

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KEKİK (*Origanum
onites*) ÖRNEKLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM KASAPSARAÇOĞLU

DENİZLİ, KASIM- 2017

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



**FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KEKİK (*Origanum
onites*) ÖRNEKLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM KASAPSARAÇOĞLU

DENİZLİ, KASIM - 2017

KABUL VE ONAY SAYFASI

Gizem Kasapsaraçoğlu tarafından hazırlanan “Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kekik (*Origanum onites*) Örneklerinin Kalite Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 02.11.2017 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği /oy-~~çokluğu~~ ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Danışman
Prof.Dr. Yahya TÜLEK (Asil)

Üye (Asil)
Prof.Dr. Muharrem CERTEL

Üye (Asil)
Doç.Dr. Hakan KARACA

Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22/11/2017 tarih ve 46/7-b sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

**Bu tez çalışması PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ
(PAUBAP) tarafından 2016FEBE033 no'lu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.



GİZEM KASAPSARAÇOĞLU

ÖZET

FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİNİN KEKİK (*Origanum onites*) ÖRNEKLERİNİN KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GİZEM KASAPSARAÇOĞLU

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. YAHYA TÜLEK)

DENİZLİ, KASIM - 2017

Bu çalışmada, Denizli yöresinde kültür yetiştiriciliği yapılan *Origanum onites*'in konvektif ve mikrodalga ile kurutma işlemlerinin ürünün uçucu yağ, antioksidan aktivite, toplam fenolik bileşen miktarı ve rengi üzerine etkisi incelenmiştir. Farklı yöntemler kendi içinde konvektif kurutma işlemi için 50°C, 60°C ve 70°C sıcaklıklarında, mikrodalga işlemi için 360 W ve 480 W güç değerlerinde gerçekleştirilmiş, incelenen her bir parametre için sonuçlar aynı kurutma yöntemi için kendi içinde ve farklı kurutma yöntemleri arasında karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda mikrodalga kurutma işleminin konvektif kurutma işlemine oranla uçucu yağ ve toplam fenolik bileşen miktarı üzerinde daha olumlu etkiye sahip olduğu, mikrodalga ile kurutma işleminde, en yüksek artışın toplam fenol ve antioksidan aktivite değerlerinin 480 W güç değerinde elde edildiği, konvektif kurutma işleminde sıcaklık arttıkça uçucu yağ, toplam fenolik bileşen, toplam antioksidan aktivite değerlerinin daha az korunduğu görülmüştür. Konvektif kurutma esnasında yapılan değişim kinetiği çalışmasında ise her bir sıcaklıkta değerlerin hareket eğilimi benzerlik göstermiş, sabit hızla kuruma evresinde uçucu yağ, toplam fenolik bileşen ve toplam antioksidan aktivite değerlerinin hızla arttığı, azalan hızla kuruma aşamasında ise kütle değişimi ile bileşen değişimlerinin dengeye ulaştığı görülmüştür. Hunter Colorimetre ile yapılan renk analiz ölçümlerine göre konvektif kurutma işleminin yeşilliğin korunmasında daha etkili olduğu, düşük sıcaklıklarda yapılan işlemde en yeşil numunenin elde edildiği, sıcaklık arttıkça yeşillikte azalma olduğu görülmüştür.

**ANAHTAR KELİMELELER: KEKİK, KURUTMA, ANTIOKSİDAN AKTİVİTE,
UÇUCU YAĞ**

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF *Origanum onites* SAMPLES

MSC THESIS

GIZEM KASAPSARACOGLU

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING**

(SUPERVISOR: PROF. Dr. YAHYA TULEK)

DENIZLI, NOVEMBER 2017

In this study, effect of convective and microwave drying methods on the volatile oil, antioxidant activity, total phenol content and colour of the oregano samples which are collected from Denizli province and cultivated as *Origanum onites* was investigated. Convective drying was conducted in three different temperatures as 50°C, 60°C and 70 °C. Microwave drying was conducted at 360 W and 480 W. Each parameter was evaluated in itself and in addition to this compared between different drying methods. It was observed that the microwave drying method had a more positive effect on the volatile oil and total phenolic content than the convective drying method. The 480 W microwave drying operation was showed the highest increase in total phenolic content and antioxidant activity of the product. During convective drying kinetics for each temperature changes on the analyzed values show similar changes; during constant rate drying period volatile oil content, total phenol content and total antioxidant activity values increased quickly, during falling rate drying period changes between analysed values and measured mass exchange values were reached the balanced values. According to colour analysis which was conducted with Hunter Colorimeter, during convective drying green colour was preserved more efficiently compared to microwave drying. It was observed that greenery of oregano and temperature has inverse proportion.

**KEYWORDS: OREGANO, DRYING, ANTIOXIDANT ACTIVITY,
VOLATILE OIL**

İÇİNDEKİLER

Sayfa

| | |
|---|-------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | ii |
| İÇİNDEKİLER | iii |
| ŞEKİL LİSTESİ | v |
| TABLO LİSTESİ | vi |
| SEMBOL LİSTESİ | vii |
| ÖNSÖZ | viii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. LİTERATÜR ÖZETİ | 3 |
| 2.1 Kekik Morfolojisi..... | 3 |
| 2.2 Türkiye'nin Origanum Türleri | 3 |
| 2.3 Kekik Yetiştiriciliği | 5 |
| 2.4 Türkiye'nin Kekik Dış Ticareti..... | 6 |
| 2.5 Kekik'in Kullanım Alanları ve Sağlık Üzerine Etkileri..... | 6 |
| 2.6 Kurutma | 7 |
| 2.6.1 Konvektif Kurutma | 10 |
| 2.6.2 Mikrodalga ile Kurutma..... | 11 |
| 2.6.2.1 Dielektrik Özellikleri Etkileyen Faktörler | 14 |
| 2.6.2.1.1 Dielektrik Sabiti | 14 |
| 2.6.2.1.2 Yoğunluk | 14 |
| 2.6.2.1.3 Sıcaklık | 15 |
| 2.6.2.1.4 Elektriksel İletkenlik..... | 15 |
| 2.6.2.1.5 Termal iletkenlik..... | 15 |
| 2.6.2.1.6 Özgül Isı..... | 15 |
| 2.6.2.1.7 Penetrasyon Derinliği | 16 |
| 2.6.2.1.8 Frekans..... | 16 |
| 2.6.2.2 Mikrodalga ve Dielektrik Kurutma Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları | 16 |
| 3. YÖNTEM | 19 |
| 3.1 Materyal | 19 |
| 3.1.1 Kekik..... | 19 |
| 3.1.2 Folin Ciocalteu Reaktifi..... | 19 |
| 3.1.3 Na ₂ CO ₃ | 19 |
| 3.1.4 DPPH Çözeltilisi | 19 |
| 3.1.5 Metanol | 19 |
| 3.1.6 Gallik Asit..... | 20 |
| 3.1.7 Trolox Standardı | 20 |
| 3.1.8 Spektrofotometre | 20 |
| 3.1.9 Etüv | 20 |
| 3.1.10 Kurutma Fırını | 20 |
| 3.1.11 Renk Tayini..... | 21 |
| 3.1.12 Yağ Tutucu Düzenek | 21 |
| 3.2 Yöntem..... | 22 |
| 3.2.1 Kurutma | 22 |
| 3.2.2 Nem Tayini | 22 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 3.2.3 | Numune Ekstraksiyonu | 22 |
| 3.2.4 | Toplam Fenolik Bileşen Tayini | 23 |
| 3.2.5 | DPPH Yöntemiyle Toplam Antioksidan Aktivite Tayini | 23 |
| 3.2.6 | Uçucu Yağ Tayini | 24 |
| 3.2.7 | Renk Tayini | 24 |
| 3.2.8 | Kurutma İşlemi | 24 |
| 3.2.8.1 | Konvektif Kurutma | 24 |
| 3.2.8.2 | Mikrodalga ile Kurutma | 24 |
| 4. | BULGULAR | 25 |
| 4.1 | Kurutma İşlem Bulguları | 25 |
| 4.2 | Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik'in Nem Değeri Üzerine Etkisi | 27 |
| 4.3 | Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik'in Uçucu Yağ Değeri Üzerine Etkisi | 30 |
| 4.3.1 | Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Uçucu Yağ Değişimi | 32 |
| 4.4 | Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik'in Toplam Fenolik Bileşen Değeri Üzerine Etkisi | 37 |
| 4.4.1 | Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Toplam Fenolik Bileşen Değerleri Değişimi | 38 |
| 4.5 | Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik'in Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi | 44 |
| 4.5.1 | Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Değişimi | 45 |
| 4.6 | Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik Rengi Üzerine Etkisi .. | 48 |
| 5. | SONUÇ VE ÖNERİLER | 53 |
| 6. | KAYNAKLAR | 56 |
| 7. | EKLER | 61 |
| | EK A Numune Kodlamaları | 61 |
| 8. | ÖZGEÇMİŞ | 62 |

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Şekil 2.1: <i>Origanum onites</i> bitkisinin kısımları | 3 |
| Şekil 2.2: Kuruma hızı eğrisi | 8 |
| Şekil 2.3: Gıda maddesinin çevresinde bulunan suyun farklı aşamaları..... | 9 |
| Şekil 2.4: Ürünün iç kısmından dış kısma suyun hareketi..... | 9 |
| Şekil 2.5: Sıcak hava ile kurutma yapan kesikli sistem | 11 |
| Şekil 2.6: Mikrodalga sistemi genel görünüm | 14 |
| Şekil 3.7: Kabin kurutucu genel görünüm | 21 |
| Şekil 4.8: Konvektif kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim | 25 |
| Şekil 4.9: Konvektif kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kuru esasta nem grafiği | 26 |
| Şekil 4.10: Mikrodalga ile kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim grafiği..... | 26 |
| Şekil 4.11: Mikrodalga ile kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim grafiği..... | 27 |
| Şekil 4.12: Kuruma öncesi ölçülen nem değerleri | 28 |
| Şekil 4.13: Kuruma sonrası ölçülen nem değerleri | 29 |
| Şekil 4.14: Konvektif kurutma boyunca uçucu yağ değerleri değişim grafiği . | 33 |
| Şekil 4.15: Konvektif kurutma boyunca uçucu yağ değerleri değişim grafiği . | 33 |
| Şekil 4.16: 50°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi | 34 |
| Şekil 4.17: 60°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi | 35 |
| Şekil 4.18: 70°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi | 36 |
| Şekil 4.19: 50°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi | 40 |
| Şekil 4.20: 60°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi | 40 |
| Şekil 4.21: 70°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi | 41 |
| Şekil 4.22: Konvektif kurutma boyunca toplam fenol değeri değişim grafiği.. | 42 |
| Şekil 4.23: Konvektif kurutma sonucunda toplam fenol değeri yüzde değişim grafiği | 43 |
| Şekil 4.24: 50°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim | 46 |
| Şekil 4.25: 60°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim | 46 |
| Şekil 4.26: 70°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim | 47 |
| Şekil 4.27: Konvektif kurutma boyunca IC50 değerinde meydana gelen değişim grafiği..... | 47 |
| Şekil 4.28: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen L değerleri..... | 50 |
| Şekil 4.29: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen a değerleri..... | 51 |
| Şekil 4.30: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen b değerleri | 51 |

TABLO LİSTESİ

Sayfa

| | |
|--|----|
| Tablo 2.1: 2004 ve 2016 yılları arasında ekilen kekik alanı ve toplam üretimi miktarları | 6 |
| Tablo 3.2: Kabin kurutucu teknik özellikleri | 20 |
| Tablo 4.3: Kurutma işlemi öncesi kekik numunelerinde ölçülen nem değerleri | 27 |
| Tablo 4.4: Kuruma öncesi nem değerleri Tukey karşılaştırması | 28 |
| Tablo 4.5 : Kurutma sonrası kekik numuneleri nem değerleri..... | 29 |
| Tablo 4.6: Konvektif kuruma işlemi sonrası nem değerleri Tukey karşılaştırması..... | 30 |
| Tablo 4.7: Mikrodalga ile kuruma işlemi sonrası nem değerleri Tukey karşılaştırması..... | 30 |
| Tablo 4.8: Kurutma öncesi kekik numuneleri uçucu yağ değerleri | 30 |
| Tablo 4.9: Kurutma sonrası kekik numuneleri uçucu yağ değerleri | 31 |
| Tablo 4.10: Konvektif kurutma işlemine tabi tutulan kekik numunelerinin başlangıç uçucu yağ değerleri Tukey karşılaştırması..... | 31 |
| Tablo 4.11: Konvektif kurutma işlemine tabi tutulan kekik numunelerinin kuruma sonunda yağ değerleri Tukey karşılaştırması..... | 32 |
| Tablo 4.12: Mikrodalga ile kurutma işlemi başlangıç ve sonunda kekik numunelerinde bulunan uçucu yağ değerleri | 32 |
| Tablo 4.13: 50°C Konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu | 34 |
| Tablo 4.14: 60°C konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu | 35 |
| Tablo 4.15: 70°C konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu | 35 |
| Tablo 4.16: Kurutma öncesi ve sonrası kekik numuneleri toplam fenol değerleri..... | 37 |
| Tablo 4.17: Kurutma öncesi kekik numuneleri toplam fenol değerleri Tukey karşılaştırması..... | 38 |
| Tablo 4.18: Kurutma sonrası kekik numuneleri toplam fenol değerleri Tukey karşılaştırması..... | 38 |
| Tablo 4.19: 50°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu..... | 39 |
| Tablo 4.20: 60°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu..... | 39 |
| Tablo 4.21: 70°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu..... | 41 |
| Tablo 4.22: Kurutma sonucunda toplam fenol değeri yüzde değişim değerleri Tukey karşılaştırması | 43 |
| Tablo 4.23: Kurutma öncesi ve sonrası kekik numuneleri IC50 değerleri ve yüzde değişim oranları | 45 |
| Tablo 4.24: Kurutma sonrası kekik numuneleri renk değerleri | 49 |
| Tablo 4.25: Kurutma sonu kekik numunelerinde L değerleri Tukey karşılaştırması..... | 49 |
| Tablo 4.26: Kurutma sonu kekik numunelerinde a değerleri Tukey karşılaştırması..... | 49 |
| Tablo 4.27: Kurutma sonu kekik numunelerinde b değerleri Tukey karşılaştırması..... | 49 |

SEMBOL LİSTESİ

| | |
|-------------|----------------------------|
| s | : Saniye |
| dk | : Dakika |
| W | : Watt |
| g | : Gram |
| IC50 | : %50 inhibisyon katsayısı |
| KM | : Kuru madde |
| °C | : Santigrat derece |
| MHz | : Megahertz |
| GHz | : Gigahertz |
| HF | : Yüksek frekans |
| RF | : Radyo frekansı |
| VHF | : Çok yüksek frekans |
| cm | : Santimetre |
| m | : Metre |
| ml | : mililitre |
| µl | : mikrolitre |
| mg | : miligram |
| nm | : nanometre |
| GAE | : Gallik asit eşdeğeri |
| f | : frekans |

ÖNSÖZ

Tez çalışmam boyunca, değerli bilgilerini ve sürekli desteğini benden esirgemeyen, öğrencisi olmaktan onur duyduğum kıymetli tez danışmanım Prof. Dr. Yahya TÜLEK'e, verdikleri destek ve güçleriyle her zaman yanımda hissettiğim değerli arkadaşlarıma, iş hayatıyla birlikte yürüttüğüm bu süreçte bana sürekli destek olan çok değerli patronum Mehmet ALTUNTAŞ'a, araştırmayı maddi yönden destekleyen Pamukkale Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Fonuna (BAP), bugünlere gelmemde maddi manevi desteklerini hiç esirgemeyen ve emeklerini asla ödeyemeyeceğim aileme teşekkürlerimi bir borç bilir, çalışmamı anneme ithaf ederim.



1. GİRİŞ

Çok eski zamanlardan beri bitkiler insanoğlu tarafından sağlıktan, tedavilerden, mutfağa, ilaç ve katkı maddesi gibi pek çok sektörde kullanım alanı bulmuştur. Günümüz koşullarında, doğal beslenmenin her geçen gün biraz daha önem kazanması sebebiyle önemi gün geçtikçe daha fazla artmaktadır. Bu doğrultuda doğada kendiliğinden yetişen bitkilerin tarlada yetiştiriciliği yapılmaya başlanarak daha yüksek kalitede ürün elde etme yönünde çalışmalar arttırılmıştır. Bitkilerin kültüre alınmasının yanı sıra antioksidan içeren ürünler olması sebebiyle ürünün kalitesini koruyucu ve iyileştirici çalışmalar artmış, gerek tarlada gerek hasat sonrası işleme, koruma yöntemlerinin ürünün kalitesi üzerine etkisi pek çok çalışmaya konu olmuştur.

Labiatae familyasından *Origanum*, *Thymus*, *Satureja*, *Coridothymus* ve *Thymbra* cinsine ait türler, Türkiye’de halk arasında kekik olarak isimlendirilmektedir. *Origanum* cinsine giren türlerden elde edilen baharat ‘oregano’, *Thymus*, cinsine giren türlerden elde edilen ‘thyme’, *Satureja* türlerinden elde edilenler ise ‘savory’ olarak bilinmektedir. *Origanum* ve *Thymus* cinslerinin uçucu yağı karvakrol bakımından zengindir. Kekik, içerdiği etken maddeye göre uçucu yağ bitkilerinden, tüketim ve kullanımına göre de baharat bitkilerindedir. Yararlanılan bitki organlarına göre de herbasından (*Herba origani*) ve yapraklarından (*Folia origani*) yararlanılan bitkiler grubuna girmektedir. Ayrıca kekik yağı (*Oleum origani*) olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Sancaktaroğlu ve Bayram 2011).

Origanum onites Türkiye’de ticareti yapılan beş tür arasında en çok ihracatı gerçekleştirilen kekik türüdür. Ülkemizde Ege ve Akdeniz Bölgeleri’nde doğal olarak yetiştirilmektedir. Halk arasında “Bilyalı kekik, taş kekik, peynir kekiği, İzmir kekiği” gibi yöresel adlarla bilinen *O. onites*, doğal floramızın bir türü olmasının yanı sıra kültür bitkisi olarak yetiştirilen tek ticari *Origanum* türüdür. *O. onites*’in Ege Bölgesi’nde tarımı yapılmaktadır. Oldukça yaygın kullanıma sahip ve ekonomik

açından önemli bu bitki, halk arasında yemeklerde baharat olarak ve bazı hastalıkların tedavisinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır.

İlaç ve benzeri büyük ölçekli sektörlerde, standart kalitede ve sürdürülebilir ürün ihtiyacı söz konusu olduğu için yetiştiriciliği yapılan ürünlerin kullanımı tercih edilmektedir (Anonim 2015). Eskiden beri İzmir kekiği, Türkiye kekik ihracatı içerisinde en büyük paya sahip olmuştur. Bu nedenle kültüre alma ve agronomi çalışmaları genelde bu tür üzerine yürütülmüştür. İzmir kekiği üzerine ilk agronomi çalışmaları 1970'li yıllarda Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yürütülmüştür. Daha sonra 1990'lı yılların başında Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde, Ege Üniversitesi ve özel sektörün de içerisinde olduğu agronomi ve ıslah çalışmaları başlatılmıştır. Bu çalışmalardan bitkiyi kültüre almanın, yüksek verim ve kaliteli çeşit geliştirmenin mümkün olduğu görülmüştür (Sarı ve Altunkaya 2015).

“Çoklu baharat ve bitkilerin” 10 yıl içerisinde “çoklu vitaminlerin” yerine geçeceği, baharatların, Amerika'nın Diyet Rehberi ve Gıda Piramidi'nin bir parçası olacağı, baharat ve bitkilerin, meyve ve sebzeler gibi faydalı gıdalara benzer nitelikte süper gıda statüsü kazanacağı ön görülmektedir (King ve diğ. 2010).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Kekik Morfolojisi

Kekik, dallanmış, odunumsu çöplere, dallanmış köklere, karşılıklı, saplı ve türlü yapraklara sahip yıllanmış bir bitkidir. Ilıman iklim koşullarında çiçeklenme periyodu haziran ayından ağustos ayına kadar sürmektedir. Bitki yapraklarında esansiyel ya da bir diğer adıyla uçucu yağ içeren küçük salgı bezleri bulunmaktadır (Peter 2004).



Şekil 2.1: *Origanum onites* bitkisinin kısımları (soldan sağa sırayla yaprak, çanak yaprağı, çiçeği) (Ietswaart 1980)

2.2 Türkiye'nin *Origanum* Türleri

Türkiye'de 22 türe bağlı 32 çeşit *Origanum* bitkisi bulunmaktadır. Bunlardan 21'i dünyada sadece ülkemiz sınırları içerisinde yetişmektedir. Diğer bir deyişle, Dünya'da bulunan 52 *Origanum* çeşidinin % 60'ı Türkiye'de yayılış göstermektedir (Başer 2001).

Türkiye'nin *Origanum* Türleri

Seksiyon *Amaracus* (Gleditsch) Benthams

1. *O.boissieri* Ietswaart [E]*

2. *O.saccatum* Davis [E]*

3. *O.solymicum* Davis [E]*

Seksiyon *Anatolicon* Benthams

4. *O.hypericifolium* Schwartz et Davis [E]*

5. *O.sipyleum* L. [E]*

Seksiyon Brevifilamentum Ietswaart

6. *O.acutidens* (Hand.-Mazz.) Ietswaart [E]*

7. *O.bargyli* Mouterde

8. *O.brevidens* (Bornm.) Dinsmore [E]*

9. *O.haussknechtii* Boiss. [E]*

10. *O.leptocladum* Boiss. [E]*

11. *O.rotundifolium* Boiss.

12. *O.munzurense* Kit Tan et Sorger [E]*

13. *O.husnucan-baseri* H.Duman, Z.Aytaç et A.Duran [E]*

Seksiyon Longitubus Ietswaart

14. *O.amanum* Post [E]*

Seksiyon Chilocalyx (Briq.) Ietswaart

15. *O.bilgeri* Davis [E]*

16. *O.micranthum* Vogel [E]*

17. *O.minutiflorum* Schwartz et Davis [E]*

Seksiyon Majorana (Miller) Benth.

18. *O.majorana* L. [Syn.: *O. dubium* Boiss.]

19. *O.onites* L. [Syn.: *O. smyrnaeum* L.]

20. *O.syriacum* var. *bevanii* (Holmes) Ietswaart [Syn.: *O. bevani* Holmes]

Seksiyon *Origanum* L.

21. *O.vulgare* L. subsp. *vulgare* [Syn.: *O. creticum* L.]

22. *O.vulgare* L. subsp. *gracile* (Koch) Ietswaart [Syn.: *O.tyttanthum* Gontsch.]

23. *O.vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart [Syn.: *O. heracleoticum* L.]

24. *O.vulgare* L. subsp. *viride* (Boiss.) Hayek [Syn.: *O. heracleoticum* L.]

Seksiyon *Prolaticorolla* Ietswaart

25. *O.laevigatum* Boiss. [E]*

Hibritler

26. *O. x dolichosiphon* P.H.Davis [*O.amanum* Post x *O.laevigatum* Boiss.] [E]*

27. *O. x intermedium* P.H.Davis [*O.sipyleum* L. x *O.onites* L.] [E]*
28. *O. x symeonis* Mouterde [*O.syriacum* L. x *O.laevigatum* Boiss.] [E]*
29. *O. x intercedens* Rech. fil. [*O.vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart x *O.onites* L.]
30. *O. x vulgare* L. subsp. *hirtum* (Link) Ietswaart x *O.micranthum* Vogel [E]*
31. *O. x adanense* Baser et Duman [*O.laevigatum* Boiss. x *O.bargyli* Mouterde] [E]*
32. *O. x majoricum* Cambess [*O.vulgare* L. subsp. *virens* (Hoffm. et Link) Ietswaart x *O.majorana* L.] (Başer 2001).

[E]* = Endemik

2.3 Kekik Yetiştiriciliği

Kekik, sıcak havaları ve alkali toprağı seven bir bitkidir (O'Meara ve diğ. 2015). Özenli toprak işlemenin bitki gelişmesine olumlu etkisi vardır. İzmir kekiğı hem vejetatif hem de generatif organları ile üretilebilen bir bitkidir. Bu özelliğı ıslah çalışmalarında araştırmacılara geniş olanaklar sağlamaktadır (Bayram 2003). *Origanum*'ların hem generatif hem de vejetatif üretimleri mümkündür. Tohumdan kolayca üretilebilmelerine karşın yabancı döllenmeleri nedeniyle, tat ve kokuda kalite aranıyor ise gövde parçaları veya kök ayırma şeklinde üretimi tavsiye edilmektedir. Vejetatif üretimi sürgün ucu, yan sürgünler ya da gövdeden yapılabilmektedir. Generatif üretim ise direkt tarlaya ekim şeklinde ya da fide yetiştirme şeklinde olmaktadır. Direkt ekimin bazı sakıncaları ve zorlukları vardır. Tohumlarının küçük olması nedeniyle özel ekipman ve çok iyi tarla hazırlığı istemektedirler (Bahtiyarca 2006). Tarlada kekik ile birlikte eş zamanlı olarak yetişen yabancı otlarla mücadelede hasat öncesi tarlanın yabancı otlardan temizlenmesi çok önemlidir. Özellikle makine ile hasat işlemleri sırasında yabancı otlar ile kekik aynı anda topraktan ayrıldığı için daha sonra temizlenmesi mümkün olmamaktadır. El ile hasat işlemi esnasında kekiğın yabancı otundan ayrılarak topraktan alınması, yabancı otların kekikten ayrılması aşamasında önem arz etmektedir. İzmir kekiğı genel olarak çiçeklenme döneminde hasat yapılmalıdır. Hasat toprak seviyesinden 5-6 cm yükseklikten olmalıdır. Dipten yapılacak hasatlar daha sonra bitki gelişimini geciktirip, verimi düşürmektedir. Hasat elle ya da biçim makinaları ile gerçekleştirilebilir (Bayram 2003). Kekik çok yıllık bir bitki olduğundan aynı kekik

tarlasından uzun yıllar (bazen 10 yıldan fazla) ekonomik olarak yararlanılmaktadır (Baydar ve Arabacı 2013).

2004 ve 2016 yılları arasında ekilen kekik alanını ve toplam üretimi miktarları Tablo 2.1’de gösterilmiştir. Tabloya göre her geçen yıl yetiştirilen kekik miktarı ve kekik alanında genel bir artışın olduğu görülmektedir.

Tablo 2.1: 2004 ve 2016 yılları arasında ekilen kekik alanı ve toplam üretimi miktarları (Anonim 2017)

| Yıl | Alan (Dekar) | Üretim (Ton) |
|------|--------------|--------------|
| 2004 | 52 500 | 7 000 |
| 2005 | 47 000 | 6 400 |
| 2006 | 58 853 | 7 979 |
| 2007 | 60 751 | 5 350 |
| 2008 | 84 133 | 10 082 |
| 2009 | 84 957 | 12 329 |
| 2010 | 85 351 | 11 190 |
| 2011 | 77 707 | 10 953 |
| 2012 | 94 283 | 11 598 |
| 2013 | 89 137 | 13 658 |
| 2014 | 92 959 | 11 752 |
| 2015 | 104 863 | 12 992 |
| 2016 | 121 127 | 14 724 |

2.4 Türkiye’nin Kekik Dış Ticareti

Türkiye kekik üretim ve ihracatında dünyada lider ülke konumundadır. Dış satımı yapılan kekiğin yaklaşık %80’den fazlası tarla koşullarında üretilmektedir. ABD, Türkiye’nin kekik ihracatı içerisinde en büyük paya sahiptir. Bunu Almanya, İtalya, Kanada, Polonya, Hollanda, Fransa, Japonya ve Avustralya takip eder (Anonim 2013a).

2.5 Kekiğin Kullanım Alanları ve Sağlık Üzerine Etkileri

Kekik baharat olarak, tıpta ve eczacılıkta (rahatlatıcı, kan devrini düzenleyici, kansızlık, boğmaca, kellik, diş ve mide ağrılarında, uyuz, nefes kokması, lumbago, bağırsak, romatizma ile bazı kadın hastalıklarında, öksürük şurupları, pastil ve gargara terkiplerinde), gıdaların saklanması (doğal antioksidan), arı hastalık ve zararlılarının kontrolünde, böcek ve yabancı ot, nematot ve virüslerin kontrolünde

organik hayvancılıkta yem rasyonlarında doğal antibiyotik ve anthelmintik (parazit düşürücü) olarak kullanılabilir. Parfümeri ve kozmetik sanayinde “Thymol” problemlili ciltlerin tedavisinde kullanılmaktadır. Ülkemizde kekik türlerinden daha çok et yemeklerinde baharat olarak da faydalanılmaktadır. Kekiğin ayrıca çevre düzenlenmesinde süs bitkisi olarak kullanımı da mevcuttur (Bahtiyarca 2006).

Kuru, çiçeklenmiş bitkiden buhar distilasyonu ile elde edilen kekik yağının ciltte organizmalar tarafından meydana gelen enfeksiyonların önlenmesinde antiviral, antibakteriyel özellik gösterdiği, bağışıklık sistemini güçlendirdiği, kas ve eklem yerlerinde elastikiyeti arttırdığı bilinmektedir (Harini 2014).

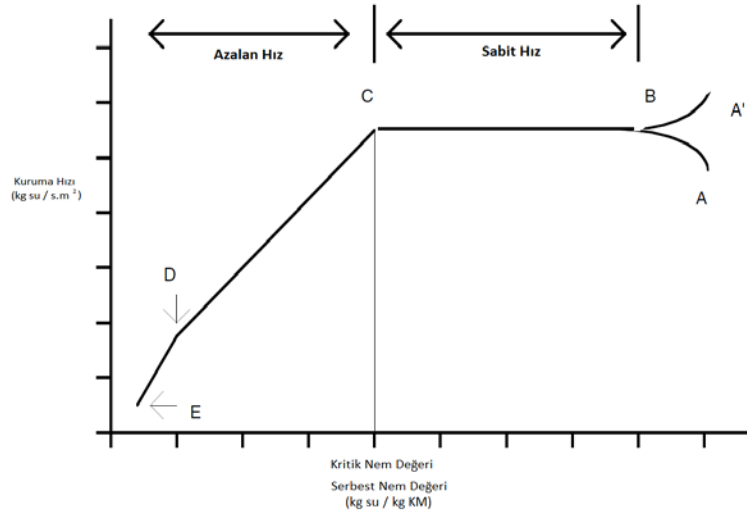
Karvakrol ve karvakrolce zengin kekik yağlarının gıdaların saklanmasıdaki rolleri çeşitli çalışmalarca belirlenmiştir. Gıdaların bozulmasına yol açan bakteri ve küf mantarları üzerinde güçlü antimikrobiyal etkilere sahip olan bu maddelerin, aflatoksin üreten *Aspergillus* türü mantarlara karşı da etkili oldukları bilinmektedir (Başer 2001).

2.6 Kurutma

Dehidrasyon ya da kurutma gıda muhafazasında en fazla kullanılan yöntemlerden biridir. Gıdaların uzun süre bozulmadan muhafazasını sağladığı için tarih öncesi dönemlerden beri tercih edilen bir yöntem olmuştur. Zaman geçtikçe nüfusta meydana gelen artışla birlikte gıda kurutma yöntemleri daha fazla önem kazanmaya başlamıştır (Ibarz ve Barbosa – Cănovas 2003).

Şekil 2.2’de sabit kuruma koşulları altında meydana gelen kuruma hızı grafiği bulunmaktadır. Bu şekle göre, kurutulacak ürünün kurutma öncesi, başlangıç nem değeri A noktasında ifade edilmektedir. Başlangıç aşamasında katının sıcaklığı son değerine kadar daha düşük bir değerdedir ve buharlaşma hızı artmaktadır. B noktasında katının yüzey sıcaklığı, denge değerine ulaşmaktadır. Alternatif olarak katı, başlangıç değerinin yüksek olduğu durumda kurutma diyagramında A’ noktasından başlanmaktadır. Kurutma işleminin başlangıcında görülen bu aşama kararsız bir aşama olmakla birlikte, genellikle kurutma işleminde ihmal edilmektedir. Kuruma diyagramında görülen BC noktaları sabit hızla kuruma aşamasını göstermektedir. Bu aşamada kuruyan katının yüzeyi ıslaktır ve yüzeyde sürekli

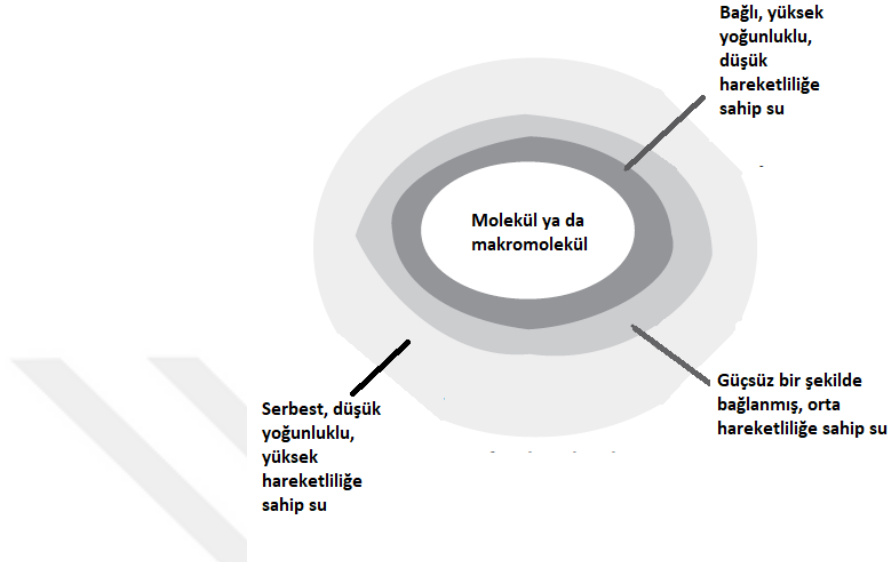
olarak ıslak bir tabaka bulunmaktadır. Kuruma boyunca buharlaşma hızı, su katıya bağlı olmadığı için katının özelliklerinden bağımsızdır. Azalan hızla kuruma aşamasında katı yüzeyinde sürekli bir film oluşturacak nem bulunmamaktadır. İç yüzey çok ıslak değildir ve ıslak yüzey alanı kuruma noktası olan D noktasına kadar sürekli azalmaktadır. D noktasında ürün tamamen kuru olmakla birlikte, bu nokta E noktasına kadar ikinci azalan hızda kuruma bölgesi olarak tanımlanmaktadır ve bu aşamada kuruma esnasında sıvı difüzyonu etkili olmaktadır (Geankoplis 2008).



Şekil 2.2: Kuruma hızı eğrisi (Ibarz ve Barbosa – Cănovas 2003)

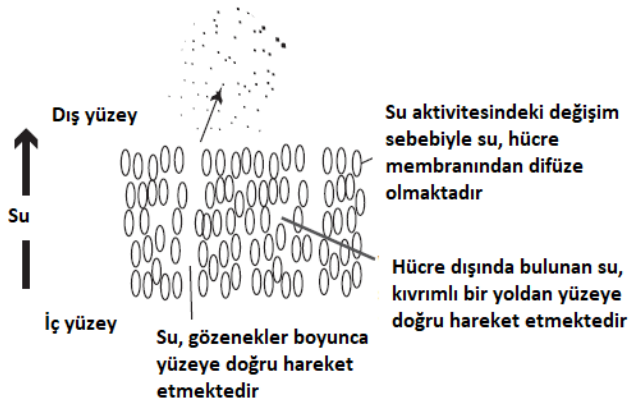
Biyolojik materyallerin içerisinde, mikroskopik seviyede dinamik suyun birden fazla yapıda bulunduğu düşünülmektedir. Bu farklı yapılar, ürünün işlenmesinden, suyun uzaklaştırılmasına, maddenin dondurulmasına kadar pek çok noktada etkili olmaktadır. Buharlaşma ve kurutma suyun kütle transferini ve suyun gaz forma geçişi için ısıtılmasını gerektirdiği için suyun farklı yapılarının bulunuyor olması bu işlemler üzerinde etkili olmaktadır. Suyun birden fazla yapısının bulunduğunu gösteren pek çok çalışma bulunmaktadır. Örneğin kalorimetre, donma için gerekli denge sıcaklığının 10°C altında bile hala donmamış suyun kaldığını göstermektedir. Bu durum suyun bu farklı bölgelerinin farklı dönüş hızlarına sahip olduğunu göstermektedir. Bu sonuçları açıklayan geleneksel modele göre suyun “bağlı” ve “yığın” fazları bulunmaktadır. Bağlı terimi suyun protein ve karbonhidratlarda bulunan polar ve iyonik gruplara bağlanma ilgisinin fazla olduğunu ve yığın fazda bulunan suya göre bu suyun uzaklaştırılması için ekstra

enerjiye ihtiyaç duyulduğunu ifade etmektedir (Kutz 2013). Geleneksel modellemeye göre suyun bulunduğu gıda molekülleri çevresinde bulunan farklı formları Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Gıda maddesinin çevresinde bulunan suyun farklı aşamaları (Kutz 2013)

Şekil 2.4'te kurutulan doku boyunca su aktivitesinin farklı olması sebebiyle dokunun iç kısmından, yüzey kısmına doğru suyun difüzyonu gösterilmektedir.



Şekil 2.4: Ürünün iç kısmından dış kısma suyun hareketi (Kutz 2013)

2.6.1 Konvektif Kurutma

Kurutma işlemi doymamış gaz ortamında ısıнын iç kısma iletiildiği, nemin doymamış gaz fazında buharlaşmayla uzaklaştığı eş zamanlı olarak gerçekleşen ısı, kütle ve momentum transferlerini içerir. İşlemin kompleks yapısı göz önünde bulundurulduğunda iç kısımlarda nemin hareketini ifade eden genel bir mekanizma bulunmamaktadır. Buna rağmen genel anlamda kabul gördüğü üzere gıdaların hava ile kurutulmasında hızı belirleyici aşamanın iç kısımda meydana gelen kütle transferi olduğu, nem hareketiyle ilgili bir fikir birliğine varılamadığı görülmektedir.

Önerilen olası mekanizmalar şu şekildedir:

- Konsantrasyon değişimi sebebiyle meydana gelen sıvı difüzyonu,
- Kapiler etki sebebiyle meydana gelen sıvı taşınımı,
- Parçalı buhar – basınç değişimi ve büzüşmeden kaynaklanan buhar difüzyonu,
- Dış basınç ve sıcaklıktan kaynaklanan basınç değişimine bağlı sıvı ya da buhar taşınımı,
- Sıcaklıktan kaynaklanan buharlaşma ve yoğunlaşma etkisi,
- Katı yüzeyde bulunan konsantrasyon değişimine bağlı olarak sıvı tabakada meydana gelen yüzey difüzyonu,
- Yerçekimine bağlı sıvı taşınımı

Tüm bunlara ilave olarak uygun sıcaklık değişiminin olduğu takdirde, nem materyalin içerisinde taşınabilmektedir (Gavrila ve diğ. 2008).

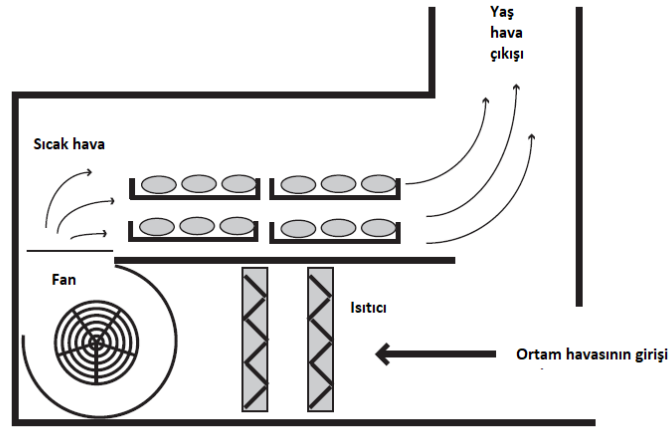
Kurutma dünyada bulunan endüstriyel enerjinin %10-15'inin termal uygulama aşamasında tüketildiği, yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyan bir işlemdir. Ayrıca bu işlemin gıdanın son kalite ve dokusal yapısı üzerinde oldukça büyük etkisi bulunmaktadır. Bu işlemin kontrol altında tutulabilmesi için materyalin kuruma davranışının iyi bir şekilde anlaşılması gerekmektedir (Léonard ve diğ. 2005).

Kabin kurutucularda en önemli sorun kerevetler üzerinde her yerde aynı kuruma hızının sağlanamamasıdır. Bunun başlıca nedenleri, kerevetin her tarafında, hava hızı, sıcaklığı ve nemin aynı düzeyde tutulamayışıdır. Bu kurutucularda diğer bir sorun, sıcak havanın kurutma hücresine ilk girdiği tarafta bulunan ürünün daha

hızlı kurumasına karşın, diğer kısımların yavaş kurumasıdır. Bunu önlemek için hava sirkülasyon fanı zaman zaman pozisyon değiştirilerek çalıştırılır veya bu amaçla uygun pozisyona sabit olarak yerleştirilmiş çift fan kullanılır (Cemeroğlu 2009).

Kabin kurutucular çoğunlukla az miktarda, örneğin birkaç ton meyve ve sebze kurutacak kapasitede yapılırlar. Sabit yatırımı nispeten az, çalıştırılmaları kolaydır (Cemeroğlu 2009).

Kabin ya da tepsili kurutucular, ürünün kapalı ortamda sıcak havayla muamelesini sağlamak için tepsi ya da benzeri ürün tutucular içermektedir. Kabin içerisinde hava akışı, ısı ve kütle transferini verimli bir şekilde sağlamak için görece olarak yüksek seviyelerdedir (Singh ve Heldman 2009). Bu tarz kurutucularda kabinin içerisine giren hava ısıtılır ve tepsilere paralel akış gerçekleştirilerek sistemden çıkar (Şekil 2.5). Kabin içerisinde bulunan hava şaşırtıcı perdeler vasıtasıyla sisteme giren sıcak hava ile çıkan havanın birbirleriyle karışmasını engeller (Kutz 2013).



Şekil 2.5: Sıcak hava ile kurutma yapan kesikli sistem (Kutz 2013)

2.6.2 Mikrodalga ile Kurutma

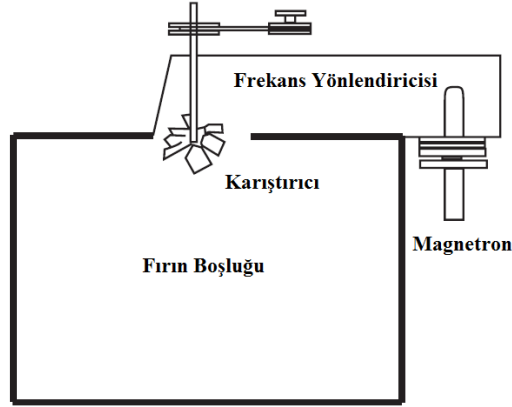
Elektromanyetik radyasyon dalga boyu ve frekansına göre sınıflandırılmaktadır. Elektromanyetik spektrumun 300 MHz- 300 GHz frekans değeri aralığı mikrodalga olarak ifade edilmektedir (Singh ve Heldman 2009). Dielektrik ve mikrodalga ifadeleri karışıklık gösterebildiği için öncelikle bu ifadeleri

açıklamak faydalı olacaktır. Dielektrik ısıtma ifadesi en düşük infrared spektrum değerlerini içerecek şekilde bütün elektromanyetik frekans değerlerinde uygulanabilmektedir. Düşük frekanslı sistemler, yüksek frekanslı (3-30 MHz)(HF) ve çok yüksek frekanslı (VHF) (30-300MHz) olmak üzere en az iki ayrı frekans bandında çalışabilmektedir. Bu sebeple yüksek frekanslı (HF), dielektrik, radyo frekanslı (RF) ve radyo frekanslı ısıtma ifadeleri birbiriyle değiştirilerek kullanılabilir. Buna rağmen genel olarak kabul gördüğü üzere dielektrik ısıtma (RF ısıtma) 1-100 MHz frekans değerleri arasında gerçekleştirilirken, mikrodalga ısıtma işlemi 300 MHz ile 300 GHz değerleri arasında gerçekleştirilmektedir. Bu durumda dielektrik ısıtma işleminde mikrodalga uzunluğunun çok fazla olmasına sebep olurken, mikrodalga ısıtma işleminde dalga boyları 1 mm ile 1 m arasındadır. Mikrodalga ve dielektriğin bir ısı formu olmayıp enerji formu olduğu, materyallerin birbiriyle iletişimi sonucunda ısıya dönüştüğü şüphe götürmeyen bir gerçektir (Mujumdar 2015). Mikrodalga uygulaması bir ısıtma yöntemidir. Bu yolla ısıtma, elektromanyetik dalgalar ile gıda arasında interaksiyon sonucu oluşan doğal bir fiziksel olaya dayanmaktadır. “Dipol rotasyon” ve “iyonik polarizasyon” mikrodalga ile ısıtma sırasında ortaya çıkan en önemli iki doğal olaydır (Cemeroğlu 2009). İyon içeren gıdaya bir elektrik alan uygulandığı zaman iyonlar bünyesinde bulunan yük sebebiyle ivmelenerek hareket etmeye başlar. İyonlar arasında bu hareketle meydana gelen çarpışmalar, iyonların hareket etmesine sebep olan termal enerjinin iyonik polarizasyon sebebiyle kinetik enerjiye dönüşmesine sebep olur. Gıda maddeleri su gibi polar molekülleri bünyesinde bulundurmaktadır. Bu moleküller genel olarak rassal oryantasyona sahiptir. Ancak bir elektrik alan uygulandığı zaman elektrik alanın polaritesine göre moleküller kendi çevresinde rotasyona başlamaktadır. Böylece dipolar rotasyon etkisi moleküllerin çevresinde bulunan ortamları arasında sürtünmesine böylece ısı oluşmasına sebep olmaktadır. Bu şekilde materyaller kendilerini ısıtabilmektedir (Singh ve Heldman 2009). Bu enerji dönüşümü birçok mekanizmayla gerçekleşebilmektedir. Suyun dielektrik sabiti yüksek (oda sıcaklığında yaklaşık 78) olduğu için materyalin içinde bulunan serbest nemin fazla olması, materyalin dielektrik sabiti üzerinde oldukça etkilidir. Yüksek su yüzdelğinde dielektrik sabiti genellikle (çoğunlukla orantılı olarak) artmaktadır. Farklı dielektrik etkiler bir araya geldiği zaman kompleks bir etki ortaya çıkmaktadır. Bu doğrultuda birkaç kural uygulanabilmektedir:

1. Nem içeriği yükseldikçe dielektrik sabit yükselmektedir.
2. % 20 ila 30 nem değerleri arasında nem değeri arttıkça dielektrik azalma genellikle artmaktadır. Ancak daha yüksek nem değerlerinde dielektrik kayıpta azalma meydana gelmektedir.
3. Bir karışımın dielektrik sabiti genellikle bileşenlerinin değerleri arasında seyretmektedir (Mujumdar 2015).

Kurutma işlemi su ya da bir çözünenin uzaklaştırılması olarak tanımlandığı için, sıvılar azaldıkça dielektrik kayıp azalır, böylece materyal daha az ısınmaya başlar. Pek çok durumda bu olay materyalin düşük nem değerlerinde göreceli olarak geçirgen olması sebebiyle, ısınmasını kendi kendisine kısıtlamasını sağlar. Nem değerinin seviyelendirilmesinin istendiği durumlarda bu durum oldukça önemli ve değerlidir (özellikle levha şeklindeki ürünlerde, sadece daha nemli yüzeylerin kurutulmasının istendiği durumlarda) (Mujumdar 2015). Mikrodalga ile kurutma işleminin, sıcak havanın kurutma üzerindeki etkinliğinin azaldığı ve kuruma işleminin uzun sürdüğü azalan kuruma hızı evresinde kullanımı, düşük seviyede mikrodalga enerjisi yardımıyla düşük seviyelerde kurutma işlemi boyunca kullanımı ve sıcak hava ile kurutmadan önce, ürünün kurutma sıcaklığına hızlı bir şekilde çıkartılması için mikrodalga enerjisinin prosesin başlangıç aşamalarında kullanımı önerilmektedir (Bingöl ve Devres 2010). Mikrodalga kurutma işleminin, yüksek kurutma hızlarına ulaşılması ve bazı gıda ürünlerinin kalitesinin artırılması gibi avantajları bulunmaktadır. Nemli ürünlerde, enerji absorpsiyon seviyesinin kontrol edilebiliyor olması, numunenin nem içeren iç kısımlarının seçici olarak ısıtılabilir olmasını sağlarken, diğer kısımların etkilenmesinin önüne geçer. Mikrodalga kurutmanın azalan hız periyodunda oldukça kullanışlı olduğu gözlemlenmiştir. Azalan hız periyodunda, yapıda büzüşmeye ve yüzey nem içeriğinin azalmasına sebep olan difüzyon hızı kısıtlayıcı faktördür. Fakat mikrodalga kurutma işleminde hacimsel ısıtma sebebiyle buhar materyalin içinde oluşur ve iç basınç gradiyenti suyu dışarı doğru uzaklaştırıcı etki gösterir (Chandrasekaran ve diğ. 2013).

Tipik bir mikrodalga fırını güç kaynağı, magnetron ya da güç tübü, dalga kılavuzu, karıştırıcı ve fırın gibi parçaları içermektedir (Şekil 2.6) (Singh ve Heldmann 2009).



Şekil 2.6: Mikrodalga sistemi genel görünüm (Singh ve Heldman 2009)

2.6.2.1 Dielektrik Özellikleri Etkileyen Faktörler

Gıdanın dielektrik özelliklerini etkileyen pek çok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden dielektrik sabiti, yoğunluk, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, termal iletkenlik, özgül ısı, penetrasyon derinliği alt başlıklarda açıklanmıştır.

2.6.2.1.1 Dielektrik Sabiti

Dielektrik sabiti, dışarıda bulunan elektriksel alandan ne kadar enerjinin materyal içerisinde toplandığını gösteren bir ölçüttür. Kayıp faktörü ise ne kadar enerjinin ısı formunda kaybedildiğinin bir göstergesidir. Mikrodalga enerjisinin penetrasyon derinliği ise dielektrik sabiti ve kayıp faktörünün bir fonksiyonudur. Isıtılacak materyalin nem, kül içeriği, sıcaklığı, gözenekli yapısı gibi pek çok faktör dielektrik sabit değeri üzerinde etkilidir (Feng ve diğ. 2012).

2.6.2.1.2 Yoğunluk

Havanın dielektrik sabiti 1'dir ve bütün uygulamalarda endüstriyel frekans değerlerinde elektromanyetik dalgalara karşı geçirgen özellik göstermektedir. Yoğunluk azaldıkça dielektrik özellikler ve ısıtma da düşmektedir (Mujumdar 2015). Ürünün gerçek yoğunluğuna ilave olarak, özellikle granül özelliğe sahip ürünlerde granüller arasında boşluklar bulunduğu ve havanın dielektrik sabiti suya göre çok düşük olduğu için yığın yoğunluğu da önem arz etmektedir (Sahu 2014).

2.6.2.1.3 Sıcaklık

Dielektrik sabitin sıcaklıkla olan ilişkisi, materyalin cinsine göre değişiklik göstermektedir. Bazı materyallerde sıcaklık artarken bazılarında azaldığı görülmektedir. Genellikle donma sıcaklığının altında bulunan materyallerde düşük dielektrik sabit ve düşük dielektrik kayıp görülmektedir. Donma sıcaklığının üstünde durum farklılık göstermektedir, sıcaklık ve nem dielektrik sabit ve dielektrik kayıp üzerinde etkilidir. Bu durumda kurutulacak materyal ile ilişkinin anlaşılması önem kazanmaktadır (Mujumdar 2015). Düşük nem içeriğine sahip gıda ürünlerinde dielektrik sabiti ve kayıp faktörü sıcaklık arttıkça artmaktadır (Sahu 2014).

2.6.2.1.4 Elektriksel İletkenlik

İletkenlik, materyal içerisinde elektron ve iyonların yerlerinin değişimi yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Bu yüklü birimlerin ısıtma üzerinde büyük etkisi olduğu, kurutma esnasında su uzaklaştırıldığı için iyon konsantrasyonunun arttığı ve bu etkinin kompleks bir etki olduğu söylenebilmektedir (Mujumdar 2015).

2.6.2.1.5 Termal İletkenlik

Mikrodalga ve dielektrik ile ısıtma esnasında geleneksel ısıtma yöntemlerine göre, mikrodalga ve dielektrik yöntemlerinde ısıtma hızı çok yüksek olduğu ve termal iletkenlik değerinin etkili olabileceği süreyi kısalttığı için, daha az rol oynar. Bunlara rağmen, termal iletkenliğin önemli bir rolü bulunmaktadır. Örneğin, elektromanyetik dalganın penetrasyon derinliği, ısıtılacağı hacme göre düşük olduğu zaman ısının içe doğru iletilmesinde termal iletkenlik etkili olmaktadır. Farklı bir durumda ise elektromanyetik ısıtma esnasında tekdüze ısıtma oluşmayan kısımlar meydana gelebilmektedir (Mujumdar 2015).

2.6.2.1.6 Özgül Isı

Elektromanyetik ısıtma ile ilgilenip sadece dielektrik özellikler üzerine yoğunlaşan araştırmacı veya mühendisler tarafından özgül ısı parametresi genellikle ihmal edilmektedir. Yine de özgül ısının bazı materyallerin daha hızlı ısınması gibi önemli etkileri bulunmaktadır (Mujumdar 2015). Kütlesi fazla olan gıdaların

ısıtılması sırasında penetrasyon derinliğinin ürünün homojen bir şekilde merkeze kadar ısınmasını sağlayacak kadar fazla olmadığı veya mikrodalga ile ısıtma süresinin uzun olduğu durumlarda önemli bir etkidir (Alifakı 2013).

2.6.2.1.7 Penetrasyon Derinliği

Bir bileşenin dielektrik kayıp değeri oldukça yüksek olsa da geniş boyda bir örneğin ısıtma verimi bazen düşük olabilmektedir. Bu durum ısınan numune içerisinde mikrodalganın düşük penetrasyon derinliğinden kaynaklanabilmektedir. Penetrasyon derinliği numunenin tek düzeliği ve ısıtma verimini tanımlamakta faydalı bir parametredir (Sun ve diğ. 2016).

Elektromanyetik ısıtma aynı zamanda yığın ısıtma işlemi olduğu için enerjinin mümkün olan en derin noktaya penetre etmesi oldukça önemlidir. Eğer mümkün olmaz ise ısıtma sadece yüzey ile sınırlı kalmaktadır. (Mujumdar, 2015).

Penetrasyon derinliği frekans küçüldükçe artmakta, büyüdükçe azalmaktadır. Bu nedenle kayıplı madde içerisinde elektromanyetik dalga ilerledikçe alan ve güç yoğunluğu zayıflayacağından mikrodalga tekniği ile işlenecek maddelerin kalınlıkları büyük önem taşımaktadır. Genellikle ince maddelerin mikrodalga frekanslarında ısıtılması kalın maddelerin ise daha düşük radyo frekanslarında ısıtılması daha uygundur (Kuş 2016).

2.6.2.1.8 Frekans

Elektromanyetik alanların gıdaya penetrasyon miktarı $\sim 1/f$ ile orantılı olduğundan, kullanılan mikrodalga kaynağının frekansı muamele süresini etkilemektedir. Kullanılan kaynağın frekansı arttıkça, gıdaya penetrasyon miktarı azalmaktadır (Alifakı 2013).

2.6.2.2 Mikrodalga ve Dielektrik Kurutma Yönteminin Avantaj ve Dezavantajları

Mikrodalga enerjisi gıda materyaline girişim yaparak, polar çözümlerin dipolar rotasyonunun yarattığı moleküler sürtünmesi ve çözünmüş iyonların iletimle migrasyonu sonucunda ortaya çıkan hacimsel olarak dağılmış bir ısı kaynağı

oluşturur. Dipolar rotasyon, üründe elektriksel ve manyetik alanlarda meydana gelen çeşitlenmeler sonucunda oluşur. Pek çok gıdada ana bileşen olan su, dipolar doğası sebebiyle mikrodalga etkileşimlerinin ana kaynağıdır. Isı doğrudan materyalin içinde oluşur, ısınma hızını artırır ve ısının yüzeyden içe doğru iletildiği geleneksel yöntemlere göre işlem süresini kısaltır. Enerji verimliliği, yer gereksiniminin az olması, elektromanyetik enerjinin büyük bir kısmının ısıya dönüşüyor olması diğer avantajlarından (Oliveira ve Franca 2002).

Günümüzde oldukça üzerinde durulan bir konu olan enerji tasarrufu, işlemin hızlı gerçekleşmesi, enerjinin doğrudan çözüme verilmesi, olası düşük kurutma sıcaklıkları, düşük ısı kaybı ve konvansiyonel yöntemlerle birlikte kullanılabilmesi gibi özellikleri de bu işlemde enerji tasarrufunu sağlamaktadır (Mujumdar 2015).

Bitkiler de, diğer biyolojik ürünlerde olduğu gibi ürünü tüketime uygunsuz hale getiren ya da en azından görsellik açısından tüketici tarafından kabul edilmeyecek hale getiren kokuşma ve bozulmaya yatkın ürünlerdir. Bitkileri korumada en yaygın şekilde kullanılan yöntem belki de kurutmadır. Mikrodalga ile kurutma yöntemi, mevcut kurutma yöntemleri arasında (sıcak hava ile kurutma (kabin, akışkan yatak, tünel kurutucu), sprey kurutucu, vakum ile kurutma, dondurarak kurutma vb.) nispeten yeni bir yöntemdir. Mikrodalga kurutma ve ısıtma işlemleri esnasında kurutma süresinin kısa olması, büyük ölçüde yüksek kaliteli ürün elde ediliyor olması baharat sanayii açısından önemli bir alternatif olmasına sebep olmaktadır. Patates, soya, üzüm, elma, mantar, buğday, maydanoz gibi diğer tarla bitkilerinin mikrodalga ile kurutma işlemi esnasında ürünün kalitesine olumsuz etkisi olmaksızın, kurutma işleminin daha kısa sürede tamamlanabildiği görülmüştür. Ancak buna rağmen yapraksı bitkilerin mikrodalga ile kurutulma hakkında az miktarda bilgi bulunmaktadır (Kathirvel ve diğ. 2006).

Gıdaların sıcak hava akımında kurutulmasının en önemli olumsuzluğu, enerjiden yararlanma oranının düşüklüğü ve “azalan kuruma hızı” aşamasında kuruma süresinin çok uzamasıdır. Bu sürenin uzaması, yüzey neminin hızla düşürülmesi ve buna bağlı olarak da büzüşme olayının bir sonucudur. Neticede nem transferinde ve bazen de ısı transferinde yavaşlama ortaya çıkmaktadır. Kurumanın bu son döneminde gıdanın uzun süre yüksek sıcaklık etkisinde bırakılması, renk, besin değeri ve tat gibi kalite kriterlerinde belirli bir azalmaya yol açmaktadır.

Kurutmada mikrodalga uygulaması, sıcak hava kurutma tekniğinde karşılaşılan bazı olumsuzlukları sınırlamaktadır (Mujumdar 2015).

Elektromanyetik dalgalar, iyonize edici olan ve iyonize edici olmayan radyasyon olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. İyonize radyasyon grubunda yer alan ışınları ve gama ışınları, uranyum ve radyum gibi radyoaktif bileşikler meydana getirmektedir. İyonize edici olmayan, düşük frekans ve enerjideki mikrodalgaların ise zararlı ve kümülatif etkileri yoktur. Bu yüzden mikrodalgalar ile güvenli bir şekilde ısı üretilebilmekte ve gıdalar radyoaktif hale gelmemektedir (Konak ve diğ. 2009).

Mikrodalga ile kurutma işlemini dezavantajlarından biri olarak, işlem esnasında köşe ve uçlarda ısının fazla yükselmesi özellikle kurutmanın son aşamalarında kavrulma ve istenmeyen tad oluşumu gösterilebilmektedir. Bu olumsuz etki sıcak hava ile kurutma esnasında, kurutulan materyalin sıcaklığı hiçbir zaman havanın sıcaklığını geçmezken, mikrodalga ile kurutma işlemi esnasında son ürün sıcaklığını kontrol etmenin zor olmasından kaynaklanmaktadır (Chandrasekaran ve diğ. 2013).

3. YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Kekik

Kurutma işleminde kullanılan kekikler, Denizli'nin Gözler kasabasından, yetiştiriciliği yapılan yerel tarlalardan temin edilmiştir. Kurutma işleminde *Origanum onites* türü kekik kullanılmıştır.

3.1.2 Folin Ciocalteu Reaktifi

Toplam fenolik bileşen tayininde kullanılan Folin Ciocalteu Reaktifi (Merck, 109001) İldam Kimya/Ankara'dan tedarik edilmiştir.

3.1.3 Na₂CO₃

Toplam fenolik bileşen tayininde kullanılan sodyum karbonat (Merck, 106392) İldam Kimya/Ankara'dan tedarik edilmiştir.

3.1.4 DPPH Çözeltisi

Toplam antioksidan tayininde kullanılan DPPH çözeltisi (1,1-Diphenyl-2-picryl-hydrazyl) serbest reaktifi (Sigma Aldrich, CAS numarası: 1898-66-4) Interlab Laboratuvar Ürünleri/İzmir'den tedarik edilmiştir.

3.1.5 Metanol

Kekik ekstraksiyonu, toplam fenolik bileşen tayini ve DPPH yöntemiyle toplanan antioksidan aktivite analizlerinde kullanılmak üzere metanol (HPLC için 99.9% saflıkta, Sigma-Aldrich) Interlab Laboratuvar Ürünleri/İzmir'den tedarik edilmiştir.

3.1.6 Gallik Asit

Toplam fenolik bileşen tayininde kullanılmak üzere gallik asit kimyasalı (Merck, 842649) İldam Kimya / Ankara'dan tedarik edilmiştir.

3.1.7 Trolox Standardı

DPPH yöntemiyle toplam antioksidan analizlerinde kullanılmak üzere Trolox Standardı ((±)-6-Hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchromane-2-carboxylic acid, Sigma Aldrich, CAS Number 53188-07-1) Interlab Laboratuvar Ürünleri/İzmir'den tedarik edilmiştir.

3.1.8 Spektrofotometre

Toplam fenolik bileşen ve DPPH analizlerinde absorpsiyon okumalarında Shimadzu UV-1601, UV-Visible marka spektrofotometre kullanılmıştır.

3.1.9 Etüv

Nem tayinlerinde Memmert marka etüv kullanılmıştır.

3.1.10 Kurutma Fırını

Kurutma işlemleri Yücebaş Makine Tic. Ltd. Şti. (İzmir) tarafından üretilip, bölüm laboratuvarına kurulan kabin tipi kurutucuda gerçekleştirilmiştir. Kurutma kabine ait teknik özellikler Tablo 3.2'de, kullanılan kurutucunun görüntüsü Şekil 3.7'de verilmiştir (Demiray 2009).

Tablo 3.2: Kabin kurutucu teknik özellikleri (Demiray 2009)

| Özellikler | Değerler |
|--------------------------------|------------------|
| Dış genişlik | 80 cm |
| Dış derinlik | 60 cm |
| Dış yükseklik | 110 cm |
| Kabin iç boyutları | 70 x 55 x 100 cm |
| Çalışılabilir sıcaklık aralığı | 40°C – 120 °C |

Tablo 3.2 Kabin kurutucu teknik özellikleri (Demiray 2009) (devam):

| | |
|--------------------------------------|---|
| Çalışılabilir bağıl nem aralığı (RH) | %20 - %95 |
| Çalışılabilir hava hızı aralığı | 0 – 2 m.s ⁻¹ |
| Programlama | Kabin içindeki sıcaklık ve bağıl nem dijital olarak ayarlanır ve izlenebilir. |
| Tepsi özellikleri | 40 x 60 cm ebadında, delikli, paslanmaz çelik telden elek şeklinde yapılmış, sabit olmayan 4 adet tepsi |



Şekil 3.7: Kabin kurutucu genel görünüm (Demiray 2009)

3.1.11 Renk Tayini

Renk analizleri Hunter LabScan Renk Tayin Cihazı (HunterLab MiniScan XE, Amerika) ile gerçekleştirilmiştir.

3.1.12 Yağ Tutucu Düzenek

Uçucu yağ analizinde kullanılmak üzere Clevenger tipi yağ tutucu düzenek (29/32 giriş, 5 ml toplama hazneli) Çalışkan Laboratuvar Ürünleri, 2.000 ml'lik balon ısıtıcı ve 2.000 ml'lik cam balon (29/32 giriş) ve soğutucu kolon (40 cm uzunluğunda, 29/32 giriş) Interlab Laboratuvar Ürünleri/İzmir'den tedarik edilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Kurutma

Yaş olarak Denizli Gözler yöresinden elde edilen kekikler kapalı ve serin ortamda laboratuvara getirilerek kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Kurutma işlemleri konvektif kurutma ve mikrodalga kurutma olmak üzere iki ayrı yöntem, konvektif kurutma işlemi 50°C, 60°C ve 70°C işlem sıcaklıklarında, mikrodalga yöntemi ise 360 W ve 480 W olmak üzere iki ayrı güç değerinde gerçekleştirilmiştir. Bütün denemeler iki paralel ve iki tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Konvektif kurutma işlemi boyunca, işlem başlangıcı, işlem boyunca belirlenen aralıklar ve işlem sonunda, farklı zaman dilimlerinde kekikte antioksidan aktivite, fenolik bileşen, uçucu yağ değerlerinde meydana gelen değişimlerin takip edilmesi için numuneler alınmıştır. Her bir kurutma işlemi iki paralel gerçekleştirilmiştir. Kurutma öncesi, kurutma boyunca ve kurutma sonucunda alınan kekik numuneleri laboratuvar tipi çelik karıştırıcı (21/8011ES Çift hızlı, paslanmaz çelik 21/CAC33 3.6.40) kullanılarak analizler öncesi homojenize edilmiştir. Kurutma işlemi, Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği gereğince nem değeri %10'un altında olacak şekilde sonlandırılmıştır (Anonim 2013b).

3.2.2 Nem Tayini

Yaş ve kuru ürünlerin nem içeriklerinin belirlenmesinde etüvde nem tayini yöntemi kullanılmıştır. Yaş ve kuru numuneler etüvde sabit tartıma gelene kadar 105°C'de 24 saat bekletilmiştir. Tartımlar arasındaki fark kullanılarak üründe bulunan kuru madde miktarı hesaplanmıştır. Tüm analizler iki paralel gerçekleştirilmiştir (Onoğur ve diğ. 2011).

3.2.3 Numune Ekstraksiyonu

Kurutma başında, kuruma esnasında belirlenen zaman dilimlerinde ve kurutma işlemi sonunda alınan numunelerden 0,5'er gram tartılarak, 60:40 metanol – saf su içeren karışıma konulmuştur. Karışım öncelikle 2 dakika süreyle, 3 kere, toplamda 6 dakika vortex işlemine tabi tutulmuştur. Hemen ardından 9.000 rpm değerinde, 20

dakika santrifüj işlemi uygulanmıştır. Santrifüj işlemi sonrasında numuneler filtre kağıdından süzölmüştür. Numune ekstraksiyon yöntemi ve çözügen seçimi Karimi (2015)'in çalışmasından uyarlanarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler ekstraksiyonun ardından analizlere kadar -20°C'de derin dondurucuda bekletilmiştir (Karimi 2015).

3.2.4 Toplam Fenolik Bileşen Tayini

Toplam fenolik bileşen analizinde Atanassova (2011)'nin yöntemi kullanılmıştır. Analiz için, elde edilen numune ekstraktından 0,4 ml tartılmıştır. Numune ekstraktı üzerine 3,6 ml distile su ve hemen ardından 0,4 ml Folin Ciocalteu çözültisi ilave edilmiştir. Hazırlanan karışım çalkalanıp, 5 dakika bekleme süresinin ardından, numune üzerine 4 ml 7 %'lik Na₂CO₃ ilave edilerek, hacim saf suyla 10 ml'ye tamamlanmıştır.

Kör çözülti, numune ve standart çözülti yerine su kullanılarak hazırlanmış, okumalar köre karşı yapılmıştır. 90 dakika beklemenin ardından, 760 nm değerinde absorbans değerleri (Shimadzu UV-1601, EV-Visible Spectrophotometer) spektrometrede okunmuştur. Kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde 0,05 mg/ml – 0,5 mg/ml gallik asit çözültileri kullanılmıştır.

3.2.5 DPPH Yöntemiyle Toplam Antioksidan Aktivite Tayini

DPPH yöntemiyle toplam antioksidan aktivite tayini Benvenuti (2004)'nin yöntemi kullanılmıştır. Analiz için elde edilen numune ekstraktından belirli bir miktar alınarak (kurutmanın ikinci yarısındaki numunelerde 40 µl, 80 µl, 160 µl, 240 µl, 400 µl; kurutmanın ilk yarısındaki numunelerde 100 µl, 200 µl, 300 µl, 400 µl, 600 µl ve 800 µl alınarak çözülti 6.000 µl'ye tamamlanmıştır) üzerine 600 µl, 1 mm DPPH çözültisi ilave edilmiş, tüm karışım 6.000 µl'ye metanol ile tamamlanmıştır. Elde edilen çözülti karanlıkta 15 dakika bekletilmiş ve 517 nm değerinde okuma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Her bir numunenin %50 inhibisyon değerini bulabilmek için farklı konsantrasyonlarda kekik ekstraktı içeren çözülti dizileri hazırlanmış, spektrofotometrede okumaları gerçekleştirilmiş, kalibrasyon grafikleri elde edilerek gerekli çözülti miktarları saptanmıştır.

Numune sonuçları, farklı konsantrasyonlarda hazırlanan Trolox çözeltilisinden elde edilen kalibrasyon grafiğinden elde edilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

3.2.6 Uçucu Yağ Tayini

Uçucu yağ analizleri, Clevenger tipi, sudan hafif yağ tutucu aparat kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 25 gram kekik üzerine saf su ilave edilerek, distilasyon işlemi bitene kadar düzenekte tutulmuştur. Sonuç yağ tutucu aparatta okunarak yüzde olarak ifade edilmiştir (Anonim 2010).

3.2.7 Renk Tayini

Renk analizleri Hunter LabScan Colorimetre (HunterLab MiniScan XE, Amerika) ile gerçekleştirilmiştir (Onoğur ve diğ. 2011).

3.2.8 Kurutma İşlemi

3.2.8.1 Konvektif Kurutma

Kekik numuneleri, iri çöpleri uzaklaştırıldıktan sonra, 7-8 cm yığın yüksekliğinde tepsilere serilmiştir. Kekikler konulmadan önce fırın, işlem sıcaklığına getirilmiş, 15 dakika bu sıcaklıkta çalıştırılmıştır. Kurutma işlemi boyunca 30 dakika aralıklarla tepsilere çıkarılarak tartım değerleri kaydedilmiş, kütle değişim grafiği çizilerek kurutma işlemi tamamlanmıştır. Konvektif kurutma işlemi üç farklı işlem sıcaklığında (50 °C, 60 °C ve 70 °C) gerçekleştirilmiştir.

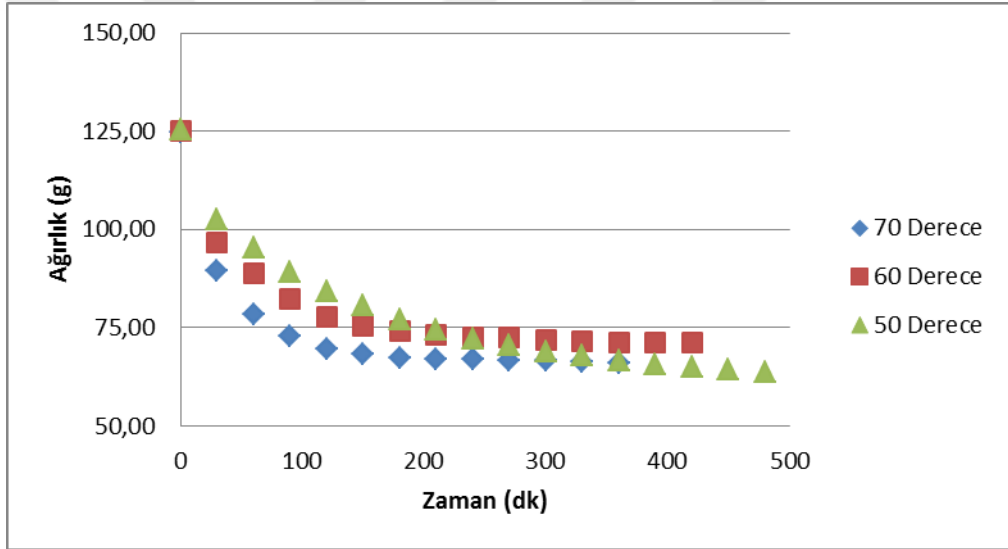
3.2.8.2 Mikrodalga ile Kurutma

Kekik numuneleri, iri çöpleri uzaklaştırıldıktan sonra, 7-8 cm yığın yüksekliğinde cam tepsiye yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi boyunca mikrodalga fırın iki farklı güç değerinde (360 W ve 480 W) 20 s çalıştırılmış, 20 s çalıştırmanın ardından 10 s kapalı konumda bekletilmiş, hemen ardından kütle değişiminin takibi için tartım işlemi yapılmıştır. Bu işlem kurutma işlemi tamamlanmaya dek devam ettirilmiştir.

4. BULGULAR

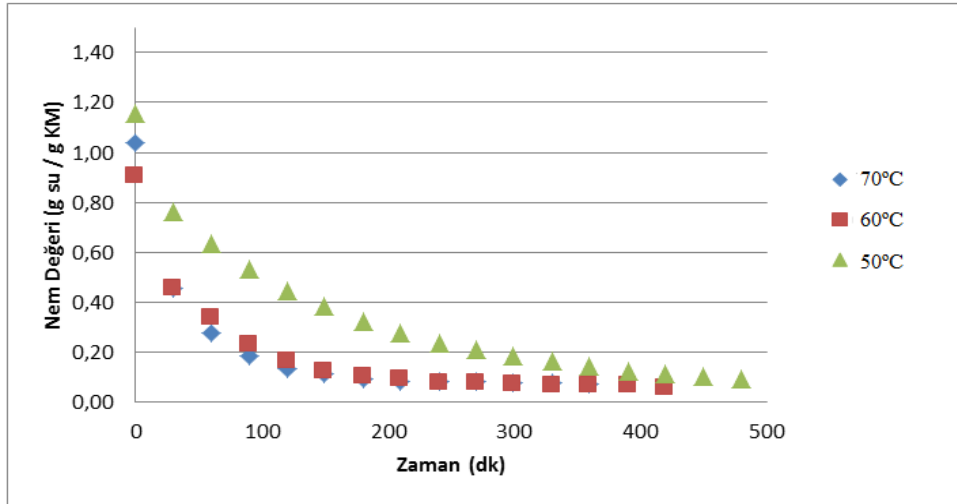
4.1 Kurutma İşlem Bulguları

50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleşen konvektif kurutma işlemi esnasında, 30’ar dakika arayla alınan örneklerde yapılan tartımlar kullanılarak çizilen zamana karşı kütle değişim (g) grafiği Şekil 4.8’de verilmiştir. Sabit tartıma ulaşıldığı aşamada kurutma işlemi sonlandırılmıştır. 50°C’de yapılan kurutma işleminin süresi 8 saat, 60°C’de yapılan kurutma işleminin süresi 7 saat, 70°C’de yapılan kurutma işleminin süresinin 6 saat olduğu görülmüştür.



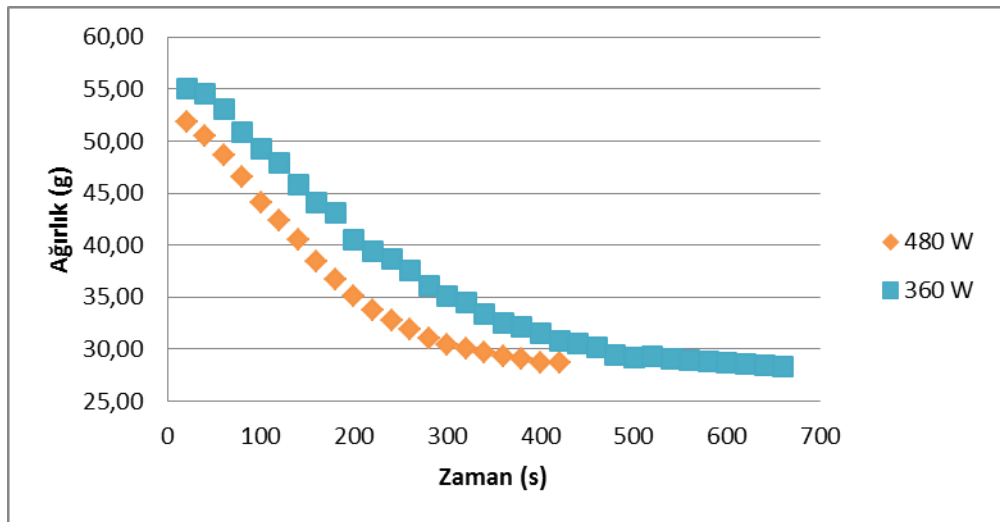
Şekil 4.8: Konvektif kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim

50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleştirilen konvektif kurutma işlemi esnasında, 30’ar dakika arayla alınan tartımlar kullanılarak çizilen zamana karşı kuru madde esasına göre nem (g su/g KM) grafiği Şekil 4.9’da verilmiştir. 60 °C ve 70 °C’de gerçekleştirilen kurutma işlemlerinde nem düşüşünün başlangıçta hızlı gerçekleştiği, 50 °C’de kurutma işlemi esnasında benzer nem değerine daha uzun sürede geldiği nem değeri ve zaman değişim grafiğinde açıkça görülmektedir. Kekik numunelerinin konvektif kurutma işleminde 0,905-1,155 g su/g KM değerinde başlangıç su içeriğine sahip oldukları saptanmıştır. Kurutma işlemi örneklerde 0,065-0,09 g su/ g KM değerlerine ulaşıldığında sonlandırılmıştır.



Şekil 4.9: Konvektif kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kuru esasta nem grafiği

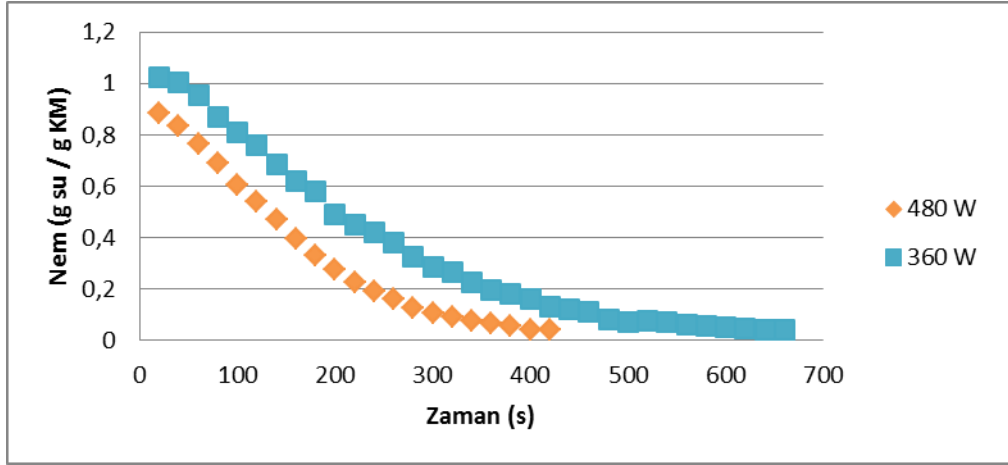
360 W ve 480 W değerlerinde gerçekleşen mikrodalga ile kurutma işlemi esnasında, 30'ar saniye arayla alınan örneklerde yapılan tartımlar kullanılarak çizilen zamana karşı kütle değişim (g) grafiği Şekil 4.10'da verilmiştir. Kurutma işlemi sabit tartıma gelindiği noktada, 360 W değerinde kuruma için 660 saniyede, 480 W değerinde gerçekleştirilen kurutma için 420 saniyede sonlandırılmıştır.



Şekil 4.10: Mikrodalga ile kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim grafiği

Mikrodalga ile kurutma işlemi esnasında kuru madde esasına göre nemde meydana gelen değişim Şekil 4.11'de verilmiştir. Kurutma işlemine kekikte

başlangıç nem değeri kuru madde esasına göre 0,95 g su / g KM değerindeyken başlanmış, kurutma işlemi sonucunda bu değer 0,04 g su / g KM olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.11: Mikrodalga ile kurutma esnasında gerçekleşen zamana bağlı kütle değişim grafiği

4.2 Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik Nem Değeri Üzerine Etkisi

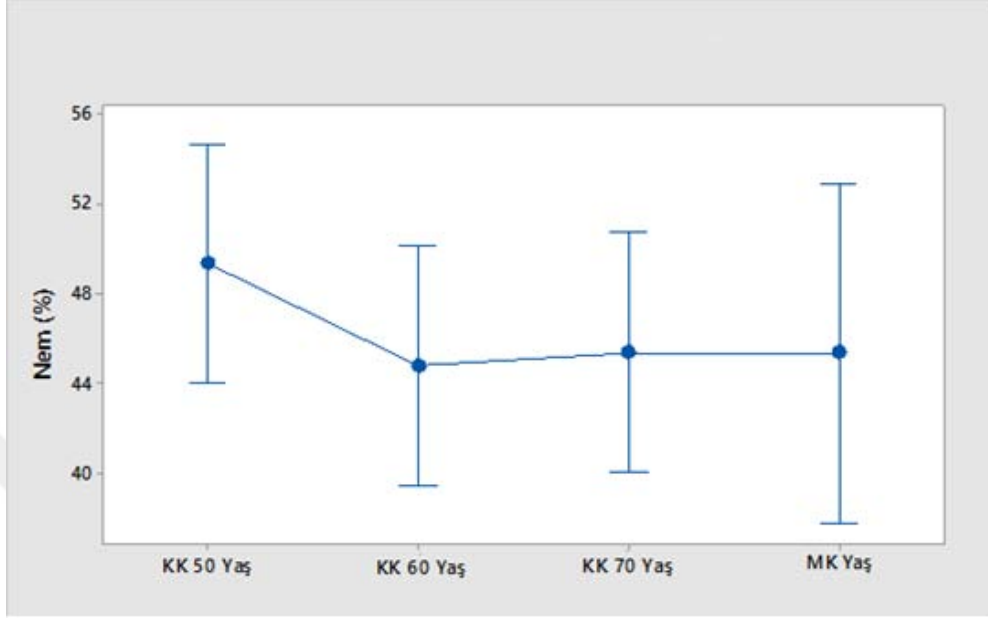
Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine tabi tutulan yaş kekik numunelerinin yaş esasta ve kuru esasta tanımlanmış nem değerleri Tablo 4.3'te karşılaştırmalı olarak, tablo, grafik ve şekillerde bulunan numune kodlarının açıklamaları Ek A'da verilmiştir.

Tablo 4.3: Kurutma işlemi öncesi kekik numunelerinde ölçülen nem değerleri

| Kurutma Tipi | Yaş Esasta Nem İçeriği (% g su / g ıslak katı) | Kuru Esasta Nem İçeriği (% g su/ g kuru katı) |
|----------------------------|---|--|
| 50°C'de konvektif kurutma | 49,37 ±3,44 | 1,155 ± 0,163 |
| 60°C 'de konvektif kurutma | 44,83 ±7,44 | 0,905 ± 0,318 |
| 70°C konvektif kurutma | 45,40 ±2,95 | 1,04 ± 0,198 |
| Mikrodalga ile kurutma | 45,38 ± 0,517 | 0,95 ± 0,099 |

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine tabi tutulan yaş kekik numunelerinin yaş esasta ifade edilen nem değerleri Şekil 4.12'de verilmiştir. Minitab istatistik programı kullanılarak hazırlanan grafik ve Tablo 4.4'te verilen

Tukey karşılaştırma sonuçlarında görüldüğü üzere kurutma işlemine alınan kekik numunelerinin başlangıç nem değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır.



Şekil 4.12: Kuruma öncesi ölçülen nem değerleri (%95 güven aralığı)

Tablo 4.4: Kuruma öncesi nem değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|----------------------------|---------------|----------------------|
| 50°C’de konvektif kurutma | 4 | 49,37a |
| 60°C ‘de konvektif kurutma | 4 | 44,83 a |
| 70°C’de konvektif kurutma | 4 | 45,40 a |
| Mikrodalga ile kurutma | 2 | 45,39 a |

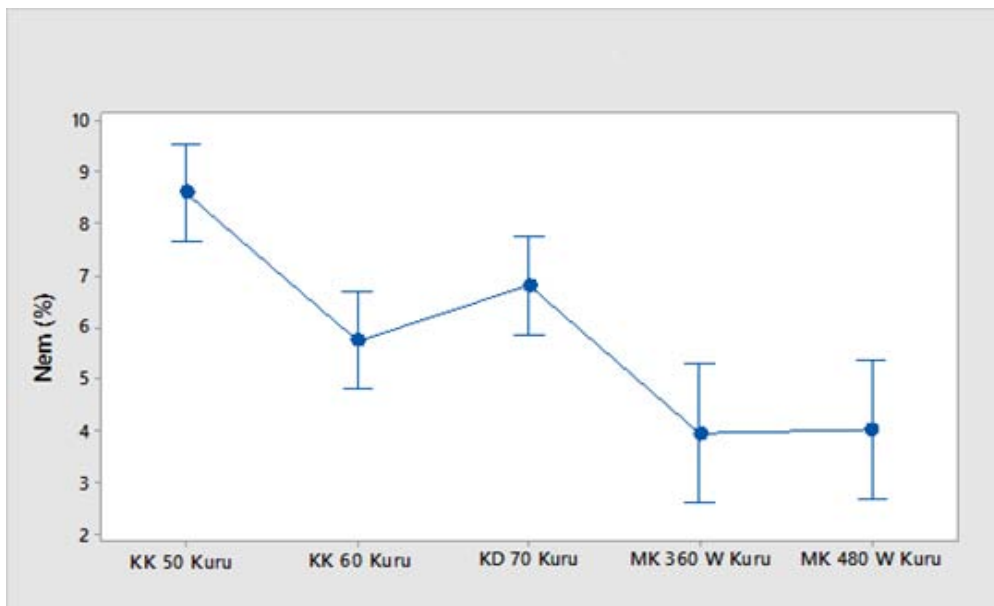
* Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$)

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma yöntemleriyle kurutulmuş kekik numunelerinin yaş esasta ve kuru esasta tanımlanmış nem değerleri Tablo 4.5’te verilmiştir.

Tablo 4.5 : Kurutma sonrası kekik numuneleri nem değerleri

| Kurutma Tipi | Yaş Esasta Nem İçeriği (% g su / g ıslak katı) | Kuru Esasta Nem İçeriği (% g su/ g kuru katı) |
|------------------------------|---|--|
| 50°C’de konvektif kurutma | 8,611 ± 1,536 | 0,07 ± 0,00 |
| 60°C’de konvektif kurutma | 5,747 ± 0,532 | 0,065 ± 0,007 |
| 70°C’de konvektif kurutma | 6,813 ± 0,260 | 0,095 ± 0,021 |
| Mikrodalga ile kurutma 480 W | 4,039 ± 0,059 | 0,04 ± 0,00 |
| Mikrodalga ile kurutma 360 W | 3,960 ± 0,014 | 0,04 ± 0,00 |

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işleme tabi tutulan kuru kekik numunelerinin kuru esasta ifade edilen nem değerlerine ait grafik Şekil 4.13’te verilmiştir. Minitab istatistik programı kullanılarak hazırlanan grafik ve Tablo 4.6’da verilen Tukey karşılaştırma sonuçlarında görüldüğü üzere, konvektif kurutma işleme tabi tutulan kekik numunelerinin kurutma sonunda kuru esasta nem değerlerinde 60°C ve 70°C’deki işlemler sonunda istatistiksel açıdan bir fark görülmediği ($p>0,05$), benzer gruplara sahip olduğu görülmüştür. Mikrodalga ile kurutma işlemi, konvektif kurutma işleminden ayrıldığı için Tukey karşılaştırması ayrı yapılmış, Tablo 4.7’de de görüldüğü üzere 360 W ve 480 W güç değerlerinde yapılan kurutma işlemi sonucunda kuru esasta nem değerlerinde bir fark görülmemiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.13: Kuruma sonrası ölçülen nem değerleri (%95 güven aralığı)

Tablo 4.6: Konvektif kuruma işlemi sonrası nem değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---------------------------|---------------|----------------------|
| 50°C'de konvektif kurutma | 4 | 8,611 a |
| 60°C'de konvektif kurutma | 4 | 6,813 a,b |
| 70°C'de konvektif kurutma | 4 | 5.747 b |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Tablo 4.7: Mikrodalga ile kuruma işlemi sonrası nem değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---|---------------|----------------------|
| Mikrodalga ile kurutma 480 W – kuru numune | 2 | 4,0398 a |
| Mikrodalga ile kurutma 360 W – kuru numune | 2 | 3,9600 a |

* Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır (p>0,05)

4.3 Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik'in Uçucu Yağ Değeri Üzerine Etkisi

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine tabi tutulan yağ kekik numunelerinin uçucu yağ analiz sonuçları Tablo 4.8'de verilmiştir.

Tablo 4.8: Kurutma öncesi kekik numuneleri uçucu yağ değerleri

| Kurutma Tipi | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/100 g) | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/g KM) |
|---------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 50°C'de konvektif kurutma | 1,650 ± 0,212 | 3,879 ± 0,0414 |
| 60°C'de konvektif kurutma | 1,975 ± 0,0957 | 3,325 ± 0,000 |
| 70°C'de konvektif kurutma | 1,85 ± 0,071 | 3,515 ± 0,134 |
| Mikrodalga ile kurutma | 1,200 ± 0,000 | 2,340 ± 0,1188 |

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine sonucunda elde edilen kuru kekik numunelerinin uçucu yağ analiz sonuçları Tablo 4.9'da verilmiştir.

Tablo 4.9: Kurutma sonrası kekik numuneleri uçucu yağ değerleri

| Kurutma Tipi | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/100 g) | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/g KM) |
|---|-----------------------------------|----------------------------------|
| 50°C’de konvektif kurutma | 3,525 ± 0,150 | 3,573 ± 0,726 |
| 60°C’de konvektif kurutma | 3,225 ± 0,171 | 3,4985 ± 0,076 |
| 70°C’de konvektif kurutma | 3,200 ± 0,283 | 3,906 ± 0,681 |
| Mikrodalga ile kurutma 480 W – kuru numune | 1,500 ± 0,141 | 1,560 ± 0,147 |
| Mikrodalga ile kurutma 360 W – kuru numune | 1,600 ± 0,000 | 1,664 ± 0,000 |

Tablo 4.8 ile Tablo 4.9’da verilen değerler karşılaştırıldığında, kurutma işlemi boyunca uçucu yağ değerinin oransal olarak arttığı, bu artışın konvektif kurutma işleminde en çok 50°C’deki işlemde, mikrodalga ile kurutma işlemlerinden ise en çok 360 W değerinde olduğu görülmüştür. Minitab istatistik programı kullanılarak yapılan Tukey karşılaştırmasında ise konvektif kurutma işlemine tabi tutulan yaş kekik numunelerinin (Tablo 4.10) ve kuru kekik numunelerinin (Tablo 4.11) kendi içerisinde uçucu yağ değerlerinin istatistiksel olarak farklılık göstermediği ($p>0,05$), Tablo 4.12’de görüldüğü üzere mikrodalga ile kurutma işleminde ise kurutma öncesi ve her iki güç için kurutma sonrası uçucu yağ değerlerinin istatistiksel açıdan önemli bir farka sahip olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Tablo 4.10: Konvektif kurutma işlemine tabi tutulan kekik numunelerinin başlangıç uçucu yağ değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|--------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Yaş | 2 | 1,650 a |
| KK 60°C Yaş | 4 | 1,975 a |
| KK 70°C Yaş | 2 | 1,850 a |

* Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$)

Tablo 4.11: Konvektif kurutma işlemine tabi tutulan kekik numunelerinin kuruma sonunda yağ değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Graplama* |
|--------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Kuru | 4 | 3,525 a |
| KK 60°C Kuru | 4 | 3,225 a |
| KK 70°C Kuru | 2 | 3,200 a |

* Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$)

Tablo 4.12: Mikrodalga ile kurutma işlemi başlangıç ve sonunda kekik numunelerinde bulunan uçucu yağ değerleri

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Graplama* |
|---------------|---------------|----------------------|
| MK 480 W Kuru | 2 | 1,400 b |
| MK 360 W Kuru | 2 | 1,600 a |
| MK Yaş | 2 | 1,200 c |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$)

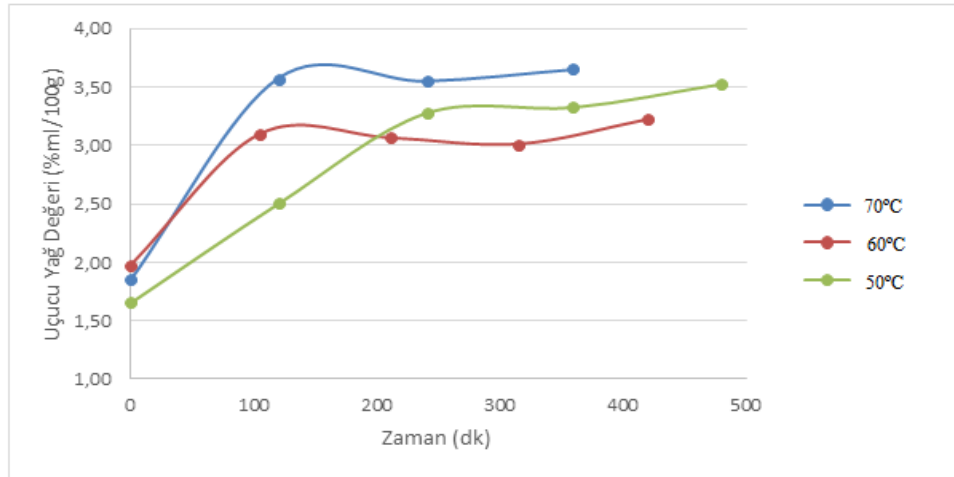
4.3.1 Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Uçucu Yağ Değişimi

Kurutma işlemi boyunca belirli periyotlarda alınan kekik numunelerinin kuru maddede uçucu yağ konsantrasyonunda meydana gelen değişim Şekil 4.14'te verilmiştir. Elde edilen verilere göre kuru maddede bulunan uçucu yağ konsantrasyonunda başlangıç aşamasında artış, ilerleyen süreçte azalış ve kurutma sonunda tekrar artış olduğu ya da yağ konsantrasyon değerinin benzer seviyede kaldığı görülmüştür. Her üç kurutma işlemi için de süreç benzer ilerlemekle birlikte başlangıçta yağ miktarında meydana gelen artış, kuruma işleminin başında yani sabit hızla kuruma evresinde kütle kaybının hızlı buna bağlı olarak uçucu yağ konsantrasyonundaki artışın yüksek olmasına bağlanmıştır. Azalan hızla kuruma evresinde kütle kaybının yavaşladığı aşamada, sıcaklığın etkisiyle uçucu yağ konsantrasyonunda azalmanın meydana geldiği, kurutma sonunda da kütle değişimiyle benzer bir şekilde kuru maddede uçucu yağ konsantrasyonundaki değişimin azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.14: Konvektif kurutma boyunca uçucu yağ değerleri değişim grafiği

Yaş esasta uçucu yağ konsantrasyonunda meydana gelen değişim Şekil 4.15'te gösterilmektedir. Bu grafiğe göre konveksiyonel kurutma işleminde her üç sıcaklıkta da başlangıçta uçucu yağ konsantrasyonunun hızlı bir şekilde arttığı, daha sonra bu artışın durduğu ya da azaldığı, kurutma sonunda ise kuru madde grafiğinde de görüldüğü üzere, benzer bir şekilde uçucu yağ konsantrasyonunda artış olduğu görülmüştür. Her üç kurutma işleminde de uçucu yağ konsantrasyonunda artış sabit hızla kuruma aşamasında görülürken yağ, kütle dengesi azalan hızla kuruma aşamasında kurulmuştur.



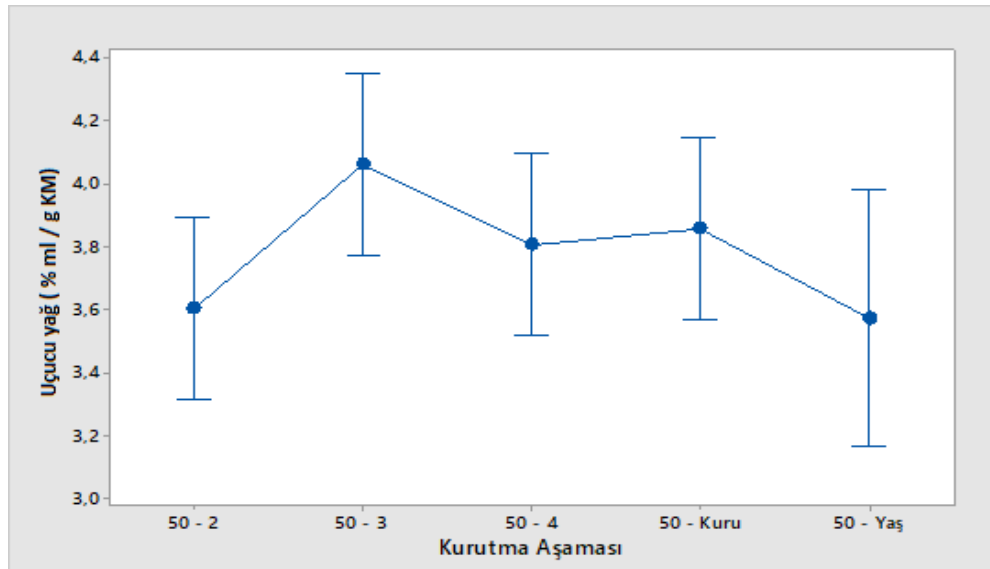
Şekil 4.15: Konvektif kurutma boyunca uçucu yağ değerleri değişim grafiği

50°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ analiz değerleri Tablo 4.13’te gösterilmiştir. Tablolarda kullanılan kısaltmalar Ek A’da belirtilmiştir.

Tablo 4.13: 50°C Konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu

| Kurutma Tipi | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/ 100 g) | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/g KM) |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| KK 50°C - Yaş | 1,650 ± 0,212 | 3,573 ± 0,726 |
| 50°C - 2 | 2,500 ± 0,258 | 3,603 ± 0,263 |
| 50°C - 3 | 3,275 ± 0,096 | 4,061 ± 0,136 |
| 50°C - 4 | 3,325 ± 0,150 | 3,807 ± 0,162 |
| KK 50°C - Kuru | 3,525 ± 0,150 | 3,859 ± 0,041 |

50°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ analiz değerleri Şekil 4.16’da gösterilmiştir.



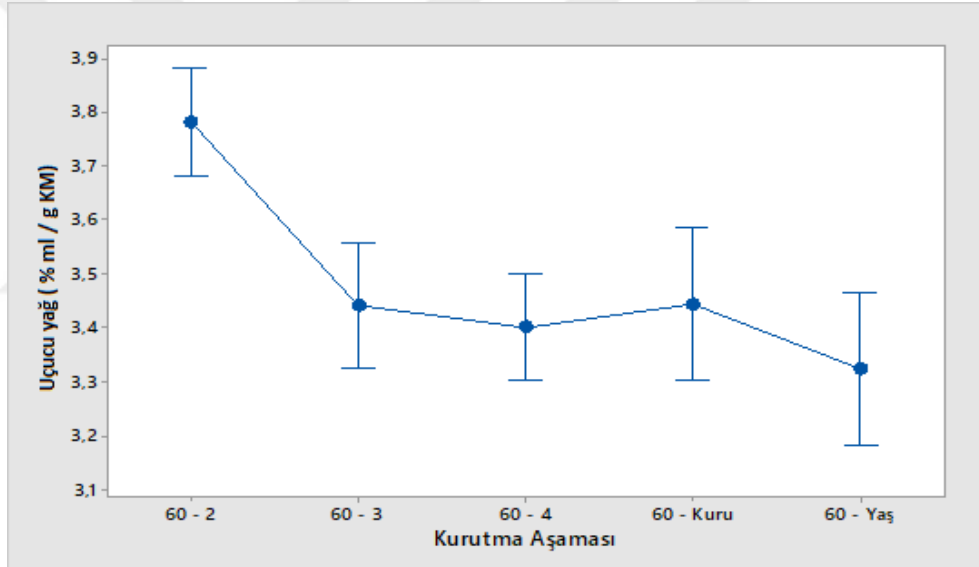
Şekil 4.16: 50°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi (%95 güven aralığında)

60°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ ölçüm değerleri Tablo 4.14’te gösterilmiştir.

Tablo 4.14: 60°C konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu

| Kurutma Tipi | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/ 100 g) | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/g KM) |
|----------------|---------------------------------|-------------------------------|
| KK 60°C - Yaş | 1,975 ± 0,096 | 3,325 ± 0,000 |
| 60°C - 2 | 3,100 ± 0,116 | 3,782 ± 0,141 |
| 60°C - 3 | 3,067 ± 0,116 | 3,443 ± 0,039 |
| 60°C - 4 | 3,013 ± 0,150 | 3,403 ± 0,065 |
| KK 60°C - Kuru | 3,225 ± 0,171 | 3,499 ± 0,076 |

60°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ analiz değerleri Şekil 4.17’de gösterilmiştir.



Şekil 4.17: 60°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi (%95 güven aralığında)

70°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ ölçüm değerleri Tablo 4.15’te gösterilmiştir.

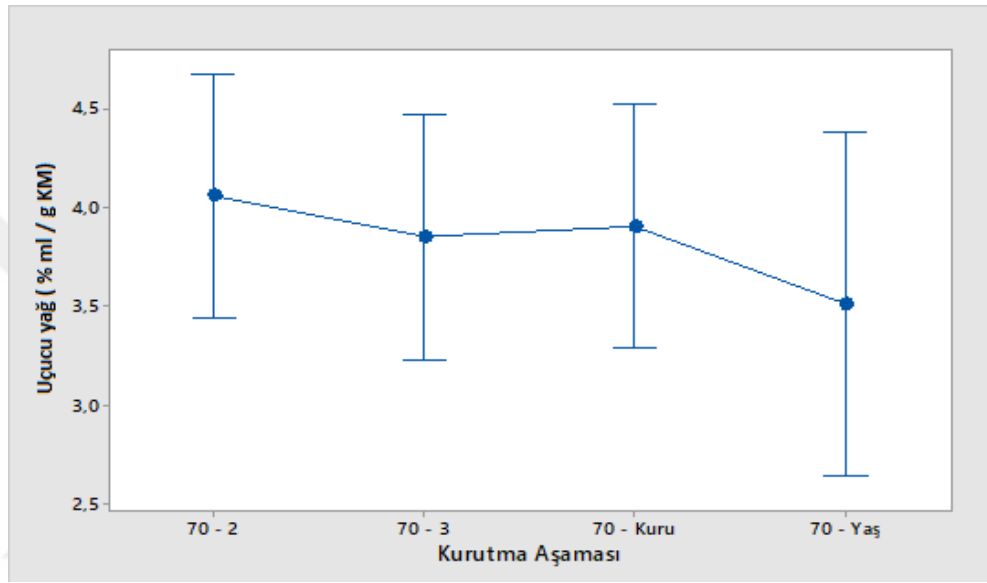
Tablo 4.15: 70°C konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu

| Kurutma Tipi | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/ 100 g) | Uçucu Yağ İçeriği (% ml/g KM) |
|---------------|---------------------------------|-------------------------------|
| KK 70°C - Yaş | 1,850 ± 0,070 | 3,515 ± 0,134 |
| 70°C - 2 | 3,575 ± 0,519 | 4,064 ± 0,648 |

Tablo 4.15 70°C konvektif kurutma işlemi uçucu yağ değişim tablosu (devam):

| | | |
|----------------|---------------|---------------|
| 70°C - 3 | 3,550 ± 0,444 | 3,854 ± 0,500 |
| KK 70°C - Kuru | 3,650 ± 0,551 | 3,906 ± 0,589 |

70°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde gerçekleştirilen uçucu yağ ölçüm değerleri Şekil 4.18’de gösterilmiştir.



Şekil 4.18: 70°C konvektif kurutma uçucu yağ değişimi (%95 güven aralığında)

Tablo 4.13, Tablo 4.14 ve Tablo 4.15 karşılaştırıldığında konvektif kurutma işlemleri arasında, numunede uçucu yağ konsantrasyonunda en fazla artış 50°C’de yapılan işlem sırasında görülmüş (kurutma sonucunda uçucu yağ değeri başlangıç değerinin 2,14 kat üstüne çıkmış), en az 60°C’de yapılan işlemde görülmüştür (kurutma sonucunda uçucu yağ değeri başlangıç değerinin 1,63 kat üstüne çıkmış), 70°C’de yapılan kurutma işleminde bu artışın 1,97 kat olarak ölçüldüğü gözlenmiştir. *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* kekik türünde farklı kurutma yöntemlerinin uçucu yağ kompozisyonu üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmada 60°C ve üzeri sıcaklıkların uçucu yağ kaybını arttırdığı ifade edilmiştir (Novak ve diğ. 2011).

4.4 Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekğin Toplam Fenolik Bileşen Değeri Üzerine Etkisi

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine tabi tutulan yaş kekik numunelerinin başlangıç ve kurutma sonucunda elde edilen kuru kekikte ölçülen toplam fenol miktarları ile başlangıç ve son değerler arasında meydana gelen değişim Tablo 4.16'da verilmiştir. Her bir kurutma işlemi, başlangıç toplam fenolik bileşen miktarları istatistiksel açıdan önem ifade edecek derecede farklı olduğu için ($p < 0,05$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.18), başlangıç ve kurutma sonucundaki değerler arasında artış yüzdesi göz önünde bulundurulmuş ve işlemler kendi içinde buna göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme sonucuna göre toplam fenolik bileşen miktarında en fazla artış konvektif kurutma denemelerinde 50°C sıcaklıkta görülürken, mikrodalga ile kurutma işleminde en çok 480 W değerinde görülmüştür. Mikrodalga ve konvektif kurutma işlemleri kendi arasında karşılaştırıldığında; 480 W değeri en fazla toplam fenolik bileşen miktarında artış görülen kurutma işlemi olmuştur. Yapılan bu denemeler sonucunda mikrodalga ile kurutma işleminin toplam fenolik bileşen konsantrasyonu üzerinde daha olumlu bir etkiye sebep olduğu, konvektif kurutma işleminde toplam fenol konsantrasyonunun daha az korunduğu ve işlem sıcaklığı arttıkça, fenol konsantrasyonundaki artışın azaldığı görülmüştür.

Tablo 4.16: Kurutma öncesi ve sonrası kekik numuneleri toplam fenol değerleri

| Kurutma Tipi | Yaş Kekik Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/g KM) | Kuru Kekik Toplam Fenol İçeriği (mg GAE/g KM) | % Artış |
|--|--|---|---------|
| 50°C Konvektif Kurutma | $11,694 \pm 1,68$ | $28,54 \pm 2,55$ | % 144 |
| 60°C Konvektif Kurutma | $14,47 \pm 2,39$ | $29,68 \pm 2,30$ | % 105 |
| 70°C Konvektif Kurutma | $15,574 \pm 1,219$ | $32,05 \pm 5,86$ | % 106 |
| 480 W MD ile Kurutma | $7,533 \pm 0,504$ | $28,45 \pm 2,76$ | % 278 |
| 360 W MD ile Kurutma | $7,533 \pm 0,504$ | $26,58 \pm 2,32$ | % 253 |

Tablo 4.17: Kurutma öncesi kekik numuneleri toplam fenol değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama |
|--------------|---------------|---------------------|
| KK 50°C Yaş | 4 | 11,694 b,c |
| KK 60°C Yaş | 4 | 14,47 a,b |
| KK 70°C Yaş | 4 | 15,574 a |
| MK Yaş | 2 | 7,533 |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Tablo 4.18: Kurutma sonrası kekik numuneleri toplam fenol değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Kuru | 4 | 28,54 a |
| KK 60°C Kuru | 4 | 29,68 a |
| KK 70°C Kuru | 4 | 32,05 a |
| MK 480 W Kuru | 4 | 28,45 a |
| MK 360 W Kuru | 4 | 26,58 a |

* Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark bulunmamaktadır (p>0,05)

4.4.1 Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Toplam Fenolik Bileşen Değerleri Değişimi

50°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Tablo 4.19’da gösterilmiştir.

60°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Tablo 4.20’de gösterilmiştir.

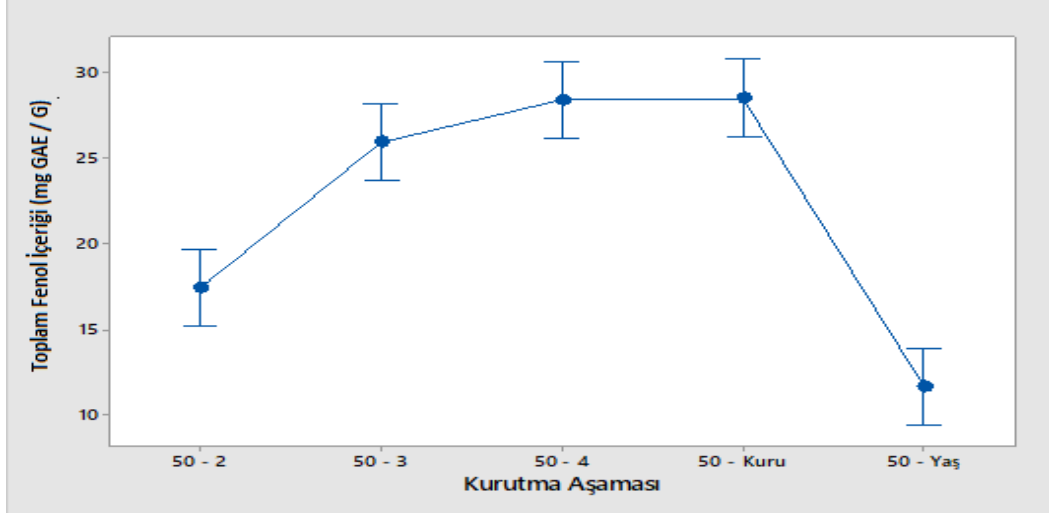
Tablo 4.19: 50°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu

| Kurutma Tipi | Toplam Fenol İçeriği (mg GAE / g KM) |
|--------------|--------------------------------------|
| 50°C – Yaş | 11,694 ± 1,680 |
| 50°C – 2 | 17,431 ± 1,829 |
| 50°C – 3 | 25,98 ± 2,81 |
| 50°C – 4 | 28,421 ± 1,433 |
| 50°C – Kuru | 28,54 ± 2,55 |

Tablo 4.20: 60°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu

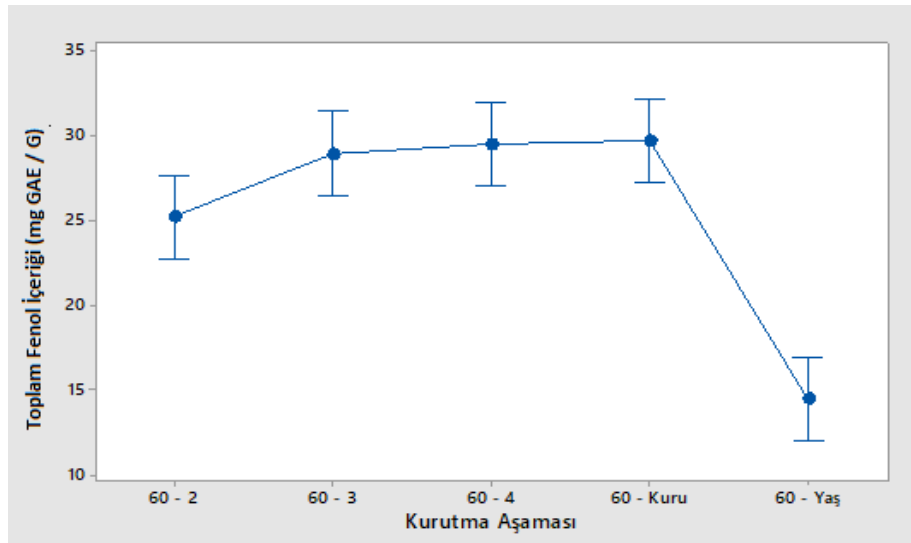
| Kurutma Tipi | Toplam Fenol İçeriği (mg GAE / g KM) |
|--------------|--------------------------------------|
| 60°C – Yaş | 14,47 ± 2,39 |
| 60°C – 2 | 25,197 ± 0,896 |
| 60°C – 3 | 28,91 ± 2,04 |
| 60°C – 4 | 29,48 ± 3,25 |
| 60°C – Kuru | 29,68 ± 2,30 |

50°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Şekil 4.19’da gösterilmiş, 50°C’de konvektif kurutma işlemi boyunca toplam fenolik bileşen değerlerinin istatistiki değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucuna göre kekiğin başlangıçtaki toplam fenolik bileşen miktarıyla kurutmanın ilerleyen aşamalarında ölçülen değerler arasında önemli bir fark olduğu ($p < 0,05$), toplam fenolik bileşen değerinin zaman geçtikçe arttığı, bu artışın 3. aşama ile kuru numune arasında oldukça azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.19: 50°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi (%95 güven aralığında)

60°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Şekil 4.20’de gösterilmiş, 60°C’de konvektif kurutma işlemi boyunca toplam fenolik bileşen değerlerinin istatistiki değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucuna göre kekiğin başlangıçtaki toplam fenolik bileşen miktarıyla kurutmanın ilerleyen aşamalarında ölçülen değerler arasında önemli bir fark olduğu ($p < 0,05$), toplam fenolik bileşen değerinin zaman geçtikçe arttığı, bu artışın 3. aşama ile kuru numune arasında oldukça azaldığı görülmüştür.



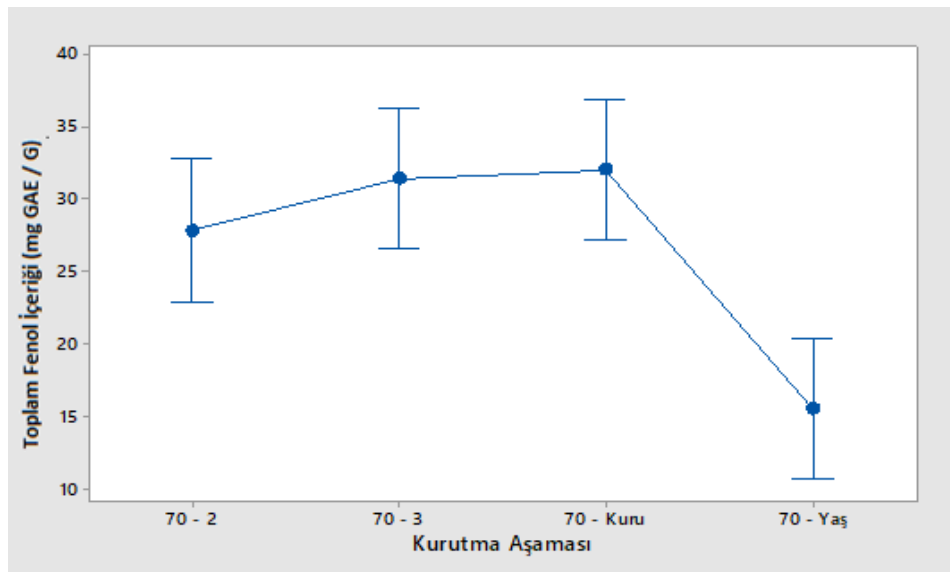
Şekil 4.20: 60°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi (%95 güven aralığında)

70°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Tablo 4.21’de gösterilmiştir.

Tablo 4.21: 70°C konvektif kurutma işlemi toplam fenolik bileşen miktarı değişim tablosu

| Kurutma Tipi | Toplam Fenol İçeriği (mg GAE / g KM) |
|--------------|--------------------------------------|
| 70°C – Yaş | 15,574 ± 1,219 |
| 70°C – 2 | 27,86 ± 5,40 |
| 70°C – 3 | 31,45 ± 3,99 |
| 70°C – Kuru | 32,05 ± 5,86 |

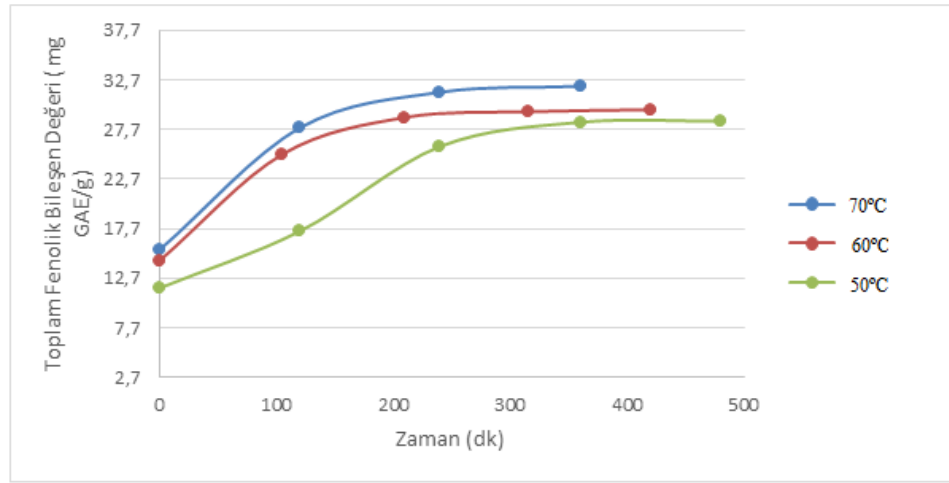
70°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde ölçülen toplam fenol değerleri Şekil 4.21’de gösterilmiş, 70°C’de konvektif kurutma işlemi boyunca toplam fenolik bileşen değerlerinin istatistiki değerlendirmesi yapılmıştır. Bu değerlendirme sonucuna göre kekiğin başlangıçtaki toplam fenolik bileşen miktarıyla kurutmanın ilerleyen aşamalarında ölçülen değerler arasında önemli bir fark olduğu ($p < 0,05$), toplam fenolik bileşen değerinin zaman geçtikçe arttığı, bu artışın 2. aşama ile son aşama arasında oldukça azaldığı görülmüştür.



Şekil 4.21: 70°C derece konvektif kurutma toplam fenolik bileşen içeriği değişimi (%95 güven aralığında)

50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleştirilen konvektif kurutma işlemi başında, kurutma boyunca belirlenen periyotlarda ve kuru kekikte ölçülen toplam fenol miktarını gösteren değişim grafiği Şekil 4.22’de verilmiştir. Grafikte görüldüğü üzere konvektif kurutma işleminde her üç sıcaklıkta da kurutma işlemi boyunca toplam fenolik bileşen miktarında artış meydana gelmiş, bu artışın sabit hızla kurutma aşamasında artan ivmeyle seyrettiği, azalan hızla kurutma aşamasında ise artışın yavaşladığı görülmüştür.

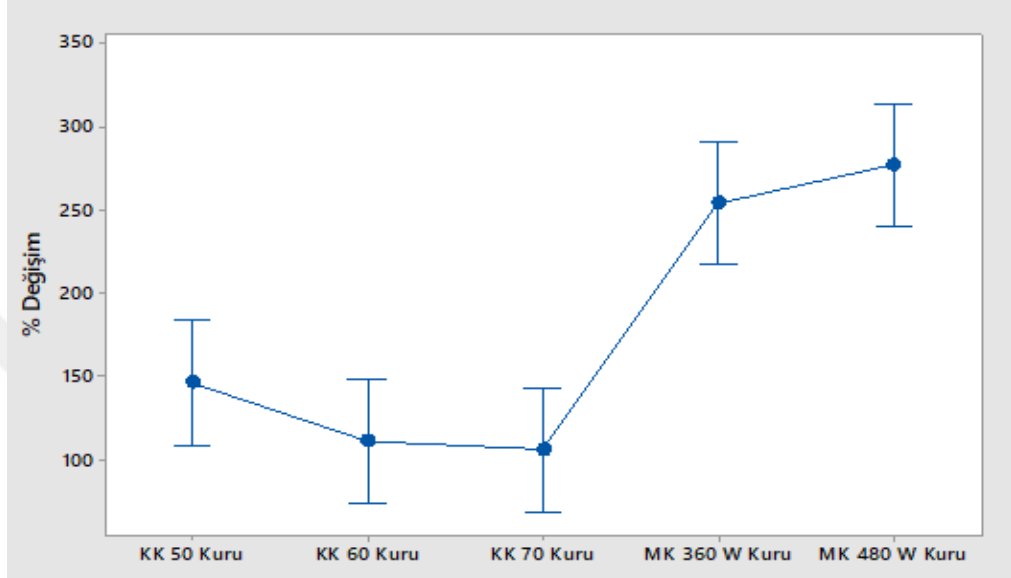
Değerlendirme sonucuna göre toplam fenolik bileşen miktarında meydana gelen değişimin, uçucu yağ konsantrasyonunda meydana gelen değişim ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.22: Konvektif kurutma boyunca toplam fenol değeri değişim grafiği

50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleştirilen konvektif kurutma ve 360 W, 480 W güç değerlerinde gerçekleştirilen kurutma işlemleri boyunca toplam fenol içeriğinde meydana gelen değişimin yüzde ifadesi Şekil 4.23’te gösterilmiştir. Minitab ile yapılan Tukey karşılaştırma testinde kurutma başlangıcında ve sonucunda (Tablo 4.22) ölçülen toplam fenolik bileşen miktarlarının istatistiksel açıdan önemli derece farklı olması sebebiyle ($p < 0,05$), farklı kurutma yöntemlerinin toplam fenolik bileşen miktarı üzerindeki etkisi konsantrasyon değerleri üzerinden değil, artış değerleri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucuna göre beş farklı kurutma işlemi arasında toplam fenolik bileşen miktarı üzerine en olumlu etki 480 W güç değerinde yapılan mikrodalga ile kurutma işleminde görülmüş, mikrodalga ile

kurutma işleminin konvektif kurutma işlemine göre toplam fenolik bileşen miktarı üzerinde daha olumlu etkisinin olduğu görülmüştür. Konvektif kurutma işlemleri arasında yapılan karşılaştırmada ise uçucu yağ sonuçlarıyla benzer şekilde 50°C’de yapılan kurutma işleminin toplam fenolik bileşen konsantrasyonu üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu, sıcaklık arttıkça konsantrasyon değerinin düştüğü görülmüştür.



Şekil 4.23: Konvektif kurutma sonucunda toplam fenol değeri yüzde değişim grafiği

Tablo 4.22: Kurutma sonucunda toplam fenol değeri yüzde değişim değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Kuru | 4 | 145,9 b |
| KK 60°C Kuru | 4 | 111,0 b |
| KK 70°C Kuru | 4 | 106,0 b |
| MK 480 W Kuru | 4 | 277,07 a |
| MK 360 W Kuru | 4 | 253,8 a |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Capecka ve diğ. (2005) melisaotu (*Melissa officinalis* L.), kekik (*Origanum vulgare* L.) ve nanede (*Mentha x piperita* L.) yaş ve kuru formda bulundukları toplam fenol miktarı ve ürünün antioksidan aktivitesi üzerine yaptıkları çalışmada, kekik ve nanede 25-32°C sıcaklığa sahip, iyi havalandırılmış gölgede kuruma işlemi

sonucunda üründe bulunan toplam fenol miktarının arttığı saptanmıştır. Bu üç materyalden taze nane ve taze melisaotunda askorbik asit oranının başta çok yüksek olduğu, kurutma işleminin bu bileşenlerin miktarında azalmaya sebep olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada, yaş ve kuru numunelerde aynı analizler (askorbik asit tayini, toplam fenolik bileşen tayini, toplam antioksidan aktivite tayini) gerçekleştirilmiştir. Mevcut çalışmamızda da olduğu üzere analize alınan numunelerin miktarları eşit tutulmuş bu sayede kurutma işlemi boyunca üründe meydana gelen kayıpların göz önünde bulundurulması sağlanmış ve sonuçlar yaş esasta ifade edilmiştir.

Consuelo D'iaz-Maroto ve diğ. (2004) yaptığı bir çalışmada fenolik özellik gösteren bileşenlerden defne yaprağında eugenolin, kekik yaprağında timolün konsantrasyonunun kurutma işlemi sonucunda arttığını belirlemişlerdir.

4.5 Farklı Kurutma Yöntem ve Şartlarının Kekik Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Üzerine Etkisi

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemine tabi tutulan yaş kekik numunelerinin başlangıç ve kurutma sonucunda elde edilen kuru kekikte DPPH yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite değerleri ve başlangıç ve son değerler arasında meydana gelen değişim Tablo 4.23'te verilmiştir.

Kekik numunelerinin başlangıç ve kurutma sonucunda toplam antioksidan aktivite değerleri arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark söz görüldüğü için ($p < 0,05$), kurutma işlemlerinin kendi içlerindeki ve karşılaştırmalı olarak değerlendirmesi toplam antioksidan aktivite değerlendirmesinde olduğu gibi artış ya da azalış oranı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme sonucuna göre toplam antioksidan aktivite değerinde artış en fazla 480 W değerinde yapılan mikrodalga ile kurutma işleminde görülmüş, bu işlemi 360 W değerinde yapılan mikrodalga ile kurutma işlemi takip etmiştir.

Konvektif ve mikrodalga ile kurutma işlemlerinin karşılaştırmasında, toplam antioksidan aktivite üzerinde en olumlu etki mikrodalga ile kurutma işleminde gözlenmiştir. Konvektif kurutma işleminin kendi içerisinde yapılan

karşılaştırmasında düşük sıcaklıkta uygulanan işlem sonucunda antioksidan aktivitenin daha fazla korunduğu görülmüştür.

Toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik bileşen miktarlarında 60°C ve 70°C'deki işlemlerin artış değerlerinde meydana gelen sapmanın kekik hammaddesinin farklı rakıma ait arazilerden alınmasına bağlanmaktadır.

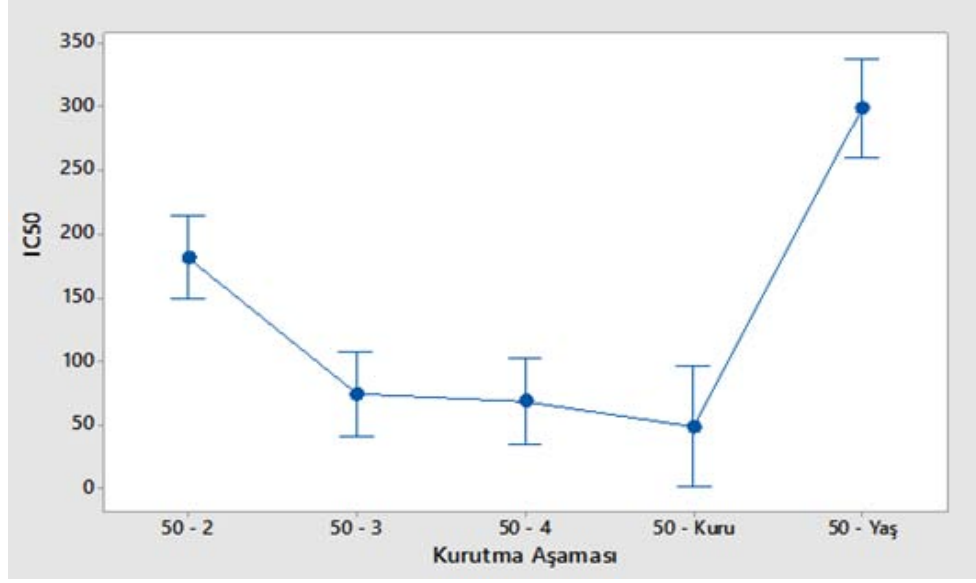
Tablo 4.23: Kurutma öncesi ve sonrası kekik numuneleri IC50 değerleri ve yüzde değişim oranları

| Kurutma Tipi | Kurutma öncesi IC50 değeri | Kurutma sonrası IC50 değeri | Antioksidan aktivite değerinde % değişim |
|------------------------|----------------------------|-----------------------------|--|
| 50°C Konvektif Kurutma | 299,44 ± 48,4 | 57,26 ± 4,99 | 522,9 |
| 60°C Konvektif Kurutma | 196,4 ± 23,3 | 68,69 ± 9,24 | 285,9 |
| 70°C Konvektif Kurutma | 201,97 ± 17,35 | 48,16 ± 8,51 | 419,4 |
| 480 W MD ile Kurutma | 577,7 ± 16,2 | 42,30 ± 5,58 | 1365,7 |
| 360 W MD ile Kurutma | 577,7 ± 16,2 | 49,39 ± 5,22 | 1169,7 |

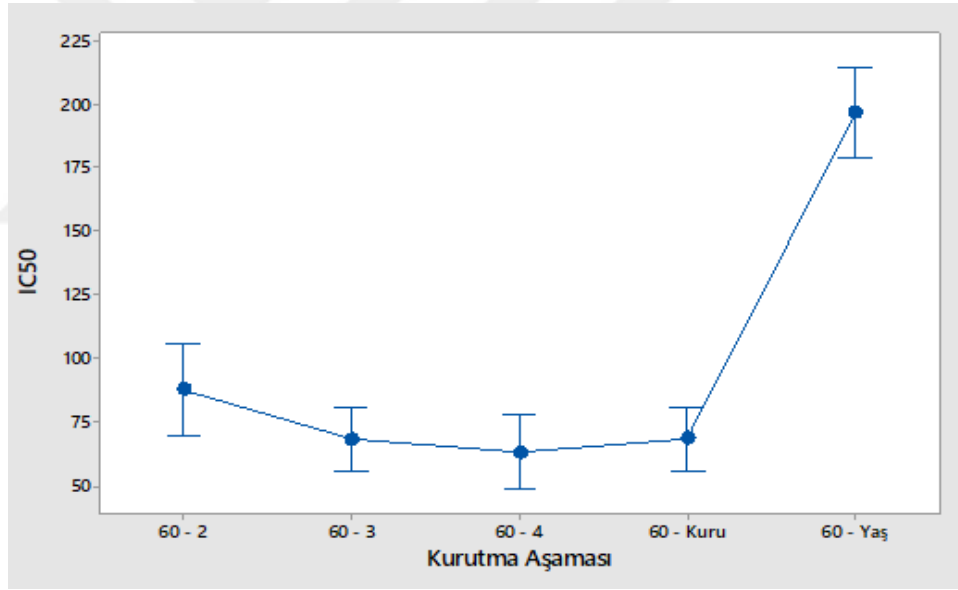
4.5.1 Farklı Kurutma Aşama ve Şartlarına Bağlı Olarak Kuruma Boyunca Kekikte Toplam Antioksidan Aktivite Değeri Değişimi

50°C'de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde DPPH yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.24'te gösterilmiştir.

60°C'de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde DPPH yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.25'te gösterilmiştir.

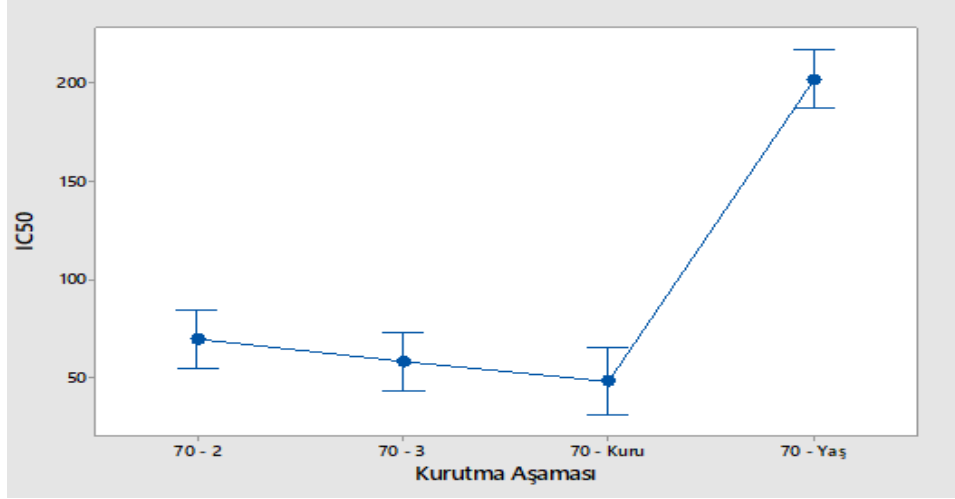


Şekil 4.24: 50°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim (%95 güven aralığında)



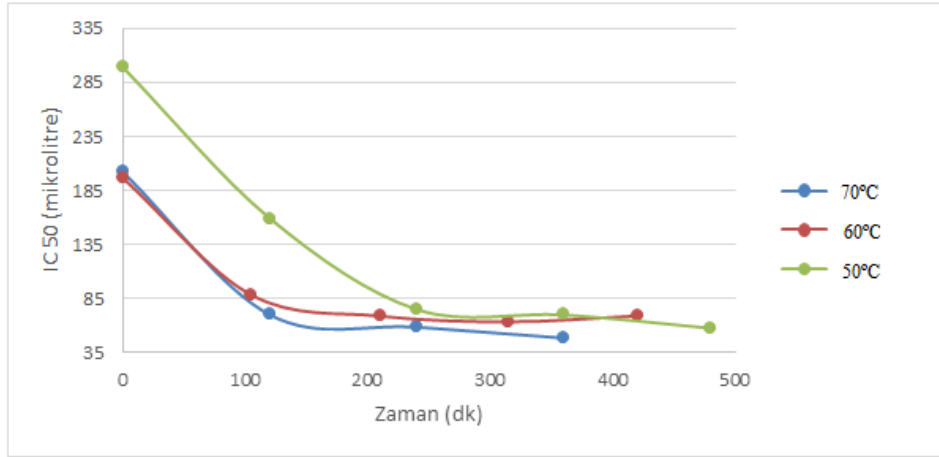
Şekil 4.25: 60°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim (%95 güven aralığında)

70°C’de uygulanan konvektif kurutma işleminin başında, işlem boyunca belirlenen periyotlarda ve işlem sonunda alınan kekik numunelerinde DPPH yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite değerleri Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26: 70°C konvektif kurutma toplam antioksidan aktivite değerinde görülen değişim (%95 güven aralığında)

50°C, 60°C ve 70°C’de gerçekleştirilen konvektif kurutma işlemi başında, kurutma boyunca belirlenen periyotlarda ve kuru kekikte DPPH yöntemiyle ölçülen toplam antioksidan aktivite değerinde meydana gelen değişimi gösteren grafik Şekil 4.27’de verilmiştir.



Şekil 4.27: Konvektif kurutma boyunca IC50 değerinde meydana gelen değişim grafiği

Chan ve diğ. (2008) çalışmasında da belirttiği üzere, ısıl işlem sonucunda toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite değerinde düşüş olduğu raporlanmıştır, ancak bu kayıplar daha çok sebze ürünlerinde görülmüştür. Antioksidan aktivite değerinde meydana gelen azalmaya fenolik bileşenlerin termal parçalanmasına sebep

olurken, antioksidan aktivite değerinde artışa yıkımda görev alan enzimlerin, fitokimyasalların ısıl parçalanmasının ve antioksidan enzim aktivitesinin azalmasının sebep olduğu ifade edilmiştir.

Yi ve Wetzstein (2011)'e göre, toplam fenol miktarı ve antioksidan aktivite değerinde meydana gelen değişimin sebebi olarak kurutma esnasında oluşan yeni bileşenler gösterilebilmektedir. Tomaino ve diğ. (2005) yaptığı çalışmada safrol, mirisin gibi ikincil bileşenlerin pişme esnasında miktarının artmasının hindistancevizinin (*Myristica fragrans*) serbest radikal indirgeme etkisinin artmasına sebep olduğu grlmüştir. Benzer dönüşüme bir rnek Ferreira ve Luthria'nın (2010) pelin yaprağında (*Artemisia annua*) yaptığı çalışmada, güneşte kurutma işlemi sonucunda dihidroartemisilik asidin (artemisinin nc bileşeni) artemisine dönüştüğünü grlmüştir.

Toplam fenolik bileşen ve antioksidan aktivite değerinde meydana gelen artışa diğer açıklama kurutma işlemi ile lipoksigenaz, polifenoloksidaz gibi bozulmaya sebep olan enzimlerin inaktive olduğu görüşüdür. Monofenol oksidaz ve katekol oksidaz enzimlerinin karışımı olan polifenoloksidaz enzimi bitkisel dokularda sıklıkla bulunmaktadır ve oksijen varlığında difenolleri okside ederek doğal bileşenlerin enzimatik oksidasyonuna sebep olmaktadır. Polifenoloksidaz enzimi 80°C'de 10 dakikalık işlemlerle inaktive edilebilmektedir (Schweiggert ve diğ. 2007). Lim ve Murtijaya (2007)'ya göre polifenoloksidaz enziminin inaktivasyonu kurutulmuş bitkilerde toplam fenol miktarının ve TEAC değerinin daha yüksek olmasını açıklayıcı bir nedendir.

4.6 Farklı Kurutma Yöntem ve şartlarının Kekik Rengi Üzerine Etkisi

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemi ile kurutulan kekik numunelerinin Hunter Colorimetre ile llen L, a, b değerleri Tablo 4.24'te, ölçülen değerler için yapılan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 4.25, Tablo 4.26 ve Tablo 4.27'de, numune kodlamaları Ek A'da verilmiştir.

Tablo 4.24: Kurutma sonrası kekik numuneleri renk değerleri

| Kurutma Tipi | L | a | b |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|
| 50°C Konvektif Kurutma | 32,787 ± 0,813 | 1,642 ± 0,286 | 10,638 ± 0,488 |
| 60°C Konvektif Kurutma | 34,512 ± 0,745 | 1,620 ± 0,096 | 11,457 ± 0,478 |
| 70°C Konvektif Kurutma | 34,65 ± 3,590 | 1,820 ± 0,1619 | 11,262 ± 1,653 |
| 480 W MD ile Kurutma | 40,300 ± 1,295 | 1,640 ± 0,188 | 13,362 ± 0,330 |
| 360 W MD ile Kurutma | 39,673 ± 0,491 | 2,032 ± 0,088 | 12,762 ± 0,062 |

Tablo 4.25: Kurutma sonu kekik numunelerinde L değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Kuru | 9 | 32,787 b |
| KK 60°C Kuru | 9 | 34,512 b |
| KK 70°C Kuru | 9 | 34,650 b |
| MK 480 W Kuru | 6 | 40,300 a |
| MK 360 W Kuru | 6 | 39,673 a |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Tablo 4.26: Kurutma sonu kekik numunelerinde a değerleri Tukey karşılaştırması

| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama* |
|---------------|---------------|----------------------|
| KK 50°C Kuru | 9 | 1,642 b |
| KK 60°C Kuru | 9 | 1,620 b |
| KK 70°C Kuru | 9 | 1,820 a, b |
| MK 480 W Kuru | 6 | 1,640 b |
| MK 360 W Kuru | 6 | 2,0317 a |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır (p<0,05)

Tablo 4.27: Kurutma sonu kekik numunelerinde b değerleri Tukey karşılaştırması

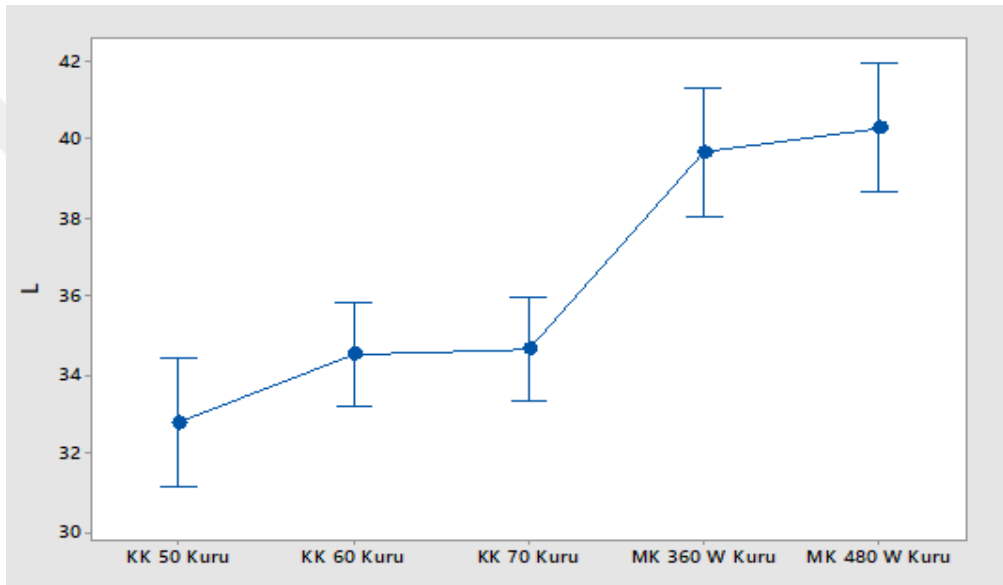
| Kurutma Tipi | Numune Sayısı | Ortalama & Gruplama |
|--------------|---------------|---------------------|
| KK 50°C Kuru | 9 | 10,638 c |
| KK 60°C Kuru | 9 | 11,457 b, c |

Tablo 4.27 Kurutma sonu kekik numunelerinde b değerleri Tukey karşılaştırması (devam)

| | | |
|---------------|---|-------------|
| KK 70°C Kuru | 9 | 11,262 c |
| MK 480 W Kuru | 6 | 13,362 a |
| MK 360 W Kuru | 6 | 12,762 a, b |

* Aynı harfi paylaşmayan ortalamalar birbirinden önemli derecede farklıdır ($p<0,05$)

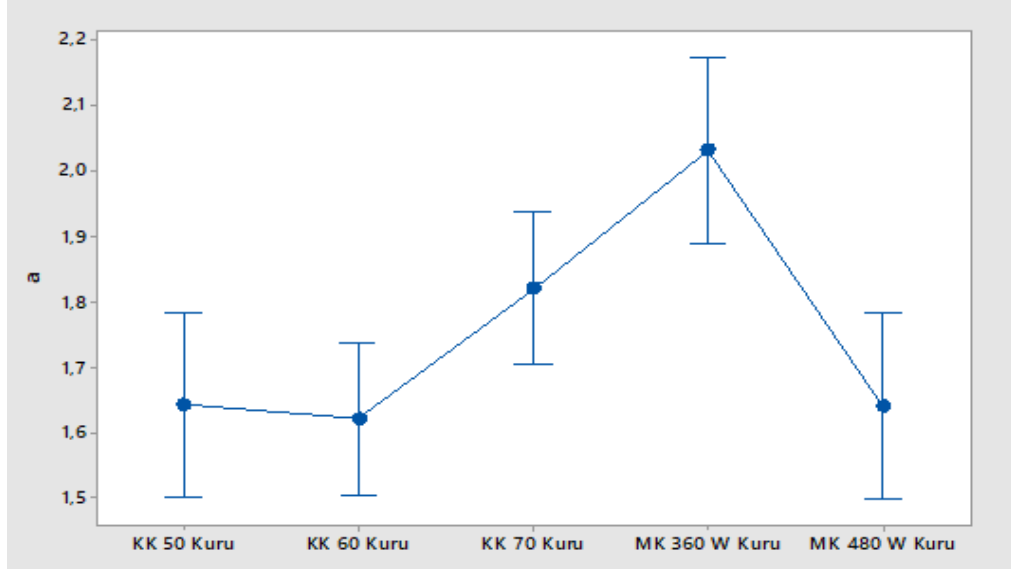
Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemi ile kurutulan kekik numunelerinin Hunter Colorimetre ile ölçülen L değerleri Şekil 4.28’de verilmiştir.



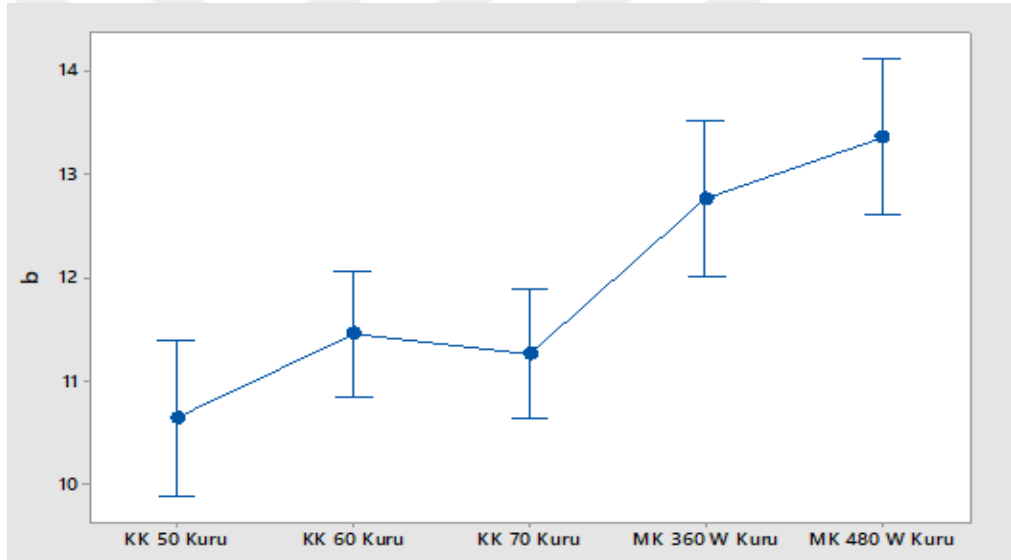
Şekil 4.28: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen L değerleri grafiği

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemi ile kurutulan kekik numunelerinin Hunter Colorimetre ile ölçülen L değerleri Şekil 4.29’da verilmiştir.

Konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemi ile kurutulan kekik numunelerinin Hunter Colorimetre ile ölçülen b değerleri Şekil 4.30’da verilmiştir.



Şekil 4.29: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen a değerleri



Şekil 4.30: Kuru kekikte Hunter Colorimetre ile elde edilen b değerleri

Hunter Colorimetre ile yapılan renk analiz sonuçlarına göre kuru numunede mikrodalga ile yapılan kurutma işleminde parlaklığın daha fazla olduğu, konvektif kurutma işleminde ise sıcaklık arttıkça parlaklığın arttığı, konvektif kurutma işleminin yeşilliğin korunmasında daha etkili olduğu (konvektif kurutma sonucu 50°C’de yapılan işlemde $1,642 \pm 0,286$, 60°C’de yapılan işlemde $1,620 \pm 0,096$, 70°C’de yapılan işlemde $1,820 \pm 0,1619$; mikrodalga ile kurutma sonucu 480 W güç değerinde $1,640 \pm 0,188$, 360 W güç değerinde $2,032 \pm 0,088$ değerleri ölçülmüştür), düşük sıcaklıklarda yapılan işlemde en yeşil numunenin elde edildiği, sıcaklık arttıkça yeşillikte azalma oluştuğu görülmüştür. Mikrodalga yöntemiyle kurutulan

kekik numunelerinin sarılık değerinin konvektif yöntem ile kurutmaya göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Tablo 4.25'te görüldüğü üzere, konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemlerinin kendi içinde parlaklık üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli derecede olmadığı ancak işlemler arasında farklılık olduğu grlmştir. Tablo 4.26 ve 4.27'de görüldüğü üzere sırasıyla a ve b değerlerinin kurutma çeşidi ve işlem sıcaklığından belirli bir düzende etkilenmediği, Tukey testinde farklı gruplamalar oluştuğu görülmüş, sonuçlardaki bu değişiklik materyalin doğada yetişen ve standart olmayan bir ürün olmasından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Denizli Gözler bölgesinden temin edilen yaş kekik numuneleri, konvektif ve mikrodalga ile kurutma yöntemleriyle kurutulmuş, mikrodalga ile kurutma işleminde iki ayrı güç değeri, konvektif kurutma yöntemiyle kurutma işleminde ise 3 ayrı sıcaklık değerinde çalışılmış, sadece konvektif kurutma işlemi esnasında belirlenen zamanlarda alınan numunelerde toplam fenolik bileşen, uçucu yağ ve toplam antioksidan aktivite değerleri belirlenerek kurutma kinetiği ve bu değerlerde meydana gelen değişim takip edilmiştir.

Yaş kekikte yapılan nem ölçümlerinin değerlendirilmesi Minitab 17 istatistik programı ile ANOVA testi kullanılarak gerçekleştirilmiş, kurutmaya alınan kekiklerin başlangıç nem değerleri arasında bir fark görülmemiştir ($p>0,05$). Kurutma sonrası kekik numunelerinde, etüvde yapılan nem tayini sonuçlarına göre kekik numunelerinin konvektif kurutma işlemi sonucunda ölçülen nem değerleri arasında kendi aralarındaki karşılaştırmada ve mikrodalga ile kurutma yöntemi ile kurutulan kekiklerin nem kendi nem aralarındaki nem değerleri arasında fark bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Kurutma işlemi başlangıcında yaş kekikte yapılan uçucu yağ analiz sonuçlarına göre konvektif kurutma işlemiyle kurutulan kekiklerin hammadde uçucu yağ değerlerinde ve kurutma sonrasında ölçülen uçucu yağ değerlerinde fark görülemediği ($p>0,05$). Yine benzer şekilde mikrodalga ile kurutulan kekiklerin başlangıç nem değerleri arasında ve kurutma sonunda yapılan uçucu yağ değerleri arasında fark görülemediği ($p>0,05$).

Konvektif kurutma işlemi boyunca her üç sıcaklıkta da yapılan uçucu yağ değerinde kuru esasta meydana gelen kinetik değişim takibinde, kurutmanın yükselen hızda kuruma aşamasında uçucu yağ değerinde artış olduğu, sabit hızla kuruma bölgesinde bu değer azalmaya başladığı, azalan hızda kuruma bölgesinde az miktarda bir artış görüldüğü; kurutmanın başı ile sonu karşılaştırıldığında kuru esasta uçucu yağ miktarının 50°C’de konvektif kurutma ve mikrodalga ile kurutma işlemleri boyunca azaldığı, 60°C ve 70°C’de konvektif kurutma işlemi boyunca

benzer seviyede kaldığı ve az miktarda arttığı görülmüştür. Mikrodalga ile kurutma işlemi sonunda 360 W değerinde yapılan kurutma sonunda kekikte bulunan uçucu yağ değeri 480 W güç değerinde yapılan kurutma işlemine göre daha yüksek ölçülmüş, iki güç değerinde de kuru esasta uçucu yağ değerleri arasında fark görülemez (p>0,05). Mikrodalga ile kurutma yöntemi ve konvektif kurutma yöntemlerinin kekikte bulunan uçucu yağ değeri içeriğine etkisi, ürünlerin başlangıç uçucu yağ değerinin istatistiksel olarak farklı olması (p<0,05) sebebiyle yapılmamış, değerlendirme her bir kurutma yöntemi için kendi içinde yapılmıştır.

Kurutma işlemi ve çeşidinin, kekikte bulunan toplam fenolik bileşen içeriğine olan etkisinin değerlendirilmesinde, yaş kekiğin başlangıç değerleri arasında farklılık söz konusu olduğu için, fenolik bileşen içeriği karşılaştırılması yapılmamış, bunun yerinde kurutma işlemi boyunca meydana gelen yüzde artış takip edilmiş, kurutma çeşidi ve farklı işlem parametrelerinin etkisinin karşılaştırılmasında değişim yüzdesi kullanılmıştır. Bu değerlendirme şekline göre mikrodalga ile kurutma yöntemi boyunca 480 W değerinde üründe bulunan toplam fenolik bileşen miktarı başlangıç değerinin 3,78 katına çıkarken, 360 W değerinde 3,53 katına çıktığı saptanmıştır. Konvektif kurutma işleminde ise kurutma esnasında kuru kekikte bulunan toplam fenolik bileşen miktarının başlangıç değerinin 70°C’de 2,06 katına çıktığı, buna karşın 60°C’de 2,05 katına, 50°C’de ise 2,44 katına çıktığı görülmüştür.

Konvektif kurutma işlemi boyunca her üç sıcaklıkta da yapılan, kuruma boyunca toplam fenolik bileşen miktarında meydana gelen değişimin takibi sonucunda üründe bulunan toplam fenolik bileşen içeriğinin kuruma boyunca arttığı, bu artışın artan hızla kuruma boyunca hızlı olduğu, sabit hızda ve azalan hızda kuruma boyunca artışın azaldığı gözlemlenmiştir.

Kurutma işlemi ve çeşidinin, kekikte bulunan toplam antioksidan aktivite değerine olan etkisinin değerlendirilmesinde, yaş kekiğin başlangıç değerleri arasında farklılık söz konusu olduğu için, toplam antioksidan aktivite karşılaştırılması yapılmamış, bunun yerinde kurutma işlemi boyunca meydana gelen yüzde artış takip edilmiştir, Kurutma çeşidi ve farklı işlem parametrelerinin etkisinin karşılaştırılmasında değişim yüzdesi kullanılmıştır. Bu değerlendirme şekline göre mikrodalga ile kurutma yöntemi boyunca 480 W değerinde üründe bulunan toplam fenolik bileşen miktarı başlangıç değerinin 13,657 katına çıkarken, 360 W değerinde

başlangıç değerinin 11,697 katına çıktığı saptanmıştır. Konvektif kurutma işleminde 70°C’de kurutma esnasında kuru kekikte bulunan toplan fenolik bileşen miktarının başlangıç değerinin 4,194 katına çıktığı, bununla birlikte 60°C’de 2,859 ve 50°C’de 5,229 katına çıktığı tespit edilmiştir.

Bu alışma sonucunda doğal ürünlerin önem kazandığı günümüzde, yapay antioksidanlara güçlü bir alternatif olan ve Denizli yöresinde yaygın bir şekilde yetiştiriciliği yapılan kekik bitkisinin, antioksidan ve fenol miktar ve bileşimini maksimum seviyede korumak için optimum kurutma yöntemini bulmak adına tekli ve kombin sistemlerde üzerinde çalışmalara devam edilmesi gerekliliği görülmektedir. Tarlada yaygın bir şekilde uygulanan güneşte ya da gölgede kurutma uygulamalarına alternatif bir kurutma yönteminin geliştirilmesi ve bu yöntemin sektöre kazandırılmasının, kekiğin kullanım geniş kullanım alanı ve sağlık üzerine olumlu etkileri göz önünde bulundurulduğunda oldukça önemli olduğu görülmektedir. Sıcaklık ve sürenin bu bileşenler üzerindeki olumsuz etkisini göz önünde bulundurarak, sıcaklığın azaltıp aynı zamanda sürenin kısaltıldığı mikrodalga ve konvektif kurutma gibi ikili sistemler üzerinde çalışmalara devam edilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

Anonim 2015: “Trade in Medicinal Plants”, *Raw Materials, Tropical and Horticultural Products Service Commodities and Trade Division Economic and Social Department Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome*, (2015).

Anonim 2013a: “Türkiye Tarım Sektörü Raporu”, *Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği*, (2013).

Anonim 2013b: Türk Gıda Kodeksi, Baharat Tebliği, Resmi Gazete Tarihi: 10.04.2013, Resmi Gazete Sayısı: 28614, Tebliğ No: 2013/12, (2013).

Anonim 2010: “Steam Volatile Oil (Modified Clevenger Method) Revised”, *American Spice Trade Association*, (2010).

Anonim 2017: TÜİK Baharat bitkileri verileri.

Alifakı, Y., Ö., “Nohut Unu İlavesinin Kekik Dielektrik Özellikleri ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, “Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü”, *Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Ankara, (2013).

Atanassova, M., Georgieva, S., Ivancheva, K., “Total Phenolic and Total Flavonoid Contents, Antioxidant Capacity and Biological Contaminants in Medicinal Herbs”, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 46(1), 81-88, (2011).

Baser, K. H. C., Özek, T., Tümen, G., Sezik, G. “Composition of the essential oils of Turkish *Origanum* species with commercial importance”, *Journal of Essential Oil Research*, 5(6), 619-623, (1993).

Başer, H., C., “Her derda deva bir bitki, kekik”, *Bilim ve Teknik*, 74-77, (2001).

Baydar, H., Arabacı, O., “Türkiye’nin kekik üretim merkezi olan Denizli’de kültür kekiğinin (*Origanum onites* L.) tarımsal ve teknolojik özellikleri”, *10. Tarla Bitkileri Kongresi*, (2013).

Bingöl, G., Devres, Y., O., “Üzümlerin mikrodalga kurutma eğrilerinin ve sıcaklık değişiminin matematiksel modellenmesi”, *İTÜ Dergisi*, 9(4), 63-71, (2010).

Cemeroğlu, B., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Bizim Grup Basımevi, 3. Baskı, (2009).

Bayram, E., “Kekik yetiştiriciliği”, *Ege Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi, Teknik Bülten*: 42, (2003).

Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M., Bertelli, D., “Polyphenols, anthocyanins, ascorbic acid, and radical scavenging activity of rubus, ribes, and aronia”, *Journal of Food Science*, 69(3), 164-169, (2004).

Capeccka, E., Mareczek, A., Leja, M., “Antioxidant activity of fresh and dry herbs of some Lamiaceae species”, *Food Chemistry*, 93, 223–226, (2005).

Chan, E. W. C., Lim, Y. Y., Wong, S. K., Lim, K. K., Tan, S. P., Lianto, F. S., Yong, M. Y., “Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species”, *Food Chemistry* 113, 166–172, (2009).

Chandrasekaran, S., Ramanathan, S., Basak, T., “Microwave food processing – a review”, *Food Research International*, 243-261, (2013).

Consuelo D’iaz-Maroto, M., Palomo, e., S., Castro, L., Viñas, M., G., Pérez-Coello, M., S., “Changes produced in the aroma compounds and structural integrity of basil (*Ocimum basilicum* L) during drying”, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 2070–2076, (2004).

Demiray, E., “Kurutma İşleminde Domatesin Likopen, B -Karoten, Askorbik Asit Ve Renk Değişim Kinetiğinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Denizli, 42, (2009).

Fakılı, O., “Türkiye’de Kekik Adı İle Anılan Bitkiler Konusunda Yapılan Çalışmaların Envanteri”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı*, Adana, (2010).

Feng, H., Yin, Y., Tang, J., “Microwave Drying of Food and Agricultural Materials: Basics and Heat and Mass Transfer Modeling”, *Springer Science Business Media, LLC* (2012).

Ferreira, J.F.S., Luthria D.L., “Drying affects artemisinin, dihydroartemisinic acid, artemisinic acid, and the antioxidant capacity of *Artemisia annua* L. leaves” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 1691–1698, (2010).

Gavrila, C., Ghiaus, A, G, Gruia, I., “Heat and mass transfer in convective drying processes”, *Comsol Conference*, (2008).

Geankopolis, C. J., *Transport Processes and Separation Process Principles (Includes Unit Operations)*, Prentice Hall, 4th Edition, (2008).

Harini, N., S., "Oregano: a Wonder Herb", *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(3), 127 – 129, (2014).

Ibarz, A., Barbosa – Cănovas, G. V., *Unit Operations in Food Engineering*, Crc Press (2003).

Ietswaart, J. H., "A taxonomic revision of the genus *origanum* (Labiatae)", *Leiden University Press*, The Hague, Boston, London, (1980).

Karimi, A., Min, B., Brownmiller, C., Ok-Lee, S., "Effects of extraction techniques on total phenolic content and antioxidant capacities of two oregano leaves", *Journal of Food Research*, 4(1), 112-123, (2015).

Kathirvel, K., Naik, K., R., Garipey, Y., Orsat, V., Raghavan, G., S., V., "Microwave Drying - A promising alternative for the herb processing industry" *CSBE/SCGAB Annual Conference Edmonton Alberta July 16 - 19*, (2006).

King, L., Wuensch, L., Hess, A., "Spices as superfoods: past, present, & future", (20.07.2017), <http://www.mnsna.org/wp-content/uploads/2010/07/Super-7-McCormick-Nutrition-Conference-Presentation.pdf>, *McCormick Science Institute*, (2010).

Köksal, O., Güneş, E., Özer, O., Özden, M., "Analysis of effective factors on information sources at Turkish Oregano farms", *African Journal of Agricultural Research*, 5 (2), 142-149, 18, (2010).

Konak, Ü., İ., Certel, M., Helhel, S., "Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları" *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31, (2009).

Kuş, S., "Mikrodalga Enerjisiyle Ayva ve Armut Meyvesinin Kuruma Davranışı ve Modellemesi" Yüksek Lisans Tezi, "Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü", *Makine Mühendisliği Anabilim Dalı*, Tekirdağ, (2016).

Kutz, M., *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*, ikinci baskı, Elsevier, 319-320, (2013).

Léonard, A., Blacher, S., Marchot, P., Pirard, J., Crine, M., "Moisture profiles determination during convective drying using X-ray microtomography", *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 83(1), 127-131, (2005).

Lim, Y.Y., Murtijaya, J., "Antioxidant properties of *Phyllanthus amarus* extracts as affected by different drying methods" *LWT Food Science Technology*, 40, 1664–1669, (2007).

Mujumdar, A. S., *Handbook of Industrial Drying*, CRC Press, 283-301, (2015).

- Novák, I., Sipos, L., Kókai, Z., Szabó, K., Pluhár, Z., S., Sárosi, S.Z., “Effect of the drying method on the composition of *Origanum vulgare* L. subsp. *hirtum* essential oil analysed by GC-MS and sensory profile method” *Acta Alimentaria*, 40, 130–138 (2011).
- Oliveira, M., E., C., Franca, A., S., “Microwave heating of foodstuffs”, *Journal of Food Engineerings*, 53, 347-359, (2002).
- O’Meara, C., O’Connor, A., Bragg, C., “Herbs Gardening”, *Colorado State University*, CMG Garden Notes 731, (2015).
- Onoğur, T., Elmacı, Y., Demirağ, K., *Gıda Kalite Sağlama*, Sidas Medya Ltd. Şti. 75-155, (2011).
- Öztürk, M., Temel, M., Tınmaz, A., B., “Türkiye’de Kekik Üretim ve Pazarlaması”, *II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu*, Bildiriler, (2014).
- Peter, K. V. (Ed.), *Handbook of Herbs and Spices*, Woodhead Publishing Ltd, 211-212, (2004).
- Sancaktaroğlu, S., Bayram, E., “Farklı kökenli İstanbul Kekikiği (*Origanum vulgare* subsp. *hirtum* L.) populasyonlarında verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi üzerine araştırmalar”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(3), 265-276, 1018 – 8851, (2011).
- Sarı, A., O., Altunkaya, M., “Doğadan tarlaya kekik”, *Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 22-27, (2015).
- Sahu, K., J., (ed), *Introduction to Advanced Food Process Engineering*, CRC Press, 12-13, (2014).
- Singh, R. P., Heldman, D. R., *Introduction to Food Engineering*, Dördüncü baskı, Elsevier, 371-377, (2009).
- Sun, J., Wang, W., Yue, Q., “Review on microwave-matter Interaction fundamentals and efficient microwave-associated heating strategies”, *MPDI*, 9, 1-25, (2016).
- Yi, W., Wetzstein, H. Y., “Effects of drying and extraction conditions on the biochemical activity of selected herbs” *Hortscience* 46(1), 70–73. (2011).



EKLER

7. EKLER

EK A Numune Kodlamaları

Tablo, grafik ve şekillerde bulunan numune kısaltmaları aşağıdaki tabloda açıklanmıştır. Her bir kod ayrı bir numune aşamasını ifade edecek şekilde verilmiştir.

| | |
|--------------|---|
| KK 50°C Yaş | 50°C’de konvektif kurutma işleminde kullanılan yaş numune |
| KK 60°C Yaş | 60°C’de konvektif kurutma işleminde kullanılan yaş numune |
| KK 70 °CYaş | 70°C’de konvektif kurutma işleminde kullanılan yaş numune |
| MK Yaş | Mikrodalga ile kurutma işleminde kullanılan yaş numune |
| KK 50°C Kuru | 50°C’de konvektif kurutma işleminde elde edilen kuru numune |
| KK 60°C Kuru | 60°C’de konvektif kurutma işleminde elde edilen kuru numune |
| KK 70°C Kuru | 70°C’de konvektif kurutma işleminde elde edilen kuru numune |
| MK Kuru | Mikrodalga ile kurutma işleminde elde edilen kuru numune |
| 50°C - 2 | 50°C’de konvektif kurutma işlemi 120. dk numunesi |
| 50°C - 3 | 50°C’de konvektif kurutma işlemi 240. dk numunesi |
| 50°C - 4 | 50°C’de konvektif kurutma işlemi 360. dk numunesi |
| 60°C - 2 | 60°C’de konvektif kurutma işlemi 105. dk numunesi |
| 60°C - 3 | 60°C’de konvektif kurutma işlemi 210. dk numunesi |
| 60°C - 4 | 60°C’de konvektif kurutma işlemi 315. dk numunesi |
| 70°C - 2 | 70°C’de konvektif kurutma işlemi 120. dk numunesi |
| 70°C -3 | 70°C’de konvektif kurutma işlemi 240. dk numunesi |

8. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gizem KASAPSARAÇOĞLU

Doğum Yeri ve Tarihi : 07.08.1990

Lisans Üniversite : Ege Üniversitesi / İzmir

Elektronik posta : gizemsaracoglu@hotmail.com

İletişim Adresi : Akkonak Mah., Yeşilköy Cad., No: 89/3 Daire
8, Merkezefendi, DENİZLİ