğu belirtilmiştir (Boz ve ark., 2009). *T. malyi* Ronninger türünde biri peltat diğeri kapitat olmak üzere iki tip salgı tüyünün bulunduğu gösterilmiştir (Marin ve ark., 2010).

T. pulvinatus ve *T. cherlerioides* Vis. türlerinin incelendiği çalışmada iki türün yoğun örtü ve kapitat, seyrek olarak peltat salgı tüyelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmada kapitat tüylerde 1–3 hücreli sap hücresi ile armutsu bir baş hücresinin bulunduğu belirtilmiştir (Selvi ve ark., 2013).

T. quinquecostatus Celak türünün salgı tüyelerinin dağılımı ve tipleri ile uçucu yağları incelenmiştir (Jia ve ark., 2012; 2013). Türde gövde, yaprak, kaliks ve korolla

yüzeyinde salgı tüylerinin bulunduğu belirtilmiştir. Morfolojik olarak farklı üç tip salgı tüyü tanımlanmıştır. Bir bazal hücre, bir sap hücresi ve 12 hücreli bir baştan oluşan peltat trikomlar gövde, yaprak, korolla ve kaliksin dış tarafında belirlenmiştir. İncelediğimiz taksonda bu tip peltat salgı tüylerine yaprak, kaliks ve korollada rastlanılmıştır. Ancak gövde yapısında peltat tüyler bulunmamıştır. *T. quinquecostatus* türünde tek hücreli bir taban, 1–2 hücreli bir sap ve tek hücreli bir baştan oluşan kapitat trikomların, peltat trikomlardan daha yaygın olarak dağıldığı ve gövde, yaprak ve kaliks üzerinde bulunduğu gösterilmiştir. Bu türde ayrıca korolla üzerinde 1 bazal hücre, 3 sap hücresi ve 1 baş hücresinden oluşan salgı tüyleri bulunmaktadır. Her üç salgı tüyü tipi de uçucu yağ salgılayabilmektedir. Salgıyı oluşturan uçucu yağların ya geniş bir subkütiküler boşlukta depolanıp kütikulanın yırtılmasıyla serbest bırakıldığı ya da uçucu yağların ince kütikulayı geçerek dışarı salındığı belirtilmiştir.

Thymus brachychilus Jals. türünün yapraklarında basit bir hücreli ve 3–5 hücreli örtü tüylerinin, bir sap ve bir baş hücresine sahip kapitat tüyler ile kısa saplı ve çok hücreli baş yapısına sahip peltat tüylerin bulunduğu bildirilmiştir. Türün gövdesinde ise 1–6 hücreli dallanmamış örtü tüyleri ile kapitat tüyler belirlenmiştir Nath ve Sönmez (2023), incelediğimiz taksonda gövdede iki hücreli, dik ve sivri uçlu örtü tüyleri ile oval baş hücreli kapitat salgı tüylerine rastlanılmıştır. Bizim çalışmamızda da gövdede peltat tüyler görülmemiştir.

Mikromorfolojik çalışmalarda, epidermis, özellikle de trikomlar önemli taksonomik karakterler olarak kabul edilmektedir (Giuliani ve ark 2008). Elektron mikroskobu ile tüyler çok daha net şekilde incelenebilmektedir. Böylece hem türler arasında karşılaştırma daha doğru yapılabilen hem de tüylerin mikromorfolojik yapıları belirlenebilmektedir (Kütükalan, 2019). Birçok çalışma, salgı ve örtü tüylerinin varlığı, yoğunluğu/sayısı ve tiplerinin yanı sıra salgı tüylerinin uçucu yağ bileşiminin de çok önemli olduğunu ve *Thymus* türleri arasında değişkenlik gösterdiğini belirtmiştir (Boz, 2009; Jia, 2012; 2013; Kütükalan, 2019).

Mikrodalga kurutma yönteminde, örneklerin nem değerin yaklaşık %10'a düşmesi için gerekli olan süre, diğer kurutma yöntemlerine kıyasla çok daha düşük bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç, mikrodalga ile kurutma işleminin gıdaların kurutma süresini önemli ölçüde kısalttığını rapor eden önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir (Zhang ve ark., 2006; Khodifad ve ark, 2020). Mikrodalga ile kurutma mekanizması geleneksel kurutma yöntemlerinden farklıdır. Mikrodalga kurutma, elektromanyetik dalgalar kullanılarak gerçekleştirilen bir kurutma yöntemidir. Mikrodalgalar materyalin içine nüfuz ettiğinde, polar özellikteki su molekülleri, mikrodalga frekansındaki elektrik alan ile etkileşime girer. Bu etkileşim materyal içerisindeki suyun hızlı bir şekilde titreşmesine neden olur. Moleküller arasındaki sürtünme, kinetik enerjiye dönüşür ve bu enerji doğrudan materyalin içinde ısı olarak açığa çıkar. Materyal içerisinde bu şekilde ısı üretilmesi hacimsel ısınma olarak adlandırılır. Geleneksel kurutma yöntemlerinde ise, ısı dış ortamdan materyalin yüzeyine ve ardından iç kısımlara doğru iletilir. Nem ilk olarak yüzeyden hızlıca buharlaşır ve geri kalan su, yavaşça yüzeye doğru difüze olur. Nem transferi, nemli iç kısım ile kuru yüzey arasındaki konsantrasyon farkı tarafından kontrol edilir. Bu süreç, geleneksel kurutma yöntemlerinde, özellikle kurutmanın ilerki aşamalarında, çok daha yavaş bir nem transferine neden olur. Mikrodalga kurutma işleminde ise hacimsel ısınma olduğu için, ısı transferi sorunu ortadan kalkar ve dolayısıyla geleneksel ısınmaya kıyasla materyal içerisinde çok daha hızlı bir sıcaklık artışına yol açar. Mikrodalga ile kurutmada, nem transferi, materyal içerisindeki suyun hızlı buharlaşması nedeni ile oluşan basınç gradyanı nedeniyle gerçekleşir (Schiffmann, 2001). Yüzeye kolayca taşınan nem hızlı bir şekilde uzaklaştırılır. Mikrodalga güç seviyesinin 360W 'tan 900W'a çıkarılması ile kurutma süresinde %55.6 oranında düşüş elde edilmiştir. Daha yüksek mikrodalga güç seviyelerinde, materyal içerisindeki su molekülleri birim zamanda daha fazla enerji absorplar. Bu durum moleküller titreşim hızını artırır, ısının daha hızlı oluşmasını sağlar ve suyun buharlaşma sürecini hızlandırır. Sonuç olarak, kuruma süresi önemli ölçüde kısalmıştır. Yılmaz ve ark. (2021), kekiğin (*T. vulgaris*) kurutulması ile ilgili yapmış oldukları bir çalışmada, mikrodalga ile kurutma süresinin sıcak hava (50°C) ve gölgede kurutmaya kıyasla çok düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında,

1000W mikrodalga gücünde kekik kurutma süresinin, 200W ve 600W güçlerinde kurutmaya kıyasla sırasıyla 4 ve 2 kat daha kısa olduğunu göstermişlerdir.

Kurutulmuş ürünlerde renk, ürünün kalitesini, işleme koşullarını ve tüketiciye olan cazibesini belirleyen önemli bir kalite göstergesidir. Kekik bitkisinde bulunan renk pigmentleri, yapısında birçok biyolojik bileşen içerir. Bunların başında yapraklara yeşil rengini veren ana pigment olarak klorofil gelmektedir. Klorofil pigmentlerine, renkleri sarıdan turuncuya kadar değişen karotenoid pigmentler eşlik eder, ancak bu renkler çoğunlukla yeşil klorofiller tarafından maskelenir. El-Qudah (2014), kekiğin (*T. vulgaris* L.) 1 gr kuru maddesinde 4.13 mg klorofil, 0.367 µg β-karoten, 0.633 µg lutein ve 0.625 µg zeaksantin olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada, taze kekik örneğinde a* değerinin negatif olması, yeşil tonların baskın olduğu anlamına gelir.

Kurutma işleminin rengi etkilediği görülmektedir. Yüksek L* değeri rengin daha açık, daha parlak ve daha beyaza yakın olduğunu gösterir. Dondurarak kurutulmuş kekiğin L* değeri diğer kurutulmuş örneklerden yüksektir. Dondurarak kurutmanın, ürünlerin renklerini koruma açısından oldukça avantajlı bir yöntem olduğu bilinmektedir (Harguindeguy ve Fissorei, 2020). Bu yöntem düşük sıcaklıklarda ve vakum altında gerçekleştiği için klorofil, karotenoid pigment degradasyonu, askorbik asit oksidasyonu gibi renk bozulmasına yol açan reaksiyonlar minimum seviyede gerçekleşir, kahverengileşmeye neden olan Maillard reaksiyonu önlenir. Bu sayede, dondurarak kurutulmuş kekiğin L* değeri taze kekiğe daha yakın olur, canlı renkler korunur. Mikrodalgada kurutulmuş örneklerin L* değerleri sıcak havada kurutulmuş örneklerden yüksek bulunmuştur. Ancak aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Kasapsaraçoğlu (2017), yapmış olduğu çalışmada, bu çalışmadakine benzer şekilde, mikrodalga (360W ve 480W) ile kurutulmuş kekik (*O. orites*) örneklerinin L* değerlerini sıcak hava (50–70°C) ile kurutulan örneklerin L* değerlerinden yüksek bulmuştur. Mikrodalgada kurutma süresinin kısa olmasından dolayı renk bozulmasına yol açan reaksiyonların sıcak havada kurutmaya kıyasla daha sınırlı kalması bu durumun nedenlerinden biri olabilir. Gölgede kurutmada da benzer şekilde kurutma süresi çok uzun olduğundan, renk bozulmasına yol açan oksidatif reaksiyonlar artmış olabilir. Bunun sonucu olarak L* değeri düşer, yani kekik daha koyu görünür. Sarıhan ve ark. (2019), fırında

(35°C) kurutulmuş olan İzmir kekiği (*Origanum onites*) ve limon kekiğinin (*T. citriodorus* Pers. Schreb) L* değerlerinin gölgede kurutulmuş olanlarından daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Bu çalışmada ise gölgede kurutulmuş olan kekiğin L* değeri (26.63), 50°C'deki sıcak hava ile kurutulan kekiğin L* değerinden (28.49) düşük bulunmuştur. Bu durumun kurutma koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Düşük sıcaklıklarda kurutma işlemi daha uzun sürmekte ve bu durum renk üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Yapılmış olan bir çalışmada, Güler (2019), kurutma sıcaklığının 30°C'den 50°C'ye çıkarılması ile kekiğin L* değerinde artış kaydetmiş ve bu çalışmadakine paralel şekilde, 50°C'de kurutulmuş kekiğin L* değerini (45.36) gölgede kurutulan kekiğin L* değerinden (42.39) yüksek bulmuştur.

Kurutma işlemi ile taze kekiğin a* değerinde kaydedilen artış, kekiğin yeşil renginin azaldığı anlamına gelmektedir. Benzer şekilde, Yılmaz ve ark. (2021), *T. vulgaris* kekik türünün, Rahimmalek ve Goli (2013) ise *T. daenensis* kekik türünün a* değerlerinde, kurutma işlemi sonrası artış olduğunu rapor etmişlerdir. Sıcak hava ile ve gölgede kurutulmuş örneklerin a* değerlerinin taze örneğe kıyasla önemli derecede yüksek olmasının, bu kurutma yöntemlerinin daha uzun süreli olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Gölgede kurutulan örneğin a* değerinin negatiften pozitif kayması, örneğin renginde yeşil tonların azalması ve kırmızı veya kahverengimsi tonların artması anlamına gelir. Bu durum, kurutulmuş kekik için istenilen bir durum değildir. Kekikte bulunan klorofil pigmentleri klorofil a ve klorofil b'dir. Klorofil a daha yüksek oranda bulunmaktadır (Sharafzadeh ve Alizadeh, 2011; El-Qudah, 2014;). Klorofil a kırmızı-yeşil, klorofil b sarı-mavi renkten sorumludur (Steet ve Tong, 1996; Almela ve ark., 2000). Klorofiller, seyreltik asit, ısı, ışık ve oksijenden kolayca etkilenir ve degradasyona uğrar (Tonucci ve Von Elbe, 1992). Bu durum kurutma sürecinde a* renk değerinde artışa neden olabilir. Bunun yanında, kurutma işlemi sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu, kekikte kahverengimsi bir renk değişikliğine yol açabilir. Bu da, a* değerini pozitif yönde etkileyerek kekikte kırmızımsı tonların baskın hale gelmesine neden olabilir (Weemaes ve ark., 1999; Pathare ve ark., 2013). Mikrodalga kurutma işlem süresinin çok kısa olmasının, renk değişimine neden olan yukarıdaki reaksiyonları sınırlandırdığı düşünülmektedir. Dondurarak kurutma ise düşük

sıcaklıkta gerçekleştiği için, kekikteki renk veren bileşiklerin bozulması ve Maillard reaksiyonları önlemediğinden renk kaybı minimumdur. Literatür incelendiğinde kurutma yöntemlerinin farklı kekik türlerinin a* renk değerleri üzerine etkisi ile ilgili farklı sonuçlar elde edilmiş olduğu görülmektedir. Yılmaz ve ark. (2021), çalışmalarında, gölgede kurutulan *T. vulgaris*'in a* değerinin mikrodalga ile kurutulan ve 50°C sıcak hava ile kurutulan örneklerden daha düşük olduğunu rapor etmişlerdir. Güler (2019), gölgede ve mikrodalga ile kurutulan *T. vulgaris*'in a* değerlerinin 50°C sıcak hava ile kurutulan kekiklerden düşük olduğunu bulmuştur. Farklı bir çalışmada, Rahimmalek ve Goli (2013), mikrodalga ile, gölgede ve dondurarak kurutulmuş kekik (*Thymus daenensis*) örneklerinin a* değerlerinin benzer olduğunu ve bu örneklerin a* değerlerinin 50°C'de sıcak havada kurutulanlara kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda, mikrodalga ile kurutmada, azalan güç seviyesi ile a* değerlerinde bir miktar artış olduğu göze çarpmaktadır. Benzer şekilde Güler (2019), 450 ve 600W mikrodalga güçlerinde kurutulan kekik (*T. vulgaris*) örneklerinin a* değerlerini, 800W'ta kurutulana kıyasla daha yüksek bulmuştur. Bu durumun nedenlerinden biri klorofil pigmentinin degradasyonunun düşük mikrodalga güç seviyelerinde daha yüksek olması olabilir. Yılmaz ve ark. (2021), yapmış oldukları çalışmada yüksek mikrodalga gücünde kurutulmuş olan kekikteki klorofil konsantrasyonunun düşük mikrodalga gücünde kurutulmuş olana kıyasla daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında 1000W'ta kurutulan kekiğin a* değeri 0.7 iken 200W'ta kurutulan kekiğin a* değeri 1.9 olarak bulunmuştur.

Kurutma işlemi ile taze kekiğin b* değerinde kaydedilen düşüş, kekiğin sarı renk tonunun azaldığı anlamına gelmektedir. Bu çalışmadakine benzer şekilde Güler (2019), farklı kurutma işlemleri (sıcak hava, mikrodalga, güneşte, gölgede, buzdolabında kurutma) ile taze kekiğin (*T. vulgaris*) b* değerinde düşüş olduğunu ve en büyük düşüşün güneşte ve gölgede kurutma işlemlerinde gözlendiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda, b* rengindeki en büyük düşüş gölgede kurutma sonucu gerçekleşmiştir. Ancak literatürde farklı sonuçlar elde edildiği de görülmektedir. Yılmaz ve ark. (2021), *T. vulgaris*'in b* değerinde, sıcak hava (50°C) ve mikrodalga kurutma sonucu gözlenen düşüşün gölgede kurutmaya kıyasla daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Rahimmalek ve Goli (2013), mikrodalga ile,

gölgede ve fırında kurutulmuş kekik (*T. daenensis*) örneklerinin b* değerlerini benzer bulmuştur. Çalışmalarında yalnızca dondurarak kurutulmuş örnek taze örneğe ve diğer kurutulmuş örneklerle kıyasla daha düşük b* değerine sahip bulunmuştur. Çalışmamızda ise, mikrodalgada kurutulan örneklerin b* değerleri gölgede kurutulan örnekten önemli derecede yüksek bulunmuştur.

Kurutulmuş kekik örneklerinin toplam fenolik madde (TFM) değerlerinin (19.5–40.2 mg GAE/g KM) literatür ile uyumlu olduğu görülmektedir. Literatür incelendiğinde, farklı *Thymus* türlerinde yapılan çalışmalarda, toplam fenolik madde değerlerinin 13.6–168.2 mg GAE/g KM gibi geniş bir aralıkta değiştiği görülmektedir (Tohidi ve ark., 2017; Gedikoğlu ve ark., 2019; Sarfaraz ve ark., 2021; Vergun ve ark., 2022). Diğer türlere kıyasla *T. praecox* subsp. *skorpilii* türüne ait çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. 2008 yılında yapılan bir çalışmada, Giresun Bektaş Yaylası'ndan (2000–2500m) toplandıktan sonra kurutulan *T. praecox* subsp. *skorpilii* ekstraktların TFM değerlerinin 2.78–6.21 mg GAE/g KM aralığında olduğu bildirilmiştir (Ozen ve ark., 2011). Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, Taşkın ve ark., (2019) tarafından tespit edilen TFM değerleri ile uyumlu, Ozen ve ark., (2019) tarafından tespit edilen değerlere kıyasla daha yüksektir. TFM değerlerindeki bu farklılıkların kaynağı, bitki türü dışında, yetiştirme koşulları, toplama zamanı ve kullanılan ekstraksiyon yöntemi gibi faktörler olabilir.

Dondurarak kurutmanın kekikte en yüksek TFM içeriğini sağlaması, bu yöntemin kekikteki fenolik bileşiklerin korunması açısından etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Dondurarak kurutma, düşük sıcaklıkta gerçekleştirilen bir işlem olduğu için, sıcaklığa duyarlı bileşiklerin bozulmasını engeller ve fenolik bileşiklerin korunmasına yardımcı olur. Bu sonuç, nane, kekik, adaçayı gibi farklı bitkilerin kurutulmasında dondurarak kurutmanın diğer yöntemlere kıyasla daha yüksek TFM sağladığının rapor edildiği önceki çalışmalar ile uyum içerisindedir (Orphanides ve ark., 2013; Sadowska ve ark., 2017).

Yüksek güç seviyesinde (900W) mikrodalga fırında yapılan kurutma işlemi dondurarak kurutmadan sonra en yüksek TFM değerini sağlamıştır. Mikrodalga enerjisi doğrudan bitki dokusunun iç kısmındaki suyu hedef alarak hacimsel ısınma sağlar, bu da örnek içerisinde sıcaklığın hızlı bir şekilde artmasına neden olur. Artan

sıcaklık, sıcaklığa duyarlı bileşiklerin bozulmasına neden olsa da kurutma süresinin kısa olması bu etkiyi sınırlandırır. Öte yandan, artan sıcaklık, bitki hücrelerindeki suyun buharlaşmasını tetikler ve hücreler içinde yüksek bir buhar basıncı oluşturur. Yüksek iç basınç, bitki hücre duvarı polimerlerinin bozulmasına neden olabilir. Hücre duvarlarının bozulması, fenolik bileşikler gibi bağlı halde bulunan aktif bileşenlerin serbest kalmasını teşvik edebilir ve bu da daha fazla fenolik bileşiğin ekstrakte edilmesini sağlar (Inchuen ve ark., 2010; Hamrouni-Sellami ve ark., 2013). Yüksek mikrodalga güçleri, bitki dokusunun daha fazla zarar görmesine ve buna bağlı olarak daha fazla fenolik bileşiğin dokudan serbest bırakılmasına neden olabilir (Hamrouni-Sellami ve ark., 2013). Hamrouni-Sellami ve ark., (2013) adaçayının TFM değeri üzerine farklı kurutma yöntemlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, bu çalışmadakine benzer şekilde, 600 ve 800W güçlerinde mikrodalga fırında kurutulan örneklerin TFM değerlerinin fırında (45, 65°C) kurutulmalara kıyasla önemli derecede yüksek olduğunu ve artan mikrodalga güç seviyesi ile TFM değerinin arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca mikrodalga ile kurutulmuş örneklerdeki yüksek TFM içeriği, bazı araştırmacılar tarafından enzimatik olmayan kararma reaksiyonu ile oluşan yeni ürünlerin oluşumu ile de ilişkilendirilmektedir (Caro ve ark., 2004; McSweeney ve Seetharaman, 2015). Bunun yanında mikrodalga ile kurutma işleminde ürün içerisinde oluşan yüksek sıcaklık, polifenol oksidazlar gibi fenolik bileşikler parçalayabilen enzimleri inaktive ederken, gölgede kurutma işleminde, bitki materyalleri tamamen kuruyana kadar bu enzimler fenolik bileşikler parçalayabilir (Lim ve Murtijaya, 2007). Kurutma yöntemlerinin bitkilerin TFM içeriği üzerindeki etkilerine ilişkin literatürdeki farklı çalışmalar incelendiğinde, sonuçların değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu değişkenlik, bitki materyalinin türü, fiziksel yapısı, kurutma şartları ve ölçüm yöntemlerindeki farklılıklarla ilişkilendirilebilir.

Bitkilerdeki uçucu bileşikler, benzenoidler, fenilpropanoidler, yağ asidi türevleri, izoprenoidler, nitrojen ve kükürt içeren bileşikler ve diğerleri (heterosiklik bileşikler, laktonlar, spiroasetaller ve naftalinler) olmak üzere yedi farklı kimyasal sınıfa ayrılmıştır (Knudsen ve ark., 1993; Dudareva ve ark., 2004). Taze ve kurutulmuş *T. praecox* subsp. *skorpilii* türünde tanımlanan uçucu organik bileşikler yüksek oranda (%75.26–92.50) izoprenoidler grubunda yer almaktadır (Çizelge 4.6).

Bunu yağ asidi oksidasyon ürünleri (%0.79–18.48) ve benzoidler (%0.20–1.28) takip etmektedir.

Kurutma işlemi ile taze kekikte tespit edilen isoprenoid oranının arttığı görülmektedir. En az artış oranı %14.0 ile gölgede kurutma işleminde, en yüksek artış oranı ise %22.9 ile 900W gücünde mikrodalga fırında yapılan kurutma işleminde tespit edilmiştir. Kurutma işlemi, taze kekikte bulunan yağ asidi oksidasyon ürünlerinde ise %74.8–95.7 oranında azalmaya neden olmuştur. Yağ asidi oksidasyon ürünleri 3-oktanon, nonanal ve 1-okten-3-ol uçucu bileşikleridir. Taze örnekte en çok bulunan yağ asidi oksidasyon ürünü 3-oktanon bileşiğidir ve oranı %14.76'den kurutma sonrası %0.38–1.78'e düşmüştür.

Çizelge 4.6 Taze ve kurutulmuş *T. praecox* subsp. *skorpilii*'de tanımlanan Uçucu Organik Bileşen (UOB) grupları

UOB Grubu (%)	Taze	DK	GK	SHK	Mikrodalga Kurutma		
					360W	600W	900W
Benzoid	0.24	0.30	1.28	0.78	0.50	0.36	0.20
Yağ asidi oksidasyon	18.48	4.66	3.93	2.41	1.18	1.00	0.79
İzoprenoid	75.26	88.87	85.79	92.03	92.41	91.97	92.50
Monoterpen	54.89	57.74	51.48	73.02	68.70	62.74	57.47
Seskiterpen	20.37	31.13	34.31	19.01	23.71	29.23	35.03
Toplam Tanımlanan	93.98	93.83	91.00	95.23	94.08	93.33	93.49

Taze kekik örneğindeki temel bileşenlerden α -pinen, limonen, kamfen, β -mirsen, p-simen, β -osimen, α -tujen, 3-oktanol monoterpene, β -karyofillen, valensen, α -humulen, δ -kadinen ise seskiterpen grubunda yer almaktadır. Literatür çalışmaları incelendiğinde *T. praecox* subsp. *skorpilii* türü ile yapılan çalışmalarda uçucu bileşen kompozisyonlarının farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

Ozen ve ark., (2011) tarafından yapılan çalışmada, Giresun yöresinden 2000–2500 m yükseklikten toplanan *T. praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii* türünün toprak üstü kısımlarından elde edilen esansiyel yağ, GC/MS ile analiz edilmiş, timol (%40.31), o-simen (%13.66), γ -terpinen (%10.61) ve α -pinen (%9.96) başlıca uçucu bileşenler olarak belirlenmiştir. Başer ve ark. (1996) tarafından, farklı kekik

türlerinin toprak üstü kısımlarından su distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ, GC ve GC/MS ile analiz edilmiş, çalışma sonucunda, *T. praecox* subsp. *skorpilii* var. *laniger* türü için, Amasya bölgesinden toplanan örneklerdeki ana bileşenler timol (%17.75), karvakrol (%10.51) ve 1,8-sineol (%8.68) olarak belirlenirken, Bursa bölgesinden toplanan örnekler için ana bileşenler timol (%41.38), α -eudesmol (%12.01) ve karvakrol (%7.64) olarak belirlenmiştir. Aynı çalışmada Sinop yöresinden toplanan *T. praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii* türünde geraniol (%24.21), α -terpinil asetat (%22.67), geranil asetat (%9.31) ve linalol (%6.01) ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Avcı (2011), Türkiye'nin güney bölgesinden, farklı yüksekliklerden (1030–1250 m), çiçeklenme döneminde toplanan *T. praecox* ssp. *skorpilii* Velen. Jalas var. *laniger* Borbas Jalas'dan hidrodistilasyon ile elde etmiş olduğu uçucu yağı, GC/MS ile analiz etmiş ve yüksekliğin uçucu yağ bileşimini önemli derecede etkilediğini belirlemiştir. Bu etkinin genetik, ekolojik veya bireysel farklılıklardan kaynaklanabileceğini rapor etmişlerdir. Başlıca bileşenler 1250 m'de timol (%69.1), borneol (%5.5), karyofillen (%5.3); 1230 m'de timol (%45.1), karvakrol (%17.5), borneol (%8.7); 1030 m'de ise karvakrol (%46.0), timol (%30.1), sabinen hidrat (%7.2) olarak belirlenmiştir. Stojanović ve ark., (2014), Sırbistan ve Bulgaristan'dan toplanan *T. praecox* ssp. *skorpilii* (Velen.) Jalas türündeki uçucu bileşenleri 2 farklı yöntem ile analiz etmişlerdir. Tepe boşluğu GC-MS yöntemi ile yapılan analizde, baskın bileşenleri sırasıyla α -pinen (%29.4 ve %18.6), mirsen (%12.1 ve %23.2), limonen (%7.5 ve %17.8) ve β -pinen (%11.7 ve %7.6) olarak tespit etmişlerdir. Timol ve karvakrol Bulgaristan'dan elde edilen örnekte tespit edilememiştir. Farklı yöntemler ile tespit edilen kimyasal kompozisyonlar farklılık göstermiştir. Uzun ve ark. (2024) tarafından yapılan çalışmada, Bursa'dan 1800-2200 m yükseklikten toplanan *Thymus praecox* subsp. *skorpilii*'nin yaprak ve çiçeklerinde bulunan uçucu bileşenler, katı faz mikroekstraksiyon (SPME) tekniği kullanılarak ve GC-MS yardımıyla tespit edilmiştir. Tanımlanan toplam 42 uçucu bileşen arasında ana bileşenler, timol (%17.65), p-simen (%15.34), karvakrol (%13.27) ve γ -terpinen (%10.73) olarak tespit edilmiştir. Literatürde yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde, kekik türü yanında ekolojik faktörlerin ve analiz yönteminin uçucu bileşen kompozisyonu üzerinde etkili faktörler olduğu görülmektedir (Vidic ve ark., 2010; Stojanović ve ark., 2014).

Kurutma işleminin taze kekiğin uçucu bileşen oranlarını önemli derecede etkilediği görülmektedir. Çalışmamızda, sıcak havada kurutma işlemi hariç, diğer tüm kurutma yöntemlerinde taze kekiğin p-simen oranında artış gözlenmiştir. γ -terpinen oranında ise kurutma ile artış kaydedilmiştir. D'Auria ve Racioppi (2021), taze *T. serpyllum* örneğinde 37 adet uçucu bileşen tanımlamışlar ve uçucu yağın ana bileşenlerini p-simen (%30.35), γ -terpinen (%11.85), timol metil eter (%6.3), *trans*-karyofillen (%5.98), β -bisabolen (%5.89) ve karvakrol metil eter (%3.49) olarak tespit etmişlerdir. Oda sıcaklığında bir hafta süre ile gerçekleştirilen kurutma işlemi sonrası p-simen (%36.18) ve karvakrol metil eter (%4.76) bileşenlerinin oranlarında artış kaydedilirken, diğer ana bileşenlerin oranlarında düşüş gözlenmiştir. Farklı bir çalışmada, Mashkani ve ark. (2018), taze *T. daenensis* örneklerinde 19 adet uçucu bileşen tanımlamışlar ve temel uçucu bileşenleri timol (%47.18), γ -terpinen (%10.75), p-simen (%10.60), ve E-karyofillen (%4.58) olarak tespit etmişlerdir. Genel olarak, tüm kurutma işlemleri (güneş, gölge, fırın, vakum fırın ve mikrodalga kurutma) sonrasında α ve γ -terpinen, p-simen, α -tujen, α -pinen, mirsen, 1,8-sineol gibi ana monoterpen hidrokarbonların içeriklerinde azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Çalışmamızda, taze kekikte bulunan α -tujen, α -pinen, mirsen oranlarındaki değişim kurutma yöntemine bağlı olarak farklılık göstermiştir. α -tujen, ve β -mirsene oranları mikrodalga ile kurutma işleminde artış gösterirken diğer kurutma yöntemlerinde düşmüştür. Literatürde yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmadakine benzer şekilde, farklı kurutma yöntemlerinin uçucu bileşikler üzerine etkilerinin farklı olduğu görülmektedir. Sarıhan (2019), gölgede, güneşte ve fırında (35°C) yapılan kurutma işlemleri sonrası, limon kekiği (*Thymus citriodorus* L.) örneklerindeki ana uçucu bileşenleri sırası ile geraniol, cis-geraniol, geranial ve timol olarak belirlemişlerdir. Gölgede kurutulmuş örneğin geraniol (%32.5), cis-geraniol (%17.8), ve geranial (%11.4) değerleri diğer örneklerden yüksek, timol (%7.98) değeri ise daha düşük bulunmuştur. Fırında kurutulmuş örneğin timol değerinin (%9.5) diğerler örneklere kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda, nonanal taze örnekte tespit edilemezken kurutulmuş örneklerde %0.32–1.62 aralığında değişen oranlarda tespit edilmiştir. Benzer şekilde heksadekan taze örnekte ve dondurarak kurutulmuş örnekte bulunmazken, diğer

yöntemlerle kurutulmuş örneklerde %0.77–4.49 değerleri arasında değişen oranlarda bulunmaktadır. Literatürdeki çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Rahimmalek ve Goli (2013), taze kekik (*Thymus daenensis* subsp. *daenensis*) yapraklarında bulunmayan α -pinen, kamfen, timil metil eter, karvakrol metil eter ve β -selinen gibi bileşiklerin bazı kurutma işlemleri sonrasında ortaya çıktığını rapor etmişlerdir. Farklı bir çalışmada, Sarosi ve ark. (2013), kurutma işleminin (gölge, konvektif ve dondurarak kurutma), taze kekikte (*T. vulgaris*) bulunmayan α -pinen, kamfen, cis- γ -kandinen, ve trans-kalamen bileşiklerinin ortaya çıkmasına yol açtığını rapor etmişlerdir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, Ordu bölgesinde yayılış gösteren *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* türünün salgı yapıları anatomik olarak incelenmiş, ayrıca farklı kurutma yöntemlerinin uçucu bileşenler, toplam fenolik madde (TFM) ve renk parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır.

Yapılan anatomik çalışma sonucunda 5 tanesi örtü tüyü, 5 tanesi salgı tüyü olmak üzere 10 tip tüy belirlenmiştir. Salgı tüylerinin 3 tanesi kapitat, 2 tanesi peltat salgı tüyü şeklindedir. Türün diğer *Thymus* türleri ile gösterdikleri benzerlik ve farklılıklar ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bol miktarda salgı tüyü içerdiğini belirlediğimiz *Thymus* türlerinin ayrıntılı anatomik ve mikromorfolojik olarak incelenmesi sınıflandırmalarındaki belirsizliği gidermede yardımcı olacaktır.

Kurutma yöntemi olarak gölgede kurutma, dondurarak kurutma, sıcak hava (50°C) ile kurutma ve mikrodalga ile kurutma (360, 600, 900W) yöntemleri kullanılmıştır.

Mikrodalga ile kurutma işlemi, düşük güç seviyelerinde bile kurutma süresini diğer yöntemlere kıyasla önemli ölçüde kısaltmıştır. Araştırma bulguları, *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* bitkisinde toplam fenolik madde değerleri ve renk parametreleri üzerinde kurutma yönteminin önemli bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Dondurarak kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemleri taze örnek ile benzer L*, a* ve b* değerleri sağlarken, gölgede kurutma ve sıcak hava ile kurutma yöntemleri önemli derecede yüksek a* ve düşük b* değerlerine neden olmuştur. Genel olarak gölgede kurutulmuş örnek diğer örneklerden daha düşük L*, b* ve daha yüksek a* değerlerine sahiptir. Mikrodalga güç seviyesinin renk üzerinde etkili bir parametre olmadığı görülmektedir. En yüksek TFM değeri dondurarak kurutulmuş örnekte tespit edilmiştir. Mikrodalga güç seviyesinin örneklerin TFM değerleri üzerine önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir. Örneklerin TFM değerleri düşük güç seviyelerinde daha düşük bulunmuştur. 900W gücünde yapılan mikrodalga kurutma işlemi sıcak havada kurutma ve gölgede kurutmaya kıyas ile daha yüksek TFM değerleri sağlamıştır. Genel olarak 900W gücünde mikrodalga ile yapılan kurutma işleminin, kurutma süresinin önemli ölçüde kısaltılması, hem fenolik içerik

hem de renk özelliklerinin korunması açılarından gölgede ve sıcak hava ile kurutma yöntemlerine kıyasla daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Taze kekik örneğinde tanımlanan toplam 26 adet uçucu bileşik içerisinde en fazla bulunanlar sırasıyla α -pinen (%15.63), 3-oktanon (%14.76) ve limonen (%13.47) olup, bunları β -karyofillen, valensen, kamfen ve β -mirsan izlemektedir. Kurutma işlemi ve kullanılan kurutma yöntemi, taze örnekte tespit edilen uçucu bileşenlerin miktarını ve bileşimlerini önemli ölçüde etkilemiştir. Kurutma işlemi ile taze kekikte tespit edilen limonen oranında artış gözlenirken, 3-oktanon oranında düşüş gözlenmiştir. Kurutulmuş örneklerde limonen, β -karyofillen ve α -pinen tespit edilen ilk üç temel bileşik içerisinde yer almaktadır.



6. KAYNAKLAR

- Alan, S. & Koca, F. (2007). Eskişehir’de Yetişen *Thymus* L. (Labiatae) Türleri Üzerinde Anatomik Araştırmalar. *Anadolu University Journal of Science and Technology*, 8(1), 161–180.
- Almela, L., Fernandez-Lopez, J.A. & Roca, M.J. (2000). High-Performance Liquid Chromatographic Screening Of Chlorophyll Derivatives Produced During Fruit Storage. *Journal of Chromatographic A.*, 870: 483–489.
- Alqarni, M., Salkini, A., Abujheisha, H., Daghar, M., Huraif, F. & Kader, M. (2022). Qualitative, Quantitative and Antimicrobial Activity Variations of the Essential Oils Isolated from *Thymus vulgaris* and *Micromeria fruticosa* Samples Subjected to Different Drying Conditions. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 40(3), 6861–6867, <https://doi.org/10.1007/s13369-021-06469-8>.
- Altıntaş, D. (2023). *Thymus* Baseri Ozturk, Yaylaci, Koyuncu & Ocak Bitkisinin Fitokimyasal Ve Biyolojik Aktivite Özelliklerinin Araştırılması, Anadolu Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Farmakognozi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Anwar, F., Mahrye, Khan, R., Qadir, R., Saadi, S., Gruczynska-Sekowska, E. & Hossain Brishti, F. (2024). Exploring the Biochemical and Nutra–Pharmaceutical Prospects of Some *Thymus* Species–A Review. *Chemistry & Biodiversity*, 21(7), e202400500.
- AOAC. (1995). Official Methods of Analysis (16th ed) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
- Atak, E. & Uslu, M. E. (2018). Fenolik Bileşikler, Ekstraksiyon Metotları ve Analiz Yöntemleri, *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 3(27), 39–48.
- Avcı, A. B. (2011). Chemical variation on the essential oil of *Thymus praecox* ssp. *skorpilii* var. *laniger*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(4), 607–610.
- Bağcı E. & Başer H. K. C. (2005). Study of the Essential Oils of *Thymus haussknechtii* Velen and *Thymus kotschynus* Boiss. Et Hohen var. *kotschyanus* (Lamiaceae) Taxa from the Eastern Anatolian Region in Turkey, *Flavour Fragrance Journal*. 20, 199–202.
- Baker, G.J.C. (1997). Industrial Drying of Foods, 1st Edition, Chapman&Hall Publication, New York.
- Baran, P. (2005). Yüksek Lisans Tezi. *Salvia argentea* L.ve *Salvia viridis* L. (Lamiaceae) Türleri Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Bir Araştırma. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Manisa, Türkiye.
- Baran, P., Aktaş, K. & Özdemir, C. (2010). Structural investigation of the glandular trichomes of endemic *Salvia smyrnea* L. *South African Journal of Botany.*, 76 (2010), 572–578.

- Başer, K. H. C. Kirimer, N., Ermin, N., Özek, T. & Tümen G. (1996). Composition of Essential Oils from Three Varieties of *Thymus praecox* Opiz growing in Turkey. *Journal Essential Oil Research*, 8, 319–321.
- Başer, K.H.C. (1998). Tıbbi ve Aromatik Yabani Bitkilerimiz Tehdit Altında Mı? *TEMA Vakfı Faaliyet Derg.*, s.44–47.
- Başer, K. H. C., Kürkçüoğlu, M., Ermin, N., Tümen, G. & Malyer, H. (1999). Composition of the Essential Oil of *Thymus pseudopulegioides* Klovov et Des.-Shost. from Turkey. *Journal Essential Oil Research*, 11, 86–88.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi, Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitapevleri, II. Baskı ISBN: 975–420–021–1. İstanbul, 480s.
- Bayramoğlu, M. M., Toksoy M. & Şen, G. (2009). Türkiye’de Tıbbi Bitki Ticareti, II. Ormancılıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, Şubat, Isparta, Bildiriler Kitabı, 90–98.
- Boz, I., Navarro, L., Galeş, R. & Pădurariu, C. (2009). Morphology and Structure of Glandular Hairs in Development of *Thymus vulgaris* L. *Biologic Vegetală, Fasc. 2*, 81–86.
- Bozdemir, Ç. (2019). Türkiye’de Yetişen Kekik Türleri, Ekonomik Önemi ve Kullanım Alanları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 583–594.
- Brglez Mojzer, E., Knez Hrnčič, M., Škerget, M., Knez, Ž. & Bren, U. (2016). Polyphenols: Extraction Methods, Antioxidative Action, Bioavailability and Anticarcinogenic Effects. *Molecules*, 21(7), 901.
- Bulut, A. (2022). *Thymus sibthorpii* Benth. Üzerinde Morfolojik, Anatomik ve Kimyasal Araştırmalar, Farmasötik Botanik Anabilim Dalı, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- Caro, A. D., Piga, A. P., Pinna, I., Fenu, P. M., & Agabbio, M. (2004). Effect of Drying Conditions and Storage Period on Polyphenolic Content, Antioxidant Capacity, and Ascorbic Acid of Prunes. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 52, 4780–4784.
- Cantino, PD., (1990) The Phylogenetic Significance of Stomata and Trichomes in the Labiatae and Verbenaceae. *Journal of the Arnold Arboretum*, 71, 323–370.
- Cantino, PD., (1992a) Evidence for a Polyphyletic Origin of the Labiatae. *Ann Missouri Bot Gard* 79, 361–379 .
- Cantino, PD., (1992b) Toward a Phylogenetic Classification of the Labiatae. In: Harley RM, Reynolds T (eds) *Advances in Labiatae Science. Royal Botany Gardens, Kew*, pp 27–37.
- Calín-Sánchez, Á., Figiel, A., Lech, K., Szumny, A., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2013). Effects of Drying Methods on the Composition of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Essential Oil. *Drying Technology*, 31(2), 224–235.
- Chase, M, Soltis, D., Olmstead, R., Morgan, D., Les, D., Mishler, B., Duvall, M., Price, R. Hills, H. Qiu, Y., Kron, K., Rettig, H., Conti, E., Palmer, J., Manhart, J., Sytsma, K., Michaels, H., Kress, W., Karol, K. & Albert,

- V.(1993). Phylogenetics of Seed Plants: An Analysis of Nucleotide Sequences from the Plastid Gene *rbcl*. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 80(3), 528–580.
- Corsi, G., Bottega, S. (1999). Glandular Hairs of *Salvia officinalis*: New Data on Morphology, Localization and Histochemistry in Relation to Function, *Annals of Botany*, 84, 657–664.
- Cin, M., (2019). Mikrodalga-Vakum Kombine Kurutma Yönteminin Kuşburnunun Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin Üniversitesi, Mersin.
- Çakır Kan, Z., (2019). Kültürü Yapılan Kekik Türlerinde Farklı Kurutma Yöntemlerinin Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Çavuş, D. (2011). *Thymus praecox* Opiz subsp. *caucasicus* var. *caucasicus* Ekstraktlarındaki Fenolik Bileşiklerin Kromatografik ve Spektrofotometrik Yöntemler ile Belirlenmesi, Kimya Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü Rize Üniversitesi.
- D'Auria, M., & Racioppi, R. (2015). The effect of drying of the composition of volatile organic compounds in *Rosmarinus officinalis*, *Laurus nobilis*, *Salvia officinalis* and *Thymus serpyllum*. A HS-SPME-GC-MS study. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 18(5), 1209–1223.
- Davis, P. H. (Edt.) (1982). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands*, Vol. 7, Univ. Press, Edinburgh, 36–42, 297–313.
- Deveoğlu, O., & Karadağ, R. (2019). A review on the flavonoids—A Dye Source. *International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences*, 31(3), 188–200
- Dölarslan, M. & Gül, E., (2015). Yapraklı-Büyükyağla'nın vasküler bitkiler florası. *Ormancılık Dergisi*, 11(2), 74–91.
- Dudareva, N., Pichersky, E., & Gershenzon, J. (2004). Biochemistry of plant volatiles. *Plant Physiology*, 135(4), 1893–1902.
- Elgayyar, M., Draughon, F.A., Golden, D.A. & Mount J.R. (2001). Antimicrobial Activity of Essential Oils from Plants Against Selected Pathogenic and Saprophytic Microorganisms. *Journal of Food Protection*, 64: 1019–1024
- Eloff, J.N. (1998). Which Extractant should be used for the Screening and Isolation of Antimicrobial Components from Plants. *Journal of Ethnopharmacol*, 60, 1–8.
- El-Newary, S.A., Shaffie, N.M., & Omer, E.A. (2017). The protection of *Thymus vulgaris* leaves alcoholic extract against hepatotoxicity of alcohol in rats. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 10 (4), 361–371.
- El-Qudah, J. M. (2014). Common thyme (*Thymus vulgaris* L.). *World Applied Sciences Journal*, 29(10), 1277–1281.

- Ergen Akçin, Ö. & Karadeniz, D. (2023). Ordu ve Çevresinde Yayılış Gösteren *Satureja spicigera* (Lamiaceae) Türünün Anatomik Özellikleri. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13(2), 146–153. <https://doi.org/10.54370/ordubtd.1292756>.
- Ergen Akçin, Ö., Öztürk, Ş. & Türk, S. (2022). Doğu Karadeniz Bölgesinde Yayılış Gösteren Endemik *Lamium microphyllum* Boiss. Türünün Anatomik ve Mikromorfolojik Özellikleri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(1), 179–188. <https://doi.org/10.29278/azd.971726>.
- Ergen Akçin, Ö., Özyurt, M. S. & Şenel, G. (2011). Petiole Anatomy of Some Lamiacea Taxa. *Pakistan Journal of Botany*, 43(3), 1437–1443.
- Geankoplis, C. J. (2008). Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations), Prentice Hall, 4th Edition.
- Gedikoğlu, A., Sökmen, M., & Çivit, A. (2019). Evaluation of *Thymus vulgaris* and *Thymbra spicata* Essential Oils and Plant Extracts for Chemical Composition, Antioxidant, and Antimicrobial Properties. *Food Science & Nutrition*, 7(5), 1704–1714.
- Giuliani, C., Pellegrino, R., Tirillini, B. & Maleci, B. (2008). Micro Morphological and Chemical Characterisation of *Stachys recta* L. subsp. *serpentina* (Fiori) Arrigoni in Comparison to *Stachys recta* L. subsp. *recta* (Lamiaceae). *Flora* 203:376–385.
- Güler, H., (2019). Biberiye, Fesleğen, Kekik, Nane Ve Stevyanin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivitesi Üzerine Kurutma Yöntemlerinin Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi, Bursa.
- Güner, A., Akyıldırım, B., Alkayış, M.F., Çingay, B., Kanoğlu, S.S., Özkan, A.M., Öztekin, M. & Tuğ, G.N. (2012). Türkçe bitki adları. Şu eserde: Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. ve Babaç, M.T., (edlr.), (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını. İstanbul.
- Gostin, I., Blidar, C., (2024). Glandular Trichomes and Essential Oils Variability in Species of the Genus *Phlomis* L. Faculty of Biology, “Alexandru Ioan Cuza” University, Romania.
- Hamrouni-Sellami, I., Rahali, F. Z., Rebey, I. B., Bourgou, S., Limam, F., & Marzouk, B. (2013). Total Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity of Sage (*Salvia Officinalis* L.) Plants as Affected by Different Drying Methods. *Food and Bioprocess Technology*, 6(3), 806–817.
- Harguindeguy, M., & Fissore, D. (2020). On the Effects of Freeze-Drying Processes on the Nutritional Properties of Foodstuff: A review. *Drying Technology*, 38(7), 846–868.
- Hedge, I.C., (1986). Labiatae of South-West Asia: Diversity, Distribution and Endemism, Edinburgh: Proceedings of The Royal Society of Edinburgh, pp. 23–35.
- Heywood, V. H. (1996). Flowering Plants of the World, BT Batsford Ltd., London.

- Hossain, M. B., Barry-Ryan, C., Martin-Diana, A. B., & Brunton, N. P. (2010). Effect of Drying Method on the Antioxidant Capacity of Six Lamiaceae herbs. *Food Chemistry*, 123(1), 85–91.
- Inchuen, S., Narkrugsa, W., & Pornchaloempong, P. (2010). Effect of Drying Methods on Chemical Composition, Color and Antioxidant Properties of Thai Redc.
- Jia P, Gao T. & Xin H. (2012). Changes in Structure and Histochemistry of Glandular Trichomes of *Thymus quinquecostatus* Celak. *The Scientific World Journal*, 2012, 187261. [https://doi: 10.1100/2012/187261.187261](https://doi.org/10.1100/2012/187261.187261).
- Jia P, Liu H, Gao T. & Xin H. (2013). Glandular Trichomes and Essential Oil of *Thymus quinquecostatus*, *Scientific World Journal*, 2013–387952. [https://doi: 10.1155/2013/387952](https://doi.org/10.1155/2013/387952).
- Karan, T., (2024). *Thymus praecox* subsp. *grossheimii*'nin Fenolik Bileşikleri ve Sağlığı Artırıcı Etkileri, Yozgat Bozok Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Genetik Bölümü, *Kadirli Uygulamalı Bilimler Fakültesi Dergisi*, 4(2), 315–324.
- Kartesz JT. & Karesz R. (1980). Synonymized Checklist of the Vaskular Flora of the United States, Canada, and Greenland, vol. The Univ. of North Caroline Pres, Chapell Hill.
- Kaplan, F., (2019). Sakarya İli Çevresinde Yayılış Gösteren Bazı *Salvia* L. (Lamiaceae) Taksonları Üzerine Anatomik, Morfolojik Ve Palinolojik Araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce Üniversitesi, Düzce.
- Kasapsaraçoğlu, G., (2017). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kekik (*Origanum Onites*) Örneklerinin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Kasumov, F. Y. & Gavrenkova, S. I., (1985). *Thymus transcaucasicus* Ronn. Promising essential oil containing plant of Azerbaijan flora. *Doklady Akademi Nauk Armyanskoi SSR*, 41, 56–59.
- Kaya, A. (2024). Lamiaceae Familyasının Tüy Morfolojisi, *Ankara Eczacılık Fakültesi Dergisi / Journal. Faculty. Pharmacy Ankara*, 48(3): 1219–1235.
- Kaufmann, M. & Wink., M. (1994). Molecular Systematics of the *Nepetoideae* (Family Labiatae): Phylogenetic Implications from rbcL Gene Sequences. *Zeitschrift für Naturforschung*, 49, 635–645.
- Khodifad, B. C., & Dhamsaniya, N. K. (2020). Drying of Food Materials by Microwave Energy-A Review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 1950–1973.
- Koçyiğit, M. (2005). Yalova İlinde Etnobotanik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Farmasötik Botanik Ana Bilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Kokkini, S., Karaousou, R., Dardioti, A., Krigas, N. & Lanaras, T. (1997). Autumn essential oils of Greek Oregano. *Phytochemistry*, 44, 883.

- Küçük, S., Kayalar, E., Kürkçüoğlu, M., & Eröz Poyraz, İ. (2021). Essential Oils Compositions And Local Names of Some Medicinal and Aromatic Plants From Lamiaceae Family Sold in Local Bazaars of Edremit-Akçay (Balıkesir-Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 14(3), 372–379.
- Kılıç Pekgözlü, A. , & Özcan, K. (2018). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kekik (*Thymus sipyleus* Boiss. var. *sipyleus*) Uçucu Bileşenleri Üzerine Etkisi. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 20(2), 210–215.
- Knudsen, J. T., Tollsten, L., & Bergström, L. G. (1993). Floral scents—a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry*, 33(2), 253–280.
- Kütükalan, D. (2019). A micromorphological study on the genus *Thymus* (Lamiaceae) in Turkey. Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Lee, I.-C., Bae, J.-S., Kim, T., Kwon, O.J., & Kim, T.H. (2011). Polyphenolic Constituents From The Aerial Parts of *Thymus quinquecostatus* var. *Japanica* Collected On Ulleung Island. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*, 54 (5), 811–816.
- Li, X., He, T., Wang, X., Shen, M., Yan, X., Fan, S., Wang, L., Wang, X., Xu, X., Sui, H. & She, G. (2019). Traditional Uses, Chemical Constituents and Biological Activities of Plants From the Genus *Thymus*. *Chemistry Biological*, 16 (9), 1–33.
- Lim, Y. Y., & Murtijaya, J. (2007). Antioxidant Properties of *Phyllanthus Amarus* Extracts as Affected by Different Drying Methods. *LWT-Food Science and Technology*, 40(9), 1664–1669.
- Lin, L., Lei, F., Sun, D. W., Dong, Y., Yang, B., & Zhao, M. (2012). Thermal inactivation kinetics of Rabdosia serra (Maxim.) Hara leaf peroxidase and polyphenol oxidase and comparative evaluation of drying methods on leaf phenolic profile and bioactivities. *Food Chemistry*, 134(4), 2021–2029.
- Lüle, F., (2014). Malatya-Arguvan Yöresinde Toplanan Çadır Mantarında (*Pleurotus Eryngii*) Farklı Kurutma Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Doktora Tezi, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağa.
- Mali, S. B., & Butale, M. C. (2019). A review paper on different drying methods, *International Journal of Engineering Research & Technology*, 8(05), 211–216.
- Marin, M., Ascensao, L., Budimir, S., Janošević, D., Duletić-Laušević, S., & Marin, P. (2010). The Histochemical Analysis of *Thymus Malyi* Ronninger Glandular Trichomes. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 24(sup1), 39–41.
- Marino, M., Bersani ,C. & Comi, G. (1999). Antimicrobial Activity of the Essential Oils of *Thymus vulgaris* L. Measured Using a Bioimpedometric Method, *Journal of Food Protection*, 62(9), 1017.

- Martins, N., Barros, L., Santos-Buelga, C., Silva, S., Henriques, M., & Ferreira, I.C.F.R. (2015). Decoction, Infusion and Hydroalcoholic Extract Of Cultivated Thyme: Antioxidant and Antibacterial Activities, and Phenolic Characterisation. *Food Chemistry*, 167, 131–137.
- Mashkani, M. R. D., Larijani, K., Mehrafarin, A., & Badi, H. N. (2018). Changes in the Essential Oil Content and Composition of *Thymus daenensis* Celak. Under Different Drying Methods. *Industrial Crops and Products*, 112, 389–395.
- Metaxas, A.a., & Meredith, R. J. (1983). Industrial microwave heating. IET.
- McSweeney, M., & Seetharaman, K. (2015). State of Polyphenols in the Drying Process of Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(5), 660–669.
- Morales, R. (2002). The History, Botany and Taxonomy of the Genus *Thymus*. In: Stahl Biskup, E. ve Saez, F., Eds., *Thyme the Genus Thymus*. Taylor & Francis, 7, 14–55.
- Moses, JA., Norton, T., Alagusundaram, K. & Tiwari, BK. (2014). Novel Drying Techniques for the Food Industry. *Food Engineering Reviews*, 6(3), 43–55.
- Mota, L., Figueiredo, A., Pedro, L., Barroso, J. & Ascensao, L. (2013). Glandular Trichomes, Histochemical Localization of Secretion and Essential Oil Composition in *Plecranthus grandidentatus* Growing in Portugal. *Flavour and Fragrance Journal*, 28(6), 393–401.
- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Motamed, S. M. & Ghorbani, A. (2005). Labiatae Family in folk Medicine in İran: from Ethnobotany to Pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 2, 63–79.
- Nath E. & Sönmez S. (2023). Anatomical, Palynological Ande Micromorphological Investigations on Endemic *Thymus brachychilus* Jalas. (Lamiaceae), *J. Fac. Pharm. Ankara / Ankara Ecz. Fak. Derg.*, 47(3), 816–826.
- O’Gara, E., Hill, D.J., Maslin, D.J. (2000). Activities of Garlic Oil, Garlic Powder and their Diallyl Constituents Againts *Helicobacter pylori*. *Appl. Environ. Microbiology*, 66, 269–273.
- Orphanides, A., Goulas, V. & Gekas, V. (2013). Effect of Drying Method on the Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Spearmint.
- Ozen, T., Demirtas, I. & Aksit, H. (2011). Determination of Antioxidant Activities of Various Extracts and Essential Oil Compositions of *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii*. *Food Chemistry*, 124(1), 58–64.
- Özbeden, G., (2009). Ayder (Rize) Yaylalarında Yayılış Gösteren Lamiaceae Familyasına Ait Bazı Taksonlar Üzerinde Morfolojik Ve Anatomik Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ondokuzmayıs Üniversitesi, Samsun.
- Özgüven, M., Gülseren, G. & Müller, J. (2019). Investigation of the Efficiency of Drying Conditions for Essential Oil Production from Aromatic Plants, *Makara Journal of Science*, 23(3), 148–154.

- Özörgücü, B., Gemici, Y. & Türkan, İ. (1991). Karşılaştırmalı Bitki Anatomisi, İzmir, Türkiye, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, ss. 106–107.
- Paşa, C., Kılıç, T., Selvi, S., & Sağır, Z. Ö. (2019). *Satureja cuneifolia* Ten. (Lamiaceae) türünün farklı kurutma yöntemleri uygulanarak uçucu yağ oranlarının ve uçucu yağ bileşenlerinin tespit edilmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(4), 2330–2335.
- Pagare, S., Bhatia, M., Tripathi, N., Pagare, S., & Bansal, Y. K. (2015). Secondary Metabolites of Plants and Their Role: Overview. *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy*, 9(3), 293–304.
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.J. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods, A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60.
- Pirbalouti, A.G., Oraie, M., Pouriamehr, M. & Babadi, E.S. (2013). Effects of Drying Methods on Qualitative and Quantitative of the Essential Oil of Bakhtiari Savory (*Satureja bachtiarica* Bunge.), *Industrial Crops and Products*, 46, 324– 327.
- Polatcı, H. & Tarhan, S., (2009). Farklı Kurutma Yöntemlerinin Reyhan (*Ocimum basilicum*) Bitkisinin Kuruma Süresine Ve Kalitesine Etkisi, GOÜ. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(1), 61–70.
- Rahimmalek, M., & Goli, S. A. H. (2013). Evaluation of Six Drying Treatments With Respect to Essential Oil Yield, Composition and Color Characteristics of *Thymus daenensis* subsp. *daenensis*. Celak leaves. *Industrial Crops and Products*, 42, 613–619.
- Roby, M.H.H., Sarhan, M.A., Selim, K.A.-H., & Khalel, K.I. (2013). Evaluation of Antioxidant Activity, Total Phenols And Phenolic Compounds in Thyme (*Thymus vulgaris* L.), Sage (*Salvia officinalis* L.), and Marjoram (*Origanum majorana* L.) Extracts. *Industrial Crops of Products*., 43, 827–831.
- Sadowska, U., Kopeć, A., Kourimska, L., Zarubova, L., & Kloucek, P. (2017). The effect of Drying Methods on the Concentration of Compounds in Sage and Thyme. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13286.
- Sarfaraz, D., Rahimmalek, M., & Saeidi, G. (2021). Polyphenolic and Molecular Variation in *Thymus* Species Using HPLC and SRAP Analyses. *Scientific Reports*, 11(1), 5019.
- Sarıhan, B. (2019). Farklı Kurutma Metotlarının Bazı Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerin Kalitesi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Sarosi, S., Pluhar, ZS., Novak, B., Kokai, Z., Sipos, L. & Szilvassi, B. (2013). Effect of Different Drying Techniques on the Aroma Profile of *Thymus vulgaris* Analyzed by GC–MS and Sensory Profile Methods, 46, 210–216.
- Schiffmann, R.F. (2001). Microwave Processes for the Food Industry. Handbook of Microwave Technology for Food Applications. Editör: Datta, A.K., Anantheswaran, R.C. New York: Marcel Dekker.

- Selvi, S., Açar, M. & Satıl, F. (2013). Comparative Micromorphological and Anatomical Investigations on *Thymus pulvinatus* and *T. cherlerioides* (Lamiaceae) Growing in Kazdağı (Edremit-Balıkesir/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*, 6(3): 12–20.
- Sezik, E. & Ezer, N. (1983a) Türkiye’de Yayılış Gösteren ve Çay Olarak Kullanılan Bitkiler Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Araştırmalar I. *Sideritis congesta* P. H. Davis et Hub. Mor., *Doğa Bilim Dergisi Tıp*, 7, 163–168.
- Sezik, E. & Ezer, N. (1983b). *Sideritis congesta*’nın Diterpenleri ve *Sideritis* Türleri ile Karşılaştırılması, IV. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler 103, Eskişehir.
- Sezik, E. (1984). *Sideritis congesta* P. H. Davis et Hub. Mor., Flavonitleri, *Eczacılık Bülteni*, 24(1), 4.
- Shahar B., Indira A., Santosh O., Dolma N. & Chongtham N. (2023). Nutritional Composition, Antioxidant Activity and Characterization of Bioactive Compounds from *Thymus serpyllum* L.: An Underexploited Wild Aromatic Plant, Measurement: Food
- Sharafzadeh, S. H., & Alizadeh, O. (2011). Chlorophyll a, Chlorophyll b and Carotenoids of Garden Thyme (*Thymus vulgaris* L.) as Affected by Nutrients. *Advances in Environmental Biology*, 5(12), 3725–3728.
- Shukla, S. (2011). Freeze drying process: A review. *International journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2(12), 3061.
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total Phenol Analysis; Automation and Comparison with Manual Methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28, 49–55.
- Steet, J.A. & Tong, C.H. (1996). Degradation kinetics of green color and chlorophylls in peas by colorimetry and HPLC. *Journal of Food and Science Technology*, 61, 921–927.
- Simeon de Bouchberg, M., Allegrini, J., Bessiere, C., Attisso, M., Passet, J. & Granger, R. (1976). Propriétés Microbiologiques des Huiles Essentielles de Chimiotype de *Thymus vulgaris* L. *Rivista Italy EPPOS*, 58, 527–536.
- Sökmen, A., Güllüce, M., Akpulat, H. A., Daferera, D., Tepe, B., Polissiou, M., Sokmen, M. & Şahin, F. (2004). The In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oils and Methanol Extracts of Endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control*, 15, 627–634.
- Stahl-Biskup, E. (2002). Essential Oil Chemistry of the Genus *Thymus*– a Global View. In: Thyme The genus *Thymus* (EdS. Stahl-Biskup, E. ve Saez, F.). Taylor & Francis, ISBN 0-203-27289-7., 88–137.
- Stojanović, G., Jovanović, O., Petrović, G., Mitić, V., Jovanović, V. S., & Jovanović, S. (2014). Composition of headspace volatiles and essential oils of three *Thymus* species. *Natural Product Communications*, 9(11), 1934578X1400901120.

- Şekeroğlu, N., Deveci, M., Buruk, CK, Gürbüz, B. & İpek, A. (2007). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of Anzer Tea Essential Oil. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 87, 7, 1424–1426.
- Tabanca, N., Kırimer, N. & Başer, K. H. C. (2001). The Composition of Essential Oils from Two Varieties of *Sideritis erthrantha* var. *erthrantha* and var. *cedretorum*, *Turkish Journal of Chemistry*, 25, 201–208.
- Taşkın, T., Çam, M. E., Taşkın, D., & Rayaman, E. (2019). In Vitro and In Vivo Biological Activities and Phenolic Characterization of *Thymus praecox* subsp. *skorpilii* var. *skorpilii*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13, 536–544.
- Tavukçuoğlu, S. (1994). Uludağ'da Yayılışı Olan *Thymus* L. Türleri Üzerinde Morfolojik ve Anatomik Araştırmalar, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi. Bursa.
- Tepe, B., Daferera, D., Sokmen, M., Polissio, M., & Sokmen, A. (2004). In Vitro Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Essential Oils and Various Extracts of *Thymus eigi* M. Zohary et P.H. Davis. *Journal of Agricultural and Food Chem.*, 52, 1132–1137.
- Tepe, B., Sökmen, M., Akpulat, H.A., Daferera, D., Polissiou, M & Sökmen, A. (2005). Antioxidative Activity of the Essential Oils of *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus* ve *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *rosulans*. *Journal of Food Engineering*, 66, 447–454.
- Tohidi, B., Rahimmalek, M., and Arzani, A. (2017). Essential Oil Composition, Total Phenolic, Flavonoid Contents, and Antioxidant Activity of *Thymus* Species Collected From Different Regions of Iran. *Food Chemistry*, 220, 153–161.
- Tohidi-Nejad, Z., Khajoei-Nejad, G., Tohidi-Nejad, E., & Ghanbari, J. (2024). Essential Oil Production, Chemical Composition, Bioactive Compounds, and Antioxidant Activity of *Thymus vulgaris* as Affected by Harvesting Season and Drying Conditions. *Drying Technology*, 1–13.
- Tonucci, L.H. & Von Elbe, J.H. (1992). Kinetics of the formation of Zinc Complexes of Chlorophyll Derivatives. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 40, 2341–2344.
- Thamkaew, G., Sjöholm, I., & Galindo, F. G. (2021). A Review of Drying Methods for Improving the Quality of Dried Herbs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(11), 1763–1786.
- Toroğlu, S. & Çenet, M. (2006). Tedavi amaçlı kullanılan bazı bitkilerin Kullanım Alanları ve Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi için Kullanılan Metodlar. *KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi*, 9(2), 12–21.
- Tozin, L., Carvalho, S., Machado, S. & Rodrigues, T. (2015a). Glandular Trichome Diversity on Leaves of *Lippia origanoides* Kunth and *Lippia stachyoides* Cham. (Verbenaceae): Morphology, Histochemistry and Ultrastructure. *Botany* 93, 297–306.

- Tozin, L. & Rodrigues, T. (2017). Morphology and histochemistry of glandular trichomes in *Hyptis villosa* Pohl ex Benth. (Lamiaceae) and differential labeling of cytoskeletal elements. *Acta Botanica Brasilica*, 31(3), 330–343.
- Tsao, R. (2010). Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients*, 2(12), 1231–1246.
- Tümen, G., Baser, K. H. C., Demirci, B. & Ermin, N. (1998b). The Essential Oils of *Satureja coerulea* Janka and *Thymus aznavourii* Velen. *Flavour and Fragrance. Journal*, 13, 65–67
- Tümen, G., Yildiz, B., Kirimer N., Kürkcüoğlu, M. & Baser, K. H. C. (1999). Composition of the Essential Oil of *Thymus fallax* Fisch. et Mey. from Turkey. *Journal of Essential Oil Research*, 11, 489–490.
- Tüylü, M., (2015). Bazı *Marrubium* L. (Lamiaceae) Taksonlarının Yaprak ve Gövde Anatomisi, Histolojisi, Sitolojisi, Doktora Tezi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demiel Üniversitesi, Isparta.
- Urugo, M. M., Emire, S. A., & Tringo, T. T. (2021). Microwave Processing of Food and Biological Materials: Principles and Various Processing Applications. *Croatian Journal of Food Science and Technology*, 13(2), 253–267.
- Uzun, A., Sarikaya, A. G., & Kavaklı, S. A. (2023). Modeling of Present and Future Potential Distribution Areas of *Thymus praecox* Opiz. In Turkey According to the Maxent Algorithm. *International Journal of Biology and Chemistry* 16 (1):58–67.
- Uzun, A., Sarikaya, A.G., & Kavaklı, S.A. (2024). Determination of the leaf and flower volatile components of *Thymus jankae* Celak. *Biodiversity Studies*, 3(1), 1–7
- Ülger, T.G. & Ayhan, N. Y. (2020). Bitki Sekonder Metabolitlerinin Sağlık Üzerine Fonksiyonel Etkileri. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 1(3), 384–390.
- Vardar-Ünlü, G., Candan, F., Sökmen, A., Daferera, D., Polissiou, M., Sökmen, M., Dönmez, E. & Tepe, B. (2003). Antimicrobial and Antioxidant Activity of the Essential Oil and Methanol Extracts of *Thymus pectinatus* Fisch. et Mey. var. *pectinatus* (Lamiaceae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 63–67.
- Varga, E., Bardocz, A., Belák, Á., Maráz, A., Felinger, A., Böszörményi, A. & Györgyi, H. (2015). Antimicrobial Activity and Chemical Composition of Thyme Essential Oils and the Polyphenolic Content of Different *Thymus* extracts. *Farmacia*, 63 (3), 357–361.
- Vergun, O., Svydenko, L., Grygorieva, O., Sedláčková, V. H., Šramková, K. F., Ivanišová, E., & Brindza, J. (2022). Polyphenol Component and Antioxidant Activity of *Thymus* spp. *Slovak Journal of Food Sciences*, 16, 1–14.
- Vidic, D., Čavar, S., Šolić, M. E., & Maksimović, M. (2010). Volatile constituents of two rare subspecies of *Thymus praecox*. *Natural product communications*, 5(7), 1123–1126.

- Yılmaz, M.S., Sakiyan, Ö., Barutcu Mazi, I., & Mazi B.G. (2019). Phenolic Content and Some Physical Properties of Dried Broccoli as Affected by Drying Method. *Food Science and Technology International* 25(1), 76–88.
- Yılmaz, A., Aşık, B. & Alibaş, İ. (2021). The Effect of Drying Methods on the Color, Chlorophyll, Total Phenolic, Flavonoids, and Macro and Micronutrients of Thyme Plant. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11), e15915.
- Yousef, R.M.M. & Hamouda A.M.A. (2013). Effect of Different Drying Methods and Packing Material on Quality of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) During Storage, *Egyptian Journal of Horticulture*, 31(2), 261–276.
- Zhang, M., Tang, J., Mujumdar, A. S., & Wang, S. (2006). Trends in Microwave-Related Drying of Fruits and Vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 17(10), 524–534.
- Weemaes, C., Ooms, V., Indrawati, , Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Van Loey, A. & Hendrickx, M. (1999). Pressure-Temperature Degradation of Green Color in Broccoli Juice. *Journal of Food Science*, 64, 504–508.
- Werker, E., (1993). Function of Essential Oil-Secreting Glandular Hairs in Aromatic Plants of Lamiaceae. *Flavour and Fragrance Journal*, 8(5), 242–255.
- Wink, M. & Kaufmann, M. (1996). Phylogenetic Relationships Between Some Members of the Subfamily Lamioideae Inferred from Nucleotide Sequences of the *rbcl* Gene. *Botanica Acta*, 109, 139–148.



EKLER

EKLER

EK 1: Kekik örneklerinin L* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Örnek	7	Taze; M360W;M600W;M900W	DK;	SHK;	GK;
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	6	445.0	74.174	7.90	0.000
Hata	89	835.3	9.386		
Toplam	95	1280.4			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma			
Taze	13	31.555 ^{ab} ±2.501			
DK	15	33.488 ^a ±3.464			
SHK	15	28.492 ^{bc} ±2.773			
GK	15	26.633 ^c ±2.791			
M360W	10	30.642 ^{ab} ±2.603			
M600W	14	30.903 ^{ab} ±3.056			
M900W	14	31.366 ^{ab} ±3.850			

EK 2: Kekik örneklerinin a* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları

Örnek	7	Taze; M360W;M600W;M900W	DK;	SHK;	GK;
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	6	163.8	27.294	11.63	0.000
Hata	89	208.9	2.347		
Toplam	95	372.6			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma			
Taze	13	-2.501 ^c ±1.909			
DK	15	-1.818 ^c ±1.407			
SHK	15	-0.009 ^{ab} ±1.229			
GK	15	1.412 ^a ±0.989			
M360W	10	-1.518 ^{bc} ±1.295			
M600W	14	-1.524 ^{bc} ±1.843			
M900W	14	-2.092 ^c ±1.825			

EK 3: Kekik örneklerinin b* renk değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları

Örnek	7	Taze; M360W;M600W;M900W	DK; SHK; GK;		
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	6	280.9	46.814	8.15	0.000
Hata	89	511.2	5.744		
Toplam	95	792.1			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma			
Taze	13	9.883 ^a ±1.821			
DK	15	9.752 ^a ±2.106			
SHK	15	6.088 ^{bc} ±2.373			
GK	15	5.505 ^c ±1.782			
M360W	10	8.823 ^{ab} ±2.414			
M600W	14	9.041 ^a ±2.674			
M900W	14	9.361 ^a ±3.289			

EK 4: Kekik örneklerinin toplam fenolik madde değerlerine ait tek yönlü ANOVA ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Test tabloları

Faktör	Levels	Değerler			
Örnek	6	DK; GK; M360W; M600W; M900W; SHK			
Varyasyon Kaynağı	DF	Adj SS	Adj MS	F	P
Örnek	5	55.728	111.146	311.52	0.000
Hata	6	2.141	0.357		
Toplam	11	557.869			
Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi					
Örnek	N	Ortalamalar ± Standart sapma			
DK	2	40.206 ^a ±0.768			
GK	2	24.868 ^c ±0.284			
M360W	2	21.170 ^d ±0.000			
M600W	2	24.030 ^c ±0.796			
M900W	2	28.424 ^b ±0.733			
SHK	2	19.483 ^d ±0.546			

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Adı Soyadı	Didem KARADENİZ	
Doğum Yeri		
Doğum Tarihi		
Uyruğu	☒ T.C.	☐ Diğer:
Telefon		
E-Posta Adresi		
Eğitim Bilgileri		
Lisans		
Üniversite	Ondokuzmayıs Üniversitesi	
Fakülte	Mühendislik Fakültesi	
Bölümü	Gıda Mühendisi	
Mezuniyet Yılı	09.08.2017	
Yüksek Lisans		
Üniversite	Ordu Üniversitesi	
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü	
Anabilim Dalı	Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı	
Bilim Dalı	-	
Mezuniyet Tarihi	Tarih girmek için tıklayın veya dokununuz.	
Yayınlar		
Ergen Akçin, Ö., Karadeniz, D. (2022). Ordu Ve Çevresinde Yayılış Gösteren <i>Satureja spicigera</i> (Lamiaceae) Taksonunun Anatomik Özellikleri. 5rd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences, November 23-25, 2022, Ankara –Turkey. https://orcid.org/0000-0002-7367-5880. Ergen Akçin, Ö., Karadeniz, D. (2023). Ordu ve Çevresinde Yayılış Gösteren <i>Satureja spicigera</i> (Lamiaceae) Türünün Anatomik Özellikleri. <i>Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi</i>, 13(2), 146-153. https://doi.org/10.54370/ordubtd.1292756.		