

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KIRMIZI SOĞANIN FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİYLE
KURUTULMASI VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Merve ASLANTAŞ

**Danışman
Doç. Dr. Alper KUŞÇU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2022**



© 2022 [Merve ASLANTAŞ]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	3
2.1. Kırmızı Soğan.....	3
2.2. Kurutma	4
2.2.1. Gıdalarda kurutma yöntemleri	6
2.3. Kırmızı Soğanın Kurutulması ile İlgili Çalışmalar	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem	11
3.2.1. Kırmızı soğanın sıcak hava ile kurutulması	13
3.2.2. Kırmızı soğanın mikrodalga ile kurutulması.....	14
3.2.3. Kırmızı soğanın liyofilizasyon ile kurutulması.....	14
3.2.4. Kırmızı soğanın vakum altında kurutulması.....	15
3.2.5. Kırmızı soğanın infrared kurutulması	16
3.2.6. Kırmızı soğanın mikrodalga sonrası infrared sonlandırmalı kurutulması.....	17
3.2.7. Kırmızı soğanın infrared sonrası mikrodalga sonlandırmalı kurutulması.....	17
3.3. Analiz Yöntemleri	18
3.3.1. °Briks (suda çözünür kuru madde) tayini	18
3.3.2. pH tayini	18
3.3.3. Su aktivitesi.....	18
3.3.4. Boyut analizi.....	18
3.3.5. Toplam kuru madde analizi.....	18
3.3.6. Rehidrasyon kapasitesinin ölçümü	19
3.3.7. Renk analizi.....	19
3.3.8. Esmerleşme indeksi.....	20
3.3.9. Kuruma eğrilerinin oluşturulması ve kuruma hızının hesaplanması	20
3.3.10. Ekstraksiyon.....	20
3.3.11. Toplam fenolik madde analizi	21
3.3.12. Antioksidan aktivitesi tayini	21
3.3.13. Askorbik asit tayini.....	21
3.3.14. Kuarsetin analizi.....	22
3.3.15. Şeker analizi.....	23
3.3.16. Aroma bileşenleri analizi	24
3.3.17. İstatistiksel analiz	25
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	26
4.1. Kırmızı Soğanın Başlangıç ve Kuru Ürün Değerleri.....	26
4.1.1. Hammadde değerleri	26
4.1.2. Toplam kuru madde.....	26
4.1.3. Boyut analizi.....	27
4.1.4. Su aktivitesi.....	27
4.1.5. Toplam fenolik madde tayini sonuçları.....	28
4.1.6. Antioksidan kapasitesi sonuçları.....	29
4.1.7. Askorbik asit tayini sonuçları.....	30
4.1.8. Rehidrasyon kapasitesi ve rehidrasyon oranı	31

4.1.9. Kuruma eğrileri ve kuruma hızı	33
4.1.10. Renk analizi	38
4.1.11. Esmerleşme indeksi (BI) sonuçları.....	39
4.1.12. Kuarsetin analiz sonuçları.....	40
4.1.13. Şeker analiz sonuçları.....	41
4.1.14. Aroma bileşenleri analiz sonuçları	42
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ.....	52



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KIRMIZI SOĞANIN FARKLI KURUTMA TEKNİKLERİYLE KURUTULMASI VE BAZI KALİTE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Merve ASLANTAŞ

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Alper KUŞÇU

Bu çalışmada kırmızı soğan dilimleri yedi farklı kurutma tekniği ile kurutulmuş ve kurutma koşullarının kırmızı soğanın kuruma süresi ve son ürünün kalite kriterleri üzerine etkisi incelenmiştir. Kurutma işlemine başlamadan önce kurutmada uygulanacak kurutma işlem gücü ve kurutma sıcaklığını belirlemek için ön denemeler yapılmıştır. Yapılan ön denemeler sonucunda sıcak hava ile 60°C’de, mikrodalga ile 600W gücünde, dondurarak kurutma (liyofilizasyon) ile -60°C/100militorr, infrared kurutma ile 60°C’de, vakum kurutma ile 60°C’de -0,8 bar basınçta, infrared sonrası mikrodalga (IRMK) ve mikrodalga sonrası infrared kurutma (MKIR) uygulanmıştır. Kurutma süresince örneklerin ağırlık değişimleri belirli aralıklarla ölçülmüştür. Hammaddenin suda çözünür kuru madde (°Briks) ve pH değerleri ölçülmüştür. Taze örnekler ile kurutma sonrası örneklerin toplam renk değişimi, ΔE , esmerleşme indeksi, askorbik asit, toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi, toplam kuru madde, su aktivitesi (a_w) rehidrasyon kapasitesi, şeker içeriği, kuarsetin ve aroma bileşenleri yönünden değişimleri incelenmiştir.

Kurutma sonrası kırmızı soğanların su aktivitesi değeri 0,300-0,432 arasında ölçülmüştür. Toplam fenolik madde içeriği 4,198-5,333 arasında değişmektedir. En az değişim IRMK, MK, IR yöntemlerinde görülmüştür. Kurutulmuş örneklerin antioksidan miktarı 1,268-1,694 değişmektedir, kurutmaya bağlı olarak azalmıştır. Antioksidan miktarında en az değişim IRMK yönteminde gözlemlenmiştir. Askorbik asit miktarının 42,49-98,08 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Askorbik asit miktarının kuruma süresince azaldığı görülmüş ve en az değişimin liyofilizasyon ile kurutulan örneklerde meydana geldiği tespit edilmiştir. Rehidrasyon kapasitesi 0,823-0,930 arasında değişmektedir. En yüksek rehidrasyon kapasitesi hava kurutma, vakum kurutma ve infrared kurutma yöntemlerinde görülmüştür. Kurutma sonrası renk içeriği CIE LAB L*, a*, b* değerleri ölçülmüş ve değerler gruplar arası farklılık göstermiştir. Toplam renk değişimi 7,28-12,79 arasında değişmektedir. En yüksek toplam renk değişimi MKIR ile kurutulan örneklerde gözlemlenmiştir. Esmerleşme indeksi 9,49-25,06 aralığında değişmektedir. En yüksek değer MKIR yönteminde gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kırmızı Soğan, kurutma, sıcak hava, mikrodalga, infrared, vakum, liyofilizasyon

2022, 52 sayfa

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DRYING RED ONION WITH DIFFERENT DRYING TECHNIQUES AND DETERMINATION OF SOME QUALITY PROPERTIES

Merve ASLANTAŞ

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Alper KUŞÇU

In this study, red onion slices were dried with seven different drying techniques and the effects of drying conditions on the drying time of red onions and the quality criteria of the final product were investigated. Before starting the drying process, preliminary experiments were carried out to determine the drying processing power and drying temperature to be applied in the drying process. As a result of the preliminary trials, hot air 60°C, Microwave 600W, freeze drying (lyophilization) (-60°C/100militorr), Infrared drying 60°C, Vacuum drying (60°C, -0,8 bar pressure), microwave drying after infrared drying (IRMK) and infrared drying after microwave (MKIR) was applied. The weight changes of the samples were measured at regular intervals during drying. The water soluble dry matter (°Brix) and pH values of the raw material were measured. The changes in total color change, ΔE , browning index, ascorbic acid, total phenolic substance, antioxidant capacity, total dry matter, water activity (a_w), rehydration capacity, sugar content, quercetin and flavor components of fresh samples and samples after drying were investigated.

The water activity value of red onions after drying was measured between 0.300 and 0.432. The total phenolic content ranges between 4,198 and 5,333. The least change was seen in IRMK, MK, IR methods. Antioxidant amount of dried samples ranges between 1,268 and 1.694, it decreased depending on drying. The least change in the amount of antioxidants was observed in the IRMK method. It was determined that the amount of ascorbic acid ranged between 42.49-98.08. It was observed that the amount of ascorbic acid decreased during drying and it was determined that the least change occurred in the samples dried by lyophilization. Rehydration capacity varies between 0.823-0.930. The highest rehydration capacity was seen in air drying, vacuum drying and infrared drying methods. Color content CIE LAB L^* , a^* , b^* values were measured after drying and the values differed between the groups. The total color change ranges between 7.28-12.79. The highest total color change was observed in samples dried with MKIR. Browning index ranges between 9.49-25.06. The highest value was observed in the MKIR method.

Keywords: Red Onion, drying, hot air, microwave, infrared, vacuum, lyophilization

2022, 52 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli Danışman Hocam Doç. Dr. Alper KUŞÇU'ya teşekkürlerimi sunarım. Literatür araştırmalarım ve istatistiksel çalışmalarım sırasında bana yardımcı olan değerli hocam Arş. Gör. Salih Eroğlu'na teşekkür ederim.

FYL-2020-7995 No'lu Proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan ailem ve arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Merve ASLANTAŞ
ISPARTA, 2022



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Kırmızı Soğan	11
Şekil 3.2. Paslanmaz Çelik Bıçaklı Dilimleme Makinesi	11
Şekil 3.3. Kırmızı Soğan Kurutması Üretiminin Akış Şeması	12
Şekil 3.4. Kurutma fırını (a), Kırmızı soğan dilimlerinin kurutucudaki yerleşimi (b), örneğin sabit tartım için tepsiye dizilişi (c), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (d)	13
Şekil 3.5. Mikrodalga fırını (a), Kırmızı soğan dilimlerinin mikrodalgadaki yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)	14
Şekil 3.6. Liyofilizatör cihazı (a), Kırmızı soğan dilimlerinin liyofilizatördeki yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)	15
Şekil 3.7. Vakumlu Kurutma Makinesi (a), Kırmızı soğan dilimlerinin vakumlu kurutma makinesindeki yerleşimi (b), kurutma sonrası kırmızı soğan dilimleri (c)	16
Şekil 3.8. Infrared teknolojisiyle çalışan nem tayin cihazı (a), Kırmızı soğan dilimlerinin cihaz içine yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)	17
Şekil 3.9. C.I.E Renk Skalası	19
Şekil 3.10. Kuarsetin standart kromatogramı.....	23
Şekil 3.11. Şeker içeriği standart kromatogramı; Standartlar; 1. Sukroz 2. Glikoz 3. Fruktoz.....	24
Şekil 4.1. Farklı kurutma teknikleriyle kurutulan kırmızı soğanların nem içeriğinin zamana bağlı değişimi	33
Şekil 4.2. Hava kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği	34
Şekil 4.3. Vakum kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği	35
Şekil 4.4. Mikrodalga (600W) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği	35
Şekil 4.5. Infrared kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği	35
Şekil 4.6. Mikrodalga (600W) sonrası Infrared kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği.....	36
Şekil 4.7. Infrared kurutma (60°C) sonrası Mikrodalga (600W) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği.....	36

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 4.1. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kırmızı soğan örneklerinin toplam kuru madde miktarı.....	26
Çizelge 4.2. Kurutulmuş dilimlerin kalınlık değerleri.....	27
Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin su aktivitesi.....	28
Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin fenolik madde içeriği.....	28
Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin antioksidan kapasitesi.....	29
Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin askorbik asit miktarları.....	31
Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon kapasitesi.....	32
Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon oranı.....	32
Çizelge 4.9. Kırmızı soğan dilimlerinin farklı yöntemlerde kuruma süreleri.....	34
Çizelge 4.10. Taze kırmızı soğanın renk değerleri.....	38
Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kırmızı soğanların renk değerleri	38
Çizelge 4.12. Esmerleşme indeksi sonuçları.....	40
Çizelge 4.13. Kurutulmuş kırmızı soğanların kuarsetin miktarları	41
Çizelge 4.14. Taze ve kurutulmuş kırmızı soğanların şeker içeriği	42
Çizelge 4.15. Taze ve Kurutulmuş kırmızı soğanların aroma bileşenleri (Sülfür Bileşikleri)	44
Çizelge 4.16. Taze ve Kurutulmuş kırmızı soğanların aroma bileşenleri (Aldehitler)	44

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a _w	Su aktivitesi
bar	Basınç birimi
BI	Esmerleşme indeksi
dk	Dakika
DPPH	2,2 difenil-1-pikrihidrazil
g	Gram
HK	Hava kurutma
IR	Infrared kurutma
IRMK	Infrared sonrası mikrodalga kurutma
kg	Kilogram
KM	Kuru madde
LK	Liyofilizasyon kurutma
m ²	Metrekare
mg	Miligram
MK	Mikrodalga kurutma
MKIR	Mikrodalga sonrası infrared kurutma
ml	Mililitre
mm	Milimetre
nm	Nanometre
p	İstatistiksel ölçü birimi
pH	Asitlik ve baziklik derecesini gösteren ölçü birimi
rpm	devir/dk
sn	Saniye
t	zaman
VK	Vakum kurutma
W	Watt
ΔE	Toplam renk değişimi
°C	Santigrat derece
μl	Mikrolitre

1. GİRİŞ

Kurutma tanımı genel olarak gıdada bulunan nemin gıda maddesinden uzaklaştırılmasını ifade etmektedir. Gıda maddelerinde kurutma uygulaması, uzun süre depolamada ürünün bozulmasını engellemek amacıyla yapılmaktadır. Kurutma işlemi uzun depolama sürecinde ürünün bozulmadan kalmasını ürünün nemini mikrobiyal gelişme veya diğer reaksiyonların sınırlandırılmasına yetecek düzeye düşürerek sağlamaktadır. Aynı zamanda nem miktarının azalması aroma ve besin değeri gibi kalite özelliklerinin korunmasını da sağlamaktadır. Ürün hacminin küçültülmesi, gıda maddesinde bulunan önemli bileşenlerin taşınma ve depolanma verimliliğinin artırılması, kurutmadaki bir diğer amaçlardan biridir (Ceylan vd., 2006).

Gıdada bulunan su, kurutma ile gıdanın bozulmasına olanak vermeyen bir düzeye azaltılmakta ve kesin bir muhafaza imkanı sunmaktadır (Kocayiğit, 2010). Kurutulmuş gıdalar, diğer tekniklerle dayandırılanlardan farklı olarak besin öğeleri bakımından yoğunlaştırılmış bir nitelik kazanmaktadırlar. Ayrıca kurutma en ucuz muhafaza yöntemidir. Kurutulmuş gıda üretiminde, daha az işçilik ve daha az ekipman gerekmekte ve depolanma ve taşımada da daha az maliyet gerektirmektedir (Erbay ve Küçüköner, 2008; Kocayiğit 2010).

Soğan (*Allium cepa*) *Liliaceae* familyasına ait, içeriğindeki sülfür bileşiklerinden kaynaklı kendine özgü tadı ve aroması ile bilinen dünya çapındaki en önemli sebzelerden biridir. Soğanın mide ülseri, göz, kalp, diş, tümör hastalıkları ile çeşitli kanser türlerini önleme ve kolesterolü düşürme gibi birçok faydasının olduğu bilinmektedir (Mitra, vd., 2012; 2015; Sezer, 2017).

Kurutulmuş soğan, çorba, sos, sosis gibi birçok hazır gıdada lezzet vermek için kullanılmakta ve depolanmasının ve kullanımının kolay olması nedeniyle taze soğana göre daha çok tercih edilmektedir. Özellikle mutfak kültüründe gelişmiş ve refah seviyesi yüksek Avrupa ülkelerinde talep görülmektedir (Karaaslan vd., 2016).

Soğan, mutfakta temel bir tatlandırıcıdır. Bir sebze olarak veya baharat olarak yemeklere lezzet katmak için kullanılmaktadır. Aynı zamanda soğan kalorisi düşük bir ürün ve diyet lifi kaynağıdır. Yüzyıllar boyunca soğanın belirli tıbbi ve hastalıkları önleyici gücünün olduğu düşünülmüştür. Amerika Birleşik Devletleri'nde, yara izlerinin tedavi edilmesinde içerisinde soğan ekstraktı bulunan ürünler kullanılmaktadır. Bazı

alışmalar, etkisiz bulsa da, bazıları soğanın bir anti-inflamatuar veya bakteriyostatik etkilerinin olabileceğini belirtmektedir (Olalusi, 2014). Soğanları güvenli depolama amacıyla işlemek için birçok kurutma yöntemi bulunmaktadır. Bununla birlikte, kurutmayı içeren ısıl işlem, soğan tabakasının hücre yapısını ve dokusunu önemli derecede değiştirmektedir (Asiah vd. 2017).

Bu çalışmada kırmızı soğan sıcak hava kurutma, vakum altında kurutma, dondurarak kurutma, mikrodalga, infrared, mikrodalga sonrası infrared (MKIR) ve infrared sonrası mikrodalga kurutma (IRMK) teknikleriyle kurutulmuş ve kurutma yöntemlerinin kalite kriterleri üzerindeki etkisi incelenmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Kırmızı Soğan

Soğan, enerji miktarı yüksek, protein miktarı orta düzeyde, Ca ve riboflavin yönünden zengin ve aminoasitlerden arjinin ve glutamik asit içeriği yüksek bir gıda maddesidir. Soğan kabukları pektin yönünden zengindir. Fenolik bileşikler, renkli kabuklu soğanlarda daha fazla, beyaz kabuklu olanlarda daha az bulunmaktadır. Soğandaki koku maddesinin esası Allicin adlı aromatik bileşikten kaynaklanmaktadır. Bu maddenin antibiyotik özelliği vardır ve soğanın kesilmesi sonrası hava teması ile açığa çıkmaktadır. Benzyl-isothiocynate, allicin ve aliin, cycloartenol maddeleri soğan içeriğindeki doğal antibiyotiklerdir. Cycloartenol maddesi soğanı bu açıdan değerli kılmaktadır ve genel olarak soğan biyoaktif maddeler ve mikro besin elementleri içermekte ve bu sebeple insan beslenmesinde yer almaktadır (Çetin, 2014).

Fenolik bileşikler nedeniyle güçlü antioksidan aktiviteye sahip olan soğan flavonoidler, karotenoidler, antosiyaninler, fenolik asitler, tiyosülfonatlar ve alkenil sistein sülfoksitler, terpenoidler, fitoöstrojenler, amino asitler, vitaminler ve mineraller gibi birçok biyoaktif bileşik içermesi sebebiyle beslenmede önemli rol oynamaktadır. Soğan yumrularının yaklaşık % 80'i glikoz, fruktoz, sakaroz gibi karbonhidratları ve düşük moleküler ağırlıklı fruktooligosakkaritleri içermektedir. Soğan renklerine göre kırmızı veya mor, sarı, beyaz ve kahverengi, tatlarına göre ise tatlı veya tatlı olmayan şekilde sınıflandırılmaktadır. Kırmızı, sarı ve beyaz soğanların çok miktarda flavonol içerdiği bilinmektedir; çoğunluğu kersetin ve kamferolün glikoz türevleridir. Soğandaki başlıca flavonoid olan kersetin çok iyi bir antioksidan ve antiinflamatuvar, antiviral aktiviteye sahip olup, LDL kolesterol düzeyini koruma yeteneği ile kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı rapor edilmiştir. Soğan başta kersetin olmak üzere birçok fitokimyasal bileşiğe sahiptir ve dolayısıyla soğan; kronik kalp hastalığı kanser, obezite, Tip 2 diyabet, hiperkolesterol, katarakt, hipertansiyon ve gastroentestinal hastalıklar gibi birçok hastalığın önlenmesi ve tedavi edilmesinde kullanılmaktadır (Taşçı ve Koca, 2019).

Dünya 2019 yılı soğan üretimi; 138 ülkede yaklaşık 5,2 milyon ha alanda, 100 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Üretim genel olarak artış eğilimindedir. Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) 2019 yılı verilerine göre Türkiye, dünya kuru soğan ekim alanında 12. sırada, üretimde 5. sıradadır. Dünya kuru soğan verimi 1.925 kg/da iken Türkiye verimi 3.201 kg/da olup dünya ortalamasına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

FAO'nun 2019 yılı verileri ile Hollanda, Hindistan, Çin ve Mısır dünya kuru soğan ihracatının %53'ünü gerçekleştirmiştir. Türkiye 226 bin ton ihracatla 10. sırada yer almaktadır (Anonim, 2020).

Soğanın hem taze hem de kurutulmuş formda yaygın kullanım alanı bulunmaktadır. Kuru soğan, dünya ticaretinde oldukça önemli bir üründür ve kıyılmış, doğranmış ve toz soğan olarak çeşitli şekillerde üretimi yapılmaktadır. Kıyılmış etler, soslar, çorbalar, salata sosları ve turşu çeşnileri gibi çok çeşitli gıda formülasyonlarında lezzet katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Kumar vd., 2006; EL-Mesery ve Mwithiga, 2012).

Soğan yarı bozulabilir ve kısa bir depolama ömrüne sahiptir. Dehidrasyon, meyve ve sebzelerin nem içeriğini düşürerek raf ömrünü arttıran en basit yollardan biridir. Dehidrasyon işlemi, eşzamanlı ısı ve kütle transferi nedeniyle nemin uzaklaştırılması sürecini içeren gıda işleme endüstrisinde önemli bir adımdır. Kurutma, gıdaya daha uzun raf ömrü, daha ucuz nakliye maliyeti ve depolama sırasında daha az yer gereksinimi gibi avantajlar sağlamaktadır. Kuru soğan, ketçap, çorbalar, salata sosları, sosis ve et ürünleri, patates cipsi, kraker ve diğer birçok hazır gıda gibi çeşitli gıda ürünlerinde standart bir gıda maddesi haline gelmiştir (Lee ve Kim, 2008).

2.2.Kurutma

Kurutma, gıda raf ömrünün uzatılması için insanlık tarafından uygulanan en eski bir gıda muhafaza yöntemidir (Kumar vd., 2005). Mikroorganizmalar, gelişmeleri için gerekli olan besin öğelerini yeterli su varlığında almaktadırlar. Kurutma ile gıdaların yapılarındaki su yeterli düzeylere indirilerek kimyasal ve enzimatik reaksiyonlar engellenir ve özellikle mikroorganizmaların faaliyetlerinin durdurulması sağlanır (Kocayigit, 2010).

Ürünlerin kurutulması tarımsal ürünleri korumanın en eski ve en kolay yoludur. Gıda maddelerinin bozulmadan uzun süre muhafaza edilmesi önceden beri insanların uğraştıkları bir konudur. Tarımsal ürünlerin yaş olarak tüketilmelerinin yanında kurutma uygulaması ile değişik amaçlarla kullanılmaları, depolama şartlarının daha kolay ve ekonomik olmasından dolayı tercih edilmektedir. Bu sebeple tarımsal ürünlerin kurutulması tüm dünyada çok yaygın bir kullanım alanı bulmuştur (Kocayigit, 2010).

Kurutma yönteminin kullanılmasının amacı; su aktivitesi (a_w) değerinin güvenli sınır olarak kabul edilen düzeyin altına düşürülerek gıdaların mikrobiyolojik ve kimyasal değişmelere karşı stabil hale getirilmesi ve dayanıklılığının artırılmasıdır. Gıdalarda bozulmaya neden olan bakterilerin gelişme gösterdiği minimum a_w değeri yaklaşık 0,90'dır. Küflerin etkinliğinin son bulduğu a_w alt sınırı 0,70-0,75; Mayalarda ise minimum a_w değeri 0,85 düzeyidir. Tüm mikroorganizmaların faaliyetlerinin su aktivitesi 0,6'nın altında sonlandığı kabul edilmektedir. Kurutulmuş gıdalarda en önemli tepkime olarak bilinen Maillard Reaksiyonunun a_w 0,6-0,8 düzeylerinde en yüksek düzeyde olduğu görülmüştür (Özer, 2021).

Gıdanın yapısında bulunan su oranının azaltılması amacıyla güneş ısısından yararlanılarak uygulanan kurutma yöntemine "doğal kurutma" denir. Ancak her ürün güneşte kurutulamaz ve her üründe kullanımı da doğru değildir. Bu yöntemin birçok dezavantajı bulunmaktadır. Kurutulan ürünün açık alanda toz kapmasına, türlü türlü böcek, kuş ve benzeri hayvanların gıdalara zarar vermesine neden olmaktadır. Gıdaların doğal kurutma yöntemi ile kurutulması için geniş alanlara gereksinim vardır. Kuruma işlemi çok yavaştır ve kuruma süresi uzun sürmektedir. Genellikle su oranı %15'te kalmakta ve daha aşağılara inilememektedir. Bu olumsuz yönleri dolayısıyla doğal kurutma çoğu gıdada elverişli değildir (Soysal, 2004).

Kapalı alanlarda, kontrol edilebilir koşullar altında yapılan kurutma yöntemi ise "yapay kurutma" olarak adlandırılır (Kocayigit, 2010). Doğal kurutma işleminde uzun kuruma süresi, ürünün dışsal faktörlere açık olması ve besin değerlerinde kayıp yaşanması ürünlerin kalitesinde oluşan kayıplara ve ekonomik değer kaybına neden olmaktadır. Bu sebeple kurutma işleminin özel amaçlı yapay kurutucularda gerçekleştirilmesi, kuruma süresini kısaltmakta, raf ömrünü uzatmakta ve yüksek kaliteli, temiz ürün elde edilmesine imkan vermektedir (Darıcı ve Şen, 2012).

Gıdaları kurutma yöntemi ile değerlendirme diğer yöntemlere göre

- Kuru madde artışı
- Kullanıma hazır olma
- Dayanıklılık süresinde artış
- Kitle yoğunluğunda olumlu yönde değişim
- Besin öğelerinde zenginleşme gibi üstünlükler sağlamaktadır (Kocayigit, 2010).

Tarımsal ürünleri korumak için yapay kurutmanın kullanımı giderek genişlemekte ve kurutma işlemlerinde gerekli olan büyük miktardaki enerjiyi azaltan daha hızlı kurutma tekniklerine ve yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kurutma hızını artıran ve kurutulmuş soğan kalitesini iyileştiren yeni ve yenilikçi teknikler büyük ilgi görmektedir. Soğanın kurutulmasında görülebilen başlıca kalite sorunları, kurutulmuş soğanların lezzet kaybı, renk bozulması ve zayıf rehidrasyon özellikleridir. Soğan aroması ve rengi genellikle önemli kalite özellikleri olarak algılanmaktadır (Kumar vd., 2005).

2.2.1. Gıdalarda kurutma yöntemleri

Infrared kurutma

Infrared radyasyonla ısıtma uygulaması, geleneksel ısıtmaya göre daha avantajlı bir yöntemdir ve bu nedenle gıda işlemede popülerlik kazanmaktadır. Infrared kurutmanın önemli özelliklerinden bazıları daha hızlı ve verimli ısı transferi, daha düşük işlem maliyeti, homojen ürün ısıtması ve işlenmiş ürünün daha iyi organoleptik ve besin değerine sahip olmasıdır (Sorour ve El Mesery, 2014).

IR radyasyonu sebze veya meyveleri ısıtmak veya kurutmak için kullanıldığı zaman, radyasyon maruz kalan sebze veya meyvenin yüzeylerine çarpar ve nüfuz eder ve radyasyon enerjisi ısıya dönüştürülür. Penetrasyon derinliği, sebze ve meyvelerin bileşimine, yapısına ve IR ışınımının dalga boylarına bağlıdır. Bir gıda ısınlamaya maruz kaldığında, gıda yoğun bir şekilde ısıtılır ve gıda boyunca sıcaklık gradyanı kısa bir süre içinde azalır. Ayrıca, ısıtma periyodlarını soğutmanın takip ettiği aralıklı IR ısınlamasının uygulanması, nemin çekirdekten yüzeye doğru yoğun bir şekilde yer değiştirmesini sağlamaktadır. Nemin yer değiştirmesi, geleneksel kurutmaya kıyasla daha yüksek ısı transfer hızına neden olur ve sebze ve meyveler daha homojen bir şekilde ısıtılır ve bu da daha iyi kalite özelliklerine yol açar (Kumar vd., 2005).

Sıcak hava ile kurutma

Gıda içerisindeki nemin buharlaştırılması ve gıda yüzeyinden uzaklaştırılması için sıcak ve kuru hava kullanılmaktadır. Sıcak ve kuru hava gıda üzerinden karşı yönde ya da aynı yönde geçirilmektedir. Isı akışı sıcaklık farkının etkisi ile sıcak havadan soğuk

gıdaya doğru gerçekleşmekte ve buharlaşma meydana gelmektedir. Su buharı da nemli gıdadan kuru havaya doğru geçer (Ertekin Filiz, 2015).

Liyofilizasyon

Dondurarak kurutma, donmuş bir üründen suyun süblimleştirilmesi yoluyla dehidrasyonuna dayanır. Sıvı formda suyun olmaması ve dondurarak kurutma için gereken düşük sıcaklıklar nedeniyle, bozulma ve mikrobiyolojik reaksiyonların çoğu geciktirilerek yüksek kaliteli bir nihai ürün elde edilir (Rawson vd., 2011).

Liyofilizasyonda, su veya herhangi bir çözücü, vakum ortamında bulunan üründen süblimasyon ile buhar olarak ayrıştırılmaktadır. Diğer kurutma yöntemlerine kıyasla en kaliteli ürüne liyofilizasyonda ulaşılmaktadır. Bu yöntemde, süblimasyonun meydana geldiği yüzeyin donmuş olması nedeniyle en önemli faktör olan yapısal sertlik sağlanmaktadır. Bu yapısal sertlik, ürün kurutulduktan sonra, kurutulmuş ürünün şeklinin bozulmamasını da sağlar. Sonuçta Liyofilizasyon ile kurutulan ürüne yeniden su eklendiği zaman büzülmemiş gözenekli yapısı sayesinde hızlı bir şekilde içerisine su alarak (rehidrasyon) kurutmadan öncesi yapısına çok yakın bir yapıya sahip olur (Kayhan, 2008).

Vakum kurutma

Vakum kurutma, kuruması uzun süren gıdaları kurutmada kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda vakum kurutmanın, kurutma işlem süresini diğer yöntemlere kıyasla çok kısalttığı görülmüştür. Vakum gıdadaki suyun düşük sıcaklıklarda atmosferik koşullardan daha kolay buharlaşmasını sağlamak ve daha önemlisi, su uzaklaştırılırken ortamda hava yoktur bu yüzden oksidasyon reaksiyonları azaltılmış olmaktadır. Vakum altında kurutma yöntemi ile kurutulmuş ürünlerde renk, tekstür ve aroma iyi bir şekilde korunabilmesi sağlanmaktadır (Erbay ve Küçüköner, 2008).

Mikrodalga kurutma

Mikrodalga kurutma sırasında yüksek frekanslı dalgalar ürünün içinden hızla geçer ve geçerken absorblanarak ısı enerjisine dönüşür ve ürün içerisindeki su böylelikle buharlaştırılmış olur. Mikrodalga ile kurutulmuş gıdanın iç sıcaklığı yüzey sıcaklığından

daha yüksektir. Bu yöntemde konvansiyonel kurutma yöntemine kıyasla daha dinamik bir nem transferi gerçekleşmektedir (Karabacak, 2015).

Mikrodalga hacimsel ısıtma sağlayan dielektrik ısıtma tekniklerinden biridir. Hacimsel ısıtma ile ısı gıdanın içerisinde oluşturulur, mikrodalga'nın ürün penetrasyonu fazladır ve su molekülleri tarafından absorbe edilmektedir, bundan dolayı, ürünler geleneksel yöntemle kıyasla daha az sürede hedeflenen sıcaklık düzeylerine getirilmektedir. Bu nedenle mikrodalga ile kurutma yöntemi, geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığında daha hızlı ısınma sağlamaktadır. Enerji ihtiyacı düşüktür; fakat enerji verimi yüksektir. Ayrıca ekipmanları kolay temizlenebilir, az yer kaplar, ambalajlı gıdalara da uygulanabilir ve besin değerinde koruma sağlamaktadır. Bu gibi avantajları sebebiyle geleneksel yöntemler için bir alternatif olabilmektedir (Başkaya Sezer ve Demirdöven, 2015).

2.3. Kırmızı Soğanın Kurutulması ile İlgili Çalışmalar

Kim vd. (2008), soğan dilimlerini (4mm) 0.66 m/s hava hızında laboratuvar ölçekli bir konvektif sıcak hava kurutucuda 50-60-70 °C kurutma havası sıcaklıklarında tek bir tabakada dehidre etmişlerdir. Kurutma havası sıcaklığının kurutma kinetik özellikleri üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Soğan dilimlerinin bu kurutma koşulları altında 210-460 dakika içinde kuruyacağını bulmuşlardır. Dehidrasyon sırasında nem transferini, Fick'in difüzyon modelini uygulayarak tanımlamış ve etkili yayılma gücünün 1.345×10^{-8} ile 2.658×10^{-8} m²/s arasında değiştiğini saptamışlardır. Literatürde mevcut olan 9 ince tabaka kurutma modelini deneysel kurutma eğrilerine uydurmak için doğrusal olmayan bir regresyon prosedürü kullanmışlardır. Logaritmik modelin, diğer modellere kıyasla deneysel kurutma verilerine daha iyi uyum sağladığı sonucuna varmışlardır. Sıcak hava kurutma işlemi sırasında etkin yayılımın sıcaklığa bağlılığı tahmini aktivasyon enerjisi 31.36 kJ/mol olan Arrhenius ilişkisine uyumlu olduğunu görmüşlerdir. Kurutma havası sıcaklığının kurutma modeli sabitleri ve katsayıları üzerindeki etkisini de belirlemişlerdir.

Olalusi (2014), yaptığı çalışmada konvektif kurutucuda kırmızı ve beyaz soğan çeşitlerinin (*Allium cepa*) kuruma özelliklerini araştırmıştır. 2 mm kalınlıklarında soğan dilimlerini 50°C, 60°C ve 70°C hava sıcaklıklarında kurutmuş, kurutma deneyleri sırasında, hava hızını 0,9m/s'de sabit tutmuştur. Hava sıcaklığının kurutma karakteristikleri ve C ve D vitaminleri, makro mineraller (Mg, Na, P, Ca ve K), enzimatik

olmayan esmerleşme ve kurutulmuş soğan dilimlerinin tiyosülfanat içeriği gibi kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemiştir. Mekanik kurutma testlerinden elde edilen kurutma eğrilerinin her biri için, soğanlar higroskopik olduğundan ve higroskopik gıdalar hızla düşen hız periyoduna girme eğiliminde olduğundan, sabit hız periyodunun yokluğu veya çok kısa bir görünümünün olduğunu gözlemlemiştir. Nem içeriğini belirli bir değere düşürmek için gereken sürenin, kurutma koşullarına bağlı olduğunu ve kurutma süresinin 0,9 m/s 50°C hava sıcaklığında en uzun, hava hızı 0,9 m/s ve 70°C hava sıcaklığında ise en kısa olduğunu gözlemlemiştir. Isıya duyarlı bir bileşik olan C vitamini kaybının, 50°C hava sıcaklığında en az olduğunu saptamıştır.

Sharma vd. (2004), laboratuvar ölçeğinde bir infrared-konvektif kurutucu geliştirmiş ve soğan dilimlerinin (6mm) tek katmanlı kurutulmasını 300, 400 ve 500 W'lık infrared güç seviyelerinde, 35, 40 ve 45 °C kurutma havası sıcaklıklarında ve 1,0, 1,25 ve 1,5 m/s giriş kurutma hava hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Kuruma süresinin, infrared gücü 300'den 500 W'a, hava sıcaklığı 35-45°C'ye ve hava hızı 1,0'dan 1,5 m/s'ye yükseltildiğinde yaklaşık 2,25 kat azaldığını saptamışlardır. Etkili nem yayılımının, $0,21 \times 10^{-10}$ ile $1,57 \times 10^{-10} \text{ m}^2/\text{s}$ arasında değiştiğini; infrared güç ve hava sıcaklığından önemli ölçüde etkilendiğini bildirmişlerdir. Kuru soğan dilimlerinin rehidrasyon oranını 4.5 ve 5.3 aralığında bulmuşlardır.

Sharma vd. (2005), bir infrared-konvektif kurutucu geliştirmiş ve 6mm kalınlıkta kırmızı soğan dilimlerinin infrared ışınlama ile ince tabaka kurutulmasını 300, 400 ve 500 W infrared güç seviyelerinde, 35, 40 ve 45°C hava sıcaklıklarında ve 1,0, 1,25 ve 1,5 m/s hava hızlarında gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada kurumanın düşen hız periyodunda meydana geldiği gözlenmiştir. Belirli bir hava sıcaklığında ve hızında infrared gücün artmasıyla kuruma hızının arttığı ve böylece kuruma süresi azaldığı tespit edilmiştir.

El vd. (2012), yaptıkları çalışmada kurutma deneylerini iki tip konvektif sıcak hava kurutucu (dikey ve yatay) kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Bir kurutucuda sıcak hava ince soğan dilimi katmanından dikey olarak geçirilirken ikinci kurutucuda sıcak hava ince tabakaya paralel olarak geçirilmiştir. Kurutma havası sıcaklıkları 50, 60 ve 70 °C iken, hava hızını 0,5 1,0 ve 2,0 m/s'ye ayarlamışlardır. Yukarıda belirtilen deneysel parametreler altında soğan dilimlerinin kurutma davranışını Newton, Henderson ve Pabis, Page ve Modifiye Page modellerini kullanarak incelemiştir. Sonuçları, belirleme katsayısı (R^2) ve standart hata (SE) uyumluluğu açısından

karşılaştırmışlardır. Page modelinin, soğan dilimlerinin kuruma davranışını tanımlamada diğer modellerle karşılaştırdıklarında en iyi model olduğunu saptamışlardır. Dikey konvektif sıcak hava kurutucusuna kıyasla yatay konvektif sıcak hava kurutucusunda kuruma süresi önemli ölçüde daha az iken, yüksek sıcaklıklarda kurutulmuş soğan dilimlerinin genellikle daha yüksek rehidrasyon oranlarına sahip olduğu sonucuna varmışlardır.

Asiah vd. (2017), yaptığı çalışmada, kırmızı soğanları nemi alınmış hava ile 40, 50 ve 60°C'de kurutmuş, kırmızı soğan tabakasının mikroskobik yapısını incelemiş ve ardından kurutma sırasında nem difüzyonu için kütle transfer modeli geliştirmişlerdir. Nem yayılımı, Fick'in ikinci yasa modelinin kararsız hal çözümleri kullanılarak çeşitli sıcaklıklarda (40, 50 ve 60°C) gerçekleştirilen kurutma deneylerinden tahmin edilmiştir. Yayılma değerleri, farklı hava bağıl nemi için etkin kuruma süresinin yanı sıra kuruma kinetiğini tahmin etmek için kullanılmıştır. Sabit sıcaklıkta bağıl nem azaldıkça denge nem içeriğinin azaldığı gözlemlenmiş, düşük bağıl nem ve düşük kurutma sıcaklığı kombinasyonunun kuruma hızını önemli ölçüde iyileştirdiği ve kuruma süresini azalttığı tespit edilmiştir.

Pérez-Gregorio vd. (2011), dondurarak kurutma işleminin ve depolamanın soğan flavonoid içeriği üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Sonuç olarak kırmızı soğanda 18 flavonoid tespit edilmesine rağmen sadece iki kuarsetinin (3,40-O-diglucoside ve quercetin 40-O monoglucoside) önemli seviyelerde bulunduğunu tespit etmiş ve dondurarak kurutma işleminin taze kırmızı soğan örneklerinin toplam flavonol ve antosiyanin seviyeleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kurutma materyali olarak kırmızı soğan kullanılmıştır. Kullanılacak kırmızı soğanlar (Şekil 3.1) Isparta’da yerel manavdan temin edilip kurutma işlemi gerçekleştirilene kadar oda sıcaklığı şartlarında (22°C) muhafaza edilmiştir.



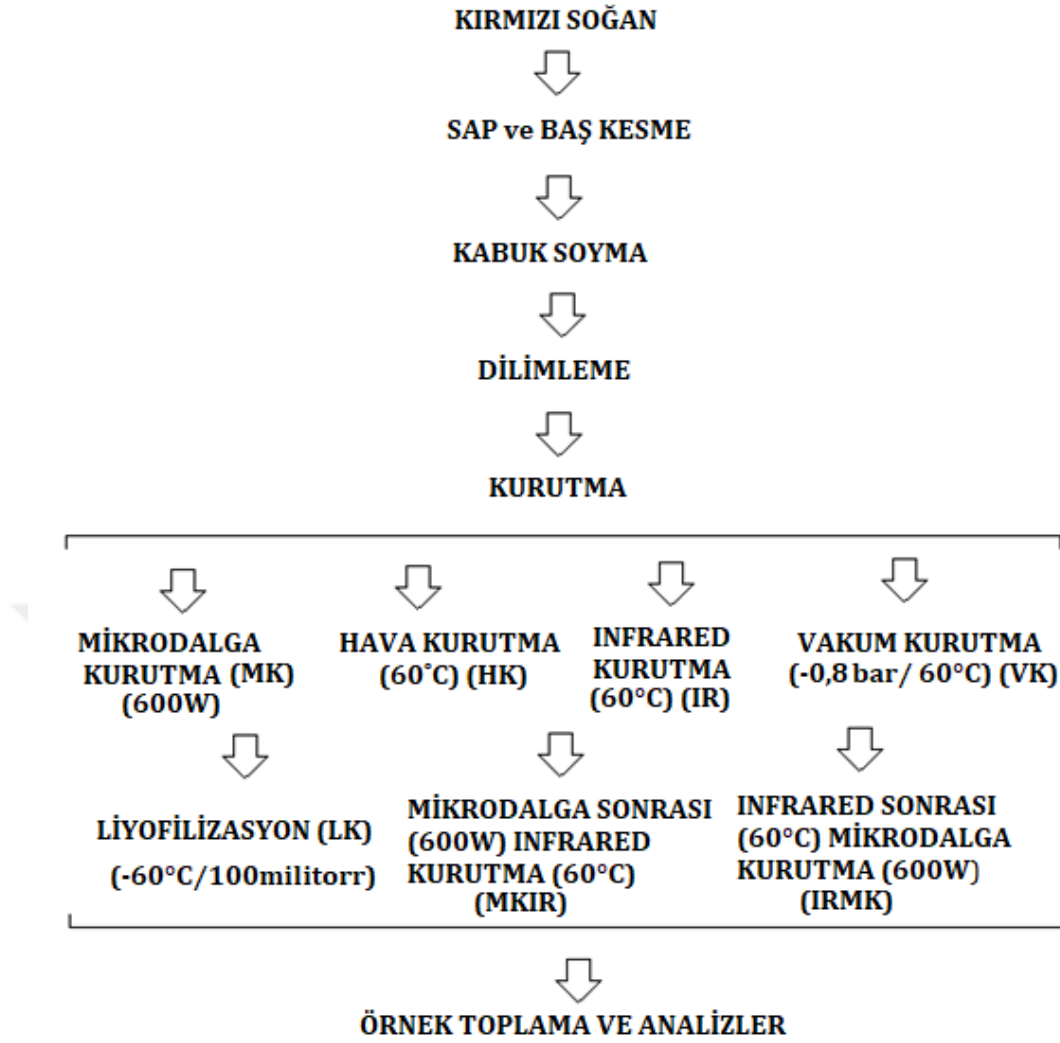
Şekil 3.1. Kırmızı Soğan

3.2. Yöntem

Kırmızı soğan sap ve baş kısımları kesilerek kabukları soyulmuş sonrasında homojen olarak Şekil 3.2’de verilen paslanmaz çelik bıçaklı dilimleme makinesi (Arisco, HBS-220, Türkiye) ile 3 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenen soğanlar herhangi bir kurutma ön işlemine tabii tutulmadan 7 farklı kurutma yöntemi ile kurutulmuştur. Kırmızı soğan kurutma üretiminin akış şeması Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Paslanmaz Çelik Bıçaklı Dilimleme Makinesi



Şekil 3.3. Kırmızı Soğan Kurutması Üretiminin Akış Şeması

Kurutmada uygulanacak güç ve sıcaklıklar yapılan ön denemelerle belirlenmiştir. Sıcak hava kurutma için 50-60-70°C'de kurutma yapılmıştır. Kurutulan örneklerin rengine, rehidrasyon kapasitesi ve duyusal analiz sonuçlarına göre hava kurutma için 60°C'de çalışılması uygun bulunmuştur. Mikrodalga kurutma işlemi için 3 farklı güç (180-360-600W) denenmiş, 180W gücünde işlemin uzun sürmesi nedeniyle 180W gücünden vazgeçilmiş, rehidrasyon kapasitesi ve duyusal analiz sonuçlarının daha iyi olması nedeniyle 600W gücünde kurutma işlemine karar verilmiştir. Infrared kurutma için de 50, 60 ve 70°C sıcaklıkları arasından rehidrasyon kapasitesi, renk ve duyusal analiz sonuçlarına göre 60°C'nin uygun olduğu bulunmuştur.

3.2.1. Kırmızı soğanın sıcak hava ile kurutulması

Kırmızı soğanlar sap ve baş kısımları kesilerek kabukları soyulmuş ve paslanmaz çelik bıçaklı dilimleme makinesi ile 3 mm kalınlığında dilimlenmiş, ön işlem uygulanmaksızın 60°C'de kurutma fırınında kurutulmuştur. Kurutma her 20 dakikada bir tartım alınarak sabit tartım ağırlığına gelene kadar devam etmiştir. Kurutulan örnekler vakum poşetlerine konulup vakumlanarak -18°C'de muhafaza edilmiştir. Örneklerin sıcak hava ile kurutulması Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.4. Kurutma fırını (a), Kırmızı soğan dilimlerinin kurutucudaki yerleşimi (b), örneğin sabit tartım için tepsiye dizilişi (c), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (d)

3.2.2. Kırmızı soğanın mikrodalga ile kurutulması

Mikrodalgada (mutfak tipi Bosch 5870 GH, Almanya) (Şekil 3.5) kurutulacak kırmızı soğanlar aynı şekilde sap ve baş kısımları kesilerek kabukları soyulmuş, paslanmaz çelik bıçaklı dilimleme makinesiyle 3 mm kalınlığında dilimlenerek 600W gücünde kurutulmuştur. Kurutulan ürünler -18°C' de vakumlu poşetlerde muhafaza edilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.5. Mikrodalga fırını (a), Kırmızı soğan dilimlerinin mikrodalgadaki yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)

3.2.3. Kırmızı soğanın liyofilizasyon ile kurutulması

Kırmızı soğanlar aynı şekilde dilimlenerek -18 °C'de 48 saat dondurulmuş ardından örnekler nem kapmadan, liyofilizatöre (VirTis k2 ABD) alınmıştır (Şekil 3.6). Vakum ayarı ve uygun koşullar 100 militorr (0,1333 milibar), -60°C sağlandığında kurutma işlemi başlatılmıştır. Kurutulan örnekler vakum poşetlerine konulup vakumlanarak -18 °C'de muhafaza edilmiştir. Örneklerin liyofilizasyon ile kurutulması Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.6. Liyofilizatör cihazı (a), Kırmızı soğan dilimlerinin liyofilizatördeki yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)

3.2.4. Kırmızı soğanın vakum altında kurutulması

Kırmızı soğan dilimleri vakumlu kurutucuda vakum altında -0,8 bar basınçta 60°C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kurutma işlemi 15 dakikada bir tartım alınarak sabit tartım ağırlığına gelene kadar devam etmiştir. Kurutulan ürünler vakum poşetlerine konulup vakumlanarak -18°C'de depolanmıştır. Örneklerin vakum ile kurutulması Şekil 3.7' de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.7. Vakumlu Kurutma Makinesi (a), Kırmızı soğan dilimlerinin vakumlu kurutma makinesindeki yerleşimi (b), kurutma sonrası kırmızı soğan dilimleri (c)

3.2.5. Kırmızı soğanın infrared kurutulması

Kırmızı soğan dilimlerinin infrared kurutulması 60°C'de, infrared teknolojisi ile ısı vererek ölçüm yapan nem tayini cihazında (RADWAG MA 50.R) yapılmıştır. Kurutma işlemi süresince belirli aralıklarla ürün ağırlıklarında meydana gelen azalma cihaz ekranı üzerinden okunarak kaydedilmiştir. Kurutulan örnekler vakum poşetlerine konulup vakumlanarak -18°C'de muhafaza edilmiştir. Örneklerin infrared kurutulması Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.8. Infrared teknolojisiyle çalışan nem tayin cihazı (a), Kırmızı soğan dilimlerinin cihaz içine yerleşimi (b), kurutma sonrası paketlenmiş kırmızı soğanlar (c)

3.2.6. Kırmızı soğanın mikrodalga sonrası infrared sonlandırmalı kurutulması

MKIR yönteminde kırmızı soğan dilimleri öncelikle mikrodalga ile kurutulmuş, kurutma 320. saniyede durdurularak bu noktadan sonra infrared kurutma ile tamamlanmıştır. 320.saniye, mikrodalga kurutma sırasında alınan ağırlık ölçümleriyle oluşturulmuş grafikten belirlenen kritik nem seviyesine göre belirlenmiştir. Kurutulan ürünler vakumlu poşetlerde -18°C'de muhafaza edilmiştir.

3.2.7. Kırmızı soğanın infrared sonrası mikrodalga sonlandırmalı kurutulması

IRMK yönteminde kırmızı soğan dilimleri öncelikle infrared kurutma ile 40 dakika kurutulmuştur. 40.dakikadan sonra mikrodalga kurutma ile tamamlanmıştır. 40.dakika, infrared kurutma sırasında alınan ağırlık ölçümleriyle oluşturulmuş grafikten belirlenen kritik nem seviyesine göre belirlenmiştir. Kurutulan ürünler vakumlu poşetlerde -18°C'de muhafaza edilmiştir.

3.3. Analiz Yöntemleri

3.3.1. °Briks (suda çözünür kuru madde) tayini

Kırmızı soğanların °Brix değerleri Cemeroğlu (2010)'na göre belirlenmiştir. Sadece başlangıçtaki taze kırmızı soğanda ölçüm yapılmış olup analizde dijital refraktometre (HANNA HI 96801, Romanya) kullanılmıştır.

3.3.2. pH tayini

Taze örneklerin pH'sı InoLab pH Level 1 (Weilheim, Almanya) marka pH metre kullanılarak Cemeroğlu (2010)'na göre gerçekleştirilmiştir. pH ölçümü soğan suyuna dijital pH metrenin cam elektrotlarının daldırılmasıyla yapılmıştır.

3.3.3. Su aktivitesi

Örneklerin su aktivitesi Novasina marka (LabSwift, Lachen, İsviçre) su aktivitesi ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Örnekler cihazın özel kabına küçük parçalar halinde yerleştirilmiştir ve oda sıcaklığında ortam ile dengeye gelen örneklerin su aktivite değeri cihaz ekranından okunarak belirlenmiştir.

3.3.4. Boyut analizi

Boyut ölçümü soğanın farklı noktalarında dijital kumpas kullanılarak yapılmış ve değerlerin ortalaması alınmıştır.

3.3.5. Toplam kuru madde analizi

Toplam kuru madde analizi nem tayini cihazı (RADWAG MA 50.R) kullanılarak yapılmıştır. Kurutma öncesi ve kurutma sonrası ürünlerin % nem değerleri 105°C sıcaklıkta belirlenip toplam kuru madde değerleri hesaplanmış ve sonuçlar %KM olarak verilmiştir.

3.3.6. Rehidrasyon kapasitesinin ölçümü

Kurutulmuş kırmızı soğan örneklerinin rehidrasyon kapasitesi ölçümü Lewicki vd. (1998)'na göre yapılmıştır. Bir beher içine kurutulmuş kırmızı soğanlardan birer gram tartılarak üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Rehidrasyon işlemine 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 saat boyunca devam edilmiş ve her zaman aralığında örnekler beher içinden alınıp dış kısmındaki nem uzaklaştırılarak tartım yapılmıştır. İşlem oda sıcaklığında gerçekleştirilmiş ve rehidrasyon oranı (1) nolu eşitlik kullanılarak; rehidrasyon kapasitesi ise (2) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

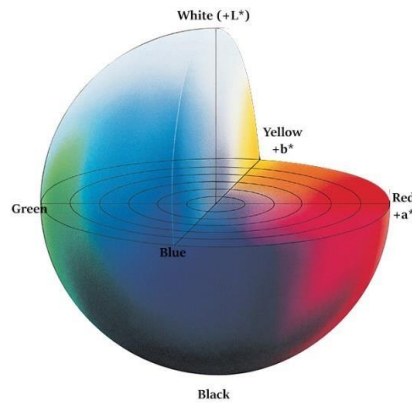
$$RO = \frac{(w_t - w_d)}{w_d} \times 100 \quad (1)$$

$$RK = \frac{m_3}{m_1 - m_2} \quad (2)$$

Eşitlik (1)'de, RO rehidrasyon oranını, W_t herhangi bir zamandaki ürün ağırlığını (g), W_d kuru ürün ağırlığını (g) temsil etmektedir. Eşitlik (2)'de ise RK rehidrasyon kapasitesini, m_1 materyalin tazeyken içerdiği su miktarını (g), m_2 materyalin kurutulduktan sonra içerdiği su miktarını (g), m_3 ise rehidrasyonda kazanılan su miktarını (g) temsil etmektedir.

3.3.7. Renk analizi

Taze ve kurutulmuş örneklerde renk tayini Mohammadi vd. (2008)'ne göre yapılmıştır. Minolta CR 400 model (Osaka, Japan) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. C.I.E renk sistemine göre L^* , a^* , b^* değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3.9. C.I.E Renk Skalası (Anonim, 2018)

Renk skalası; L* değeri [(0) Siyah – (100) Beyaz], a* değeri [(-60) Yeşil – (+60) Kırmızı], b* değeri [(-60) Mavi – (+60) Sarı] şeklinde belirtilmiştir (şekil 3.9). Ürünlerin ΔE (kuruma sırasında başlangıç ürüne göre meyvedeki renk değişimini) değeri eşitlik (3)'e göre hesaplanmıştır.

$$\Delta E = [(L_0 - L)^2 + (a_0 - a)^2 + (b_0 - b)^2]^{1/2} \quad (3)$$

3.3.8. Esmerleşme indeksi

Kurutulmuş ürünlerin esmerleşme indeksi Mohammadi vd. (2008)'ne göre aşağıda verilen eşitlik (4) ve (5) yardımı ile hesaplanmıştır.

$$BI = \frac{100(x-0,31)}{0,17} \quad (4)$$

$$x = \frac{a+1,75L}{(5,645L+a-3,012b)} \quad (5)$$

3.3.9. Kuruma eğrilerinin oluşturulması ve kuruma hızının hesaplanması

Kuruma eğrileri ürünün nem içeriğinin zamana karşı değişiminin grafiğe geçirilmesiyle oluşturulmuştur. Kuruma hızı belirli bir t anındaki nem miktarının kuru madde miktarına bölünmesiyle elde edilen (X) değeri kullanılarak hesaplanmıştır (Velic vd., 2004). Hesaplama Eşitlik (6) kullanılmıştır.

$$\text{Kuruma Hızı (DR)} = \frac{L_s}{A} x \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (6)$$

Burada A kurutma tepsisi yüzey alanını (m²), L_s kuru madde miktarını (g), ifade etmektedir. Kurutma işleminde kullanılan kurutma tepsisinin yüzeyinin delikli olmasından dolayı kuruma iki yüzeyden gerçekleşmiş ve dolayısıyla hesaplamada tepsi yüzey alanının iki katı alınmıştır (Uslu, 2015).

3.3.10. Ekstraksiyon

Kurutulmuş 2 g soğan örneği 20 ml %70 (v/v) lik metanol ile karıştırılmış ve ultraturrax ile homojenize edilmiştir. Ardından ekstrakt 3000 rpm'de 15 dk santrifüj edilmiş ve tüplerden alınan süpernatant filtre kağıdı ile filtre edilip Toplam Fenolik

Madde ve Antioksidan Aktivite tayininde kullanılmak üzere +4°C'de saklanmıştır (Sezer, 2017).

3.3.11. Toplam fenolik madde analizi

Taze ve kurutulmuş örneklerin toplam fenolik madde miktarı Folin–Ciocalteu yöntemine göre belirlenmiştir. Yönteme göre örnek tüplerine 40 µl ekstrakt ve 2,4 ml saf su eklenerek vorteksle karıştırılmıştır. Ardından 0,2 ml folin ajanı eklenerek tüpler vortekslenmiştir. Son olarak ortamın pH'sını ayarlamak amacıyla bir tampon çözelti olan doymuş sodyum karbonat çözeltisinden 0,6 ml eklenmiş ve 0,76 ml saf su ilavesinin ardından tüpler tekrar vortekslenerek 2 saat karanlıkta bekletilmiştir. Beklenen süre sonunda şahit çözeltiye karşı absorbansı spektrofotometrede (T70+UV/VIS spectrophotometer, PG Instruments, England) 765 nm'de okuma yapılarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar gallik asit standart kalibrasyon eğrisi kullanılarak gallik asit eşdeğeri miligram olarak ifade edilmiştir. Analiz 3 paralelli olarak yapılmıştır.

3.3.12. Antioksidan aktivitesi tayini

Taze ve kurutulmuş örneklerin antioksidan aktivitesi DPPH (2,2-difenil-1-pikrihidrazil) radikalini yakalama kabiliyetine dayanarak ölçülmüştür. Yönteme göre örnek ekstraktlarından 50 µl alınmış ve üzerine 450 µl Tris çözeltisi eklenip tüpler vortekslenmiştir. Ardından 0,8 ml metanol ve 0,2 ml DPPH çözeltisi eklenerek tüpler tekrar vortekslenmiş ve 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Beklenen süre sonunda spektrofotometrede 515 nm'de okuma yapılarak absorbans ölçülmüştür.

3.3.13. Askorbik asit tayini

L-askorbik asit içeriği Cemeroğlu (2013)'na 2,6-diklorofenolindofenol çözeltisi kullanılarak titrimetrik yöntem ile ölçülmüş ve sonuçlar kuru maddede mg/100 g olarak ifade edilmiştir.

50 mg 2,6 diklorofenolindofenol 50 ml sıcak suda çözündürülüp üzerine 42 mg sodyum bikarbonat eklenmiş ve hacim 200 ml'ye tamamlanıp süzülerek boya çözeltisi hazırlanmıştır. Standart askorbik asit çözeltisinin hazırlanması için 50 mg askorbik asit 250 ml okzalik asit çözeltisi içinde çözündürülmüştür. Hazırlanan askorbik asit çözeltisi

ve okzalik asit çözeltisinden bir erlenmayer içine 5'er ml alınarak bürete doldurulmuş boya çözeltisi ile titre edilmiştir. Titrasyon 15 sn süreyle kaybolmayan hafif pembe bir renk oluşana kadar sürdürülmüş ve harcanan boya hacmi kaydedilmiştir. Harcanan (ml) boya çözeltisi 1 mg askorbik aside eşdeğerdir. Buna göre çözelti faktörü aşağıdaki Eşitlik (7) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Boya çözeltisinin faktörü (F)} = \frac{1}{\text{Harcanan boya çözeltisinin hacmi}} \quad (7)$$

Örneklerin titrasyonu için soğanlar okzalik asit ile ekstrakte edilmiştir. Taze örnek için 5 g tartılıp üzerine 50 ml okzalik asit eklenerek ultraturrax ile homojenize edilmiş ve filtre kağıdından süzölmüştür. Kurutulmuş örneklerden ise 1 g tartılarak üzerine 25 ml okzalik asit eklenmiş ve aynı işlemler uygulanmıştır. Titrasyon için oluşturulan ekstraktlardan 5'er ml çekilerek boya çözeltisi ile titre edilmiş ve harcanan hacimler kaydedilmiştir. Eşitlik (8) ve (9) yardımı ile mg/100 g cinsinden askorbik asit içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Gerçek örnek miktarı (m)} = \frac{\text{Tartılan örnek miktarı}}{\text{Örnek miktarı} + \text{Eklenen su miktarı}} \times \text{Titrasyon için alınan miktar} \quad (8)$$

$$\text{Askorbik asit} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{VF}{m} \times 100 \quad (9)$$

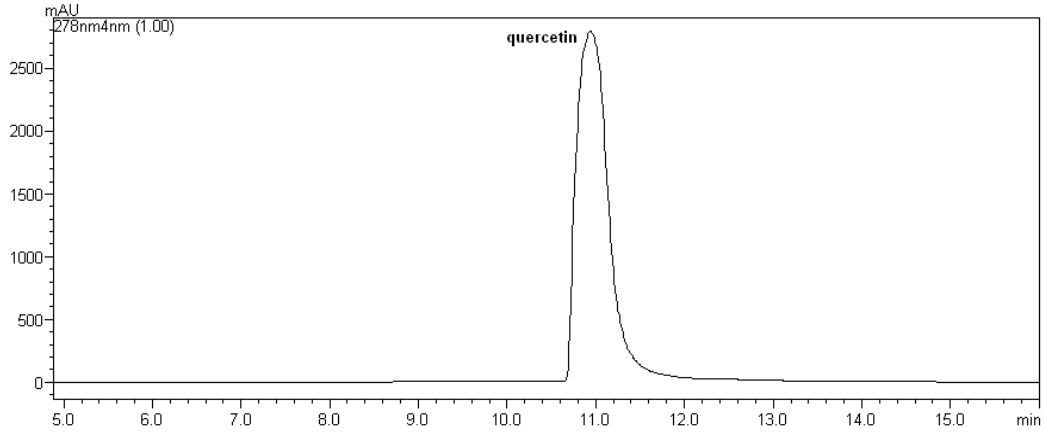
3.3.14. Kuarsetin analizi

Kuarsetin analizi Hertog vd. (1992)'un kullandığı yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Numunelerden 1'er gram tartılıp %50 metanol içinde 1,2M HCl içeren karışımdan 20 ml eklenmiştir. Homojenizatörde iyice parçalandıktan sonra numuneler ağız kapalı olarak 80°C'de 30 dakika bekletilmiş ve süzölüp HPLC'ye enjekte edilmiştir. Standart kromatografisi Şekil 3.10'da verilmiştir.

Kullanılan Shimadzu Marka HPLC cihazı ile ilgili özellikler

- Dedektör: SPD-M 10A vp DAD dedektör ($\lambda_{\text{max}}=278\text{nm}$)
- Auto sampler: SIL-10AD vp
- System controller: SCL-10Avp
- Pump: LC-10ADvp
- Degasser: DGU- 14A
- Column oven: CTO-10Avp

- Kolon: Agilent Eclipse XDB-C18 (250x4,60 mm) 5 mikron
- Mobil faz: A: %3 asetik asit, B: Metanol (50:50)
- Akış Hızı: 0.8 mL / dakika
- Kolon sıcaklığı: 30°C
- Enjeksiyon hacmi: 20 mikrolitre



Şekil 3.10. Kuarsetin standart kromatogramı

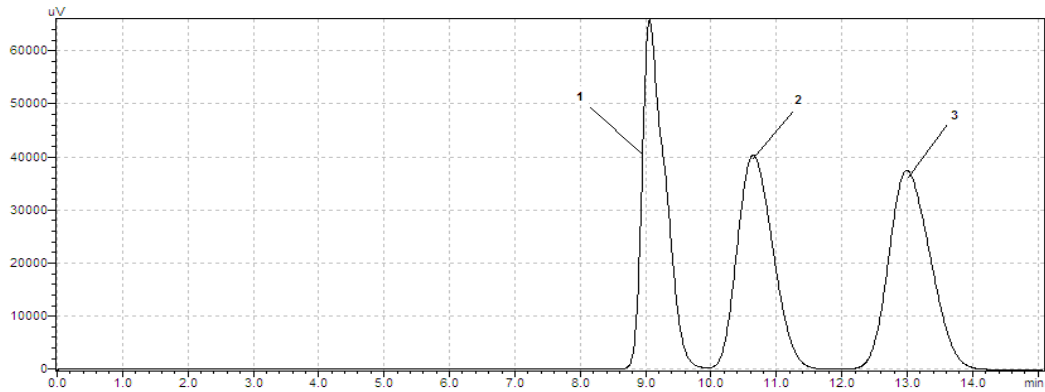
3.3.15. Şeker analizi

Taze ve kurutulmuş kırmızı soğanlarda şeker tayini Veberic ve Stampar, (2005)' ın kullandığı yöntem modifiye edilerek yapılmıştır. Kurutulmuş soğandan 1 g tartılıp üzerine 20 ml su eklenmiş, taze soğandan ise 5 g tartılıp üzerine 10 ml su eklenmiştir. Homojenizatörde parçalandıktan sonra 5 dk. karıştırılmış ve bu karışım filtre kağıdından süzölmüştür. Süzöntü 0,45 µm'lik filtreden geçirilip 20 µl'si HPLC'ye enjekte edilmiştir. Sonuçlar mg/g KM olarak verilmiştir. Standart kramotografisi Şekil 3.11'de verilmiştir.

Kullanılan Shimadzu Marka Hplc şartları:

- Dedektör: RID 10A
- Pump: LC-10ADvp
- Degasser: DGU- 14A
- Column oven: CTO-10ACvp
- Kolon: Benson polymeric BP-800 Ca (300*7,8 mm),Serial No. 30528
- Mobil faz: Saf su
- Akış Hızı: 0.6 mL / dakika
- Kolon sıcaklığı: 80°C

- Enjeksiyon hacmi: 20 mikrolitre



Şekil 3.11. Şeker içeriği standart kromatogramı; Standartlar; 1. Sukroz 2. Glikoz 3. Fruktoz

3.3.16. Aroma bileşenleri analizi

Aroma analizi Yang ve Peppard (1994)'ın uyguladığı metot modifiye edilerek yapılmıştır. 3 gram numune 65°C de fibersiz 15 dakika, fiber ile 30 dakika bekletilip 250°C de desorbe edilerek Shimadzu (Japan) GC 2010 Plus cihazında analiz yapılmıştır.

SPME Şartları;

- Kullanılan Cihaz: Shimadzu (Japan) GC- 2010 Plus/Shimadzu GCMS-QP2010 SE (Dedektör)
- Enjeksiyon Bloğu: 250°C
- Dedektör: 250°C
- Akış Hızı (ml/dakika): 1,61
- Dedektör: 70 eV
- İyonlaştırma Türü: El
- Kullanılan Gaz: Helyum
- Kullanılan Kolon: Restek Rx-5Sil MS 30 m * 0.25 mm, 0.25 um
- Sıcaklık Programı: 40°C'de 2 dakika bekledikten sonra 250°C'ye dakikada 4°C'lik artışla ulaşıldı. 250°C' de 5 dakika bekletildi.
- Kullanılan Kütüphaneler: Wiley, Nist, FFNSC
- SPME şartları: Fused silica SPME fiber CAR/PDMS 65 °C de 30 dakika.
- SPME VIAL Supelco 27159 15 mL clear PTFE /Silicone septa Cap

3.3.17. İstatistiksel analiz

Çalışmada analizler üç paralelli olarak gerçekleştirilmiştir. Veriler Minitab programı ile % 95 güven aralığında analiz edilmiş olup verilerin analizinde general lineer model kullanılmıştır. Gruplar arası farklılığın belirlenmesinde Tukey karşılaştırma testi ($p<0,05$) kullanılmıştır.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kırmızı Soğanın Başlangıç ve Kuru Ürün Değerleri

Çalışmanın bu kısmında taze kırmızı soğan numunesinde yapılan pH, kuru madde ve °Briks analiz sonuçları; kurutulmuş örneklerin toplam kuru madde, su aktivitesi, boyut analizi, rehidrasyon kapasitesi, kuruma grafikleri, renk analizi, esmerleşme indeksi, toplam fenolik madde tayini, antioksidan aktivite tayini, askorbik asit tayini, şeker analizi, kuarsetin analizi ve aroma bileşenleri analiz sonuçları verilmiştir.

4.1.1. Hammadde değerleri

Kurutma işleminde kullanılan kırmızı soğanların ortalama toplam kuru madde miktarı %11,37; °Briks değeri 7,3 ve pH değeri 5,72 olarak bulunmuştur.

4.1.2. Toplam kuru madde

Kurutma sonrası kırmızı soğanların toplam kuru madde miktarı Çizelge 4.1’de verilmiştir. Kurutma işlemi sonucunda kuru ürünün neminin %10 ve altına düşmesi hedeflenmiştir. Kurutma sonlandırmaya bağlı toplam kuru madde içeriklerinde istatistiksel farklılıklar belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.1. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kırmızı soğan örneklerinin toplam kuru madde miktarı

İşlem	Toplam Kuru Madde (%)
HK	95,07±0,33 ^a
MK	91,76±0,32 ^c
VK	93,11±0,59 ^b
LK	90,12±0,50 ^d
IR	92,19±0,34 ^{bc}
MKIR	94,66±0,42 ^a
IRMK	91,52±0,27 ^c

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ($p<0,05$).

Çizelge incelendiğinde en yüksek toplam kuru madde miktarı hava kurutma ile MKIR kurutmada daha sonra vakum kurutmada, en düşük toplam kuru madde miktarı ise

dondurarak kurutma yönteminde gözlemlenmiştir ($p<0,05$). MK, IRMK ve IR kurutmada ise toplam kuru madde içeriğinin benzer olduğu görülmüştür.

4.1.3. Boyut analizi

Farklı kurutma tekniklerinin dilimlerin kalınlığı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kurutma sonrası kırmızı soğanların dilimlerinin kalınlık değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Kurutulmuş dilimlerin kalınlık değerleri

İşlem	Kalınlık (mm)
HK	$1,60\pm0,10^{bc}$
MK	$1,90\pm0,10^{ab}$
VK	$1,83\pm0,15^{ab}$
LK	$1,10\pm0,10^d$
IR	$1,43\pm0,06^{cd}$
MKIR	$2,00\pm0,20^a$
IRMK	$1,80\pm0,10^{ab}$

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ($p<0,05$).

Çizelge incelendiğinde kuruma ile dilim kalınlıklarında en fazla azalma liyofilizasyon ile kurutmada gözlenmiştir. Dilim kalınlığının en büyük olduğu yöntem ise MKIR yöntemidir.

4.1.4. Su aktivitesi

Kurutma işlemi sonunda ürünlerin nem içeriği ve su aktivite (a_w) değerleri düşmüştür. Taze kırmızı soğan örneklerinde su aktivitesi $0,919\pm0,001$ olarak tespit edilmiş ve farklı kurutma tekniklerinin su aktivitesi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki su aktivitesi Çizelge 4.3’te verilmektedir.

Çizelge 4.3. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin su aktivitesi

İşlem	Su Aktivitesi
HK	0,355±0,004 ^c
MK	0,432±0,009 ^a
VK	0,300±0,004 ^d
LK	0,423±0,026 ^{ab}
IR	0,342±0,002 ^{cd}
MKIR	0,340±0,015 ^{cd}
IRMK	0,380±0,008 ^{bc}

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Çizelge incelendiğinde en yüksek a_w değeri mikrodalgada, en düşük a_w değeri ise vakum kurutmada görülmektedir. Tüm kurutma yöntemlerinde su aktivitesi gıdalar için güvenli bölge olarak görülen 0.70'in altına düşmüştür.

4.1.5. Toplam fenolik madde tayini sonuçları

Taze kırmızı soğan örneklerinde toplam fenolik madde miktarı 5,560±0,130 mg GAE/100g km olarak tespit edilmiştir. Farklı kurutma tekniklerinin fenolik madde değişimi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki fenolik madde miktarları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin fenolik madde içeriği

İşlem	Fenolik madde (mg GAE/100g KM)
HK	4,198±0,426 ^b
MK	5,165±0,373 ^a
VK	4,831±0,437 ^{ab}
LK	4,644±0,091 ^{ab}
IR	5,333±0,186 ^a
MKIR	5,007±0,074 ^{ab}
IRMK	5,210±0,353 ^a

^{a-b} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Infrared kurutma ve kombineli yöntem olarak geliştirilen IRMK yöntemi ile MK ve IR kurutulan örneklerin fenolik madde kaybının en az olduğu belirlenmiştir (p<0,05). En fazla fenolik madde kaybının ise havayla kurutulmuş ürünlerde olduğu saptanmıştır (p<0,05). VK ve LK'nın birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05).

Prakash vd. (2007) yaptıkları çalışmada 4 farklı soğanın farklı katmanlarındaki toplam fenolik madde miktarını araştırmışlardır. Buna göre kırmızı soğanda dış, orta ve iç katmanlarında bulunan fenolik madde miktarı sırasıyla 74,1 mg/g GAE 15,9 mg/g GAE 5,6 mg/g GAE olarak gözlemlenmiştir. Başka bir çalışmada Gökçe vd. (2010), sarı soğanın fenolik madde içeriğini 3,7 mg GAE/g kırmızı soğanın fenolik madde içeriğini benzer şekilde 2,2 mg GAE/ gr olarak belirlemişlerdir.

Çetin (2014) yaptığı çalışmada farklı soğan çeşitlerine 4 farklı ön işlem ve 4 farklı kurutma yöntemi uygulayarak soğanların kalite değişimlerini incelemiştir. Fenolik madde içeriği açısından değişimlerine bakıldığında ön işlem uygulanmamış soğanlarda en az kaybın vakum altında kurutma yönteminde olduğunu gözlemlemiş ve vakum kurutucu ile hava akımlı kabin kurutucu karşılaştırıldığında toplam fenolik madde içeriğindeki en az kaybın vakum kurutucu ile kurutulan soğanlarda olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde vakum altında kurutulan soğanların hava kurutma ile kurutulan soğanlardan daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir.

4.1.6. Antioksidan kapasitesi sonuçları

Taze kırmızı soğan örneklerinde antioksidan miktarı $2,860 \pm 0,155$ mg TE/g KM olarak tespit edilmiştir. Farklı kurutma tekniklerinin antioksidan değişimi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p < 0,05$). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki antioksidan miktarları Çizelge 4.5'te verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin antioksidan kapasitesi

İşlem	Antioksidan (mg TE/g KM)
HK	$1,452 \pm 0,055^{bc}$
MK	$1,610 \pm 0,021^{ab}$
VK	$1,268 \pm 0,170^c$
LK	$1,521 \pm 0,042^{ab}$
IR	$1,642 \pm 0,022^{ab}$
MKIR	$1,531 \pm 0,043^{ab}$
IRMK	$1,694 \pm 0,027^a$

^{a-c} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ($p < 0,05$).

Kombineli yöntem olarak geliştirilen infrared sonrası mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin antioksidan kapasitesi en yüksek olduğu belirlenmiştir. Liyofilizasyon, infrared kurutma, mikrodalga kurutma ve mikrodalga sonrası infrared

kurutma yöntemleri birbirine yakın değerler göstermiştir. En düşük antioksidan kapasite değeri ise vakum kurutmada gözlemlenmiştir. Vakum ile kurutma yönteminde bir kısım antioksidan maddelerin bazı uçucu bileşenler gibi su ile buharlaştığı düşünülmektedir.

Gorinstein vd. (2009) yaptıkları çalışmada kırmızı soğanın antioksidan kapasitesini 22 $\mu\text{M TE/g}$ olarak bulmuşlardır. Sharma vd. (2015) yaptıkları çalışmada 6 soğan çeşidinin antioksidan aktivitesini DPPH metoduyla ölçmüşlerdir. Kırmızı soğanın DPPH değerlerinin sarı ve beyaz soğandan daha yüksek olduğunu gözlemlemişler ve kırmızı soğanın antioksidan aktivitesinin 8,90-11,09 $\mu\text{M TE/g DW}$ olduğunu tespit etmişlerdir.

Perez-Gregoria vd. (2004) yaptıkları çalışmada kırmızı soğanın antioksidan aktivitesi değerini 15,84 g/kg olarak bulmuşlar ve uygulanan dondurarak kurutma işlemi sonrasında bir değişim olmadığını gözlemlemişlerdir.

Edith vd. (2018), güneşte kurutma hava-elektrik yöntemiyle kurutulan üç farklı soğan çeşidinde antioksidan aktivitesini incelemişler ve kuruma sonrası soğanların antioksidan aktivitesi değerlerinde kayıpların meydana geldiğini saptamışlardır. Bu çalışmada da farklı kurutma teknikleri sonucunda kırmızı soğanın antioksidan aktivitesi değerlerinde benzer şekilde düşüş tespit edilmiştir.

4.1.7. Askorbik asit tayini sonuçları

Farklı kurutma tekniklerinin Askorbik asit içeriği üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki askorbik asit miktarları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Taze kırmızı soğan örneklerinde askorbik asit miktarı $147,20\pm5,58$ mg/100g olarak tespit edilmiştir. Uygulanan tüm kurutma tekniklerinde askorbik asit miktarında kayıplar meydana gelmiştir. En az kayıp liyofilizasyonla kurutma yönteminde, en fazla kayıp ise MK ve MKIR yönteminde meydana gelmiştir. Mikrodalgada kurutmada kuruma süresi kısa olmasına rağmen uygulanan güç yüksek olduğundan dolayı en fazla askorbik asit kaybı görüldüğü düşünülmüştür.

Çizelge 4.6. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin askorbik asit miktarları

İşlem	Askorbik Asit (mg/100g KM)
HK	55,98±5,33 ^{cd}
MK	52,65±5,36 ^d
VK	69,77±4,65 ^{bc}
LK	98,08±4,83 ^a
IR	77,99±2,70 ^b
MKIR	42,49±2,63 ^d
IRMK	68,50±4,09 ^{bc}

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Çetin (2014), farklı kurutma teknikleri kullanarak soğan üzerine yaptığı çalışmada askorbik asit içeriğinin en iyi korunduğu yöntemi ön işlem uygulanmamış soğanlarda kabin kurutucuda yaptığı kurutmada gözlemlemiştir. Çalışmada kullanılan tüm kurutma yöntemleri ön işlemlili ve ön işlemsiz soğanlarda askorbik asit içeriğinde düşüşe sebep olmuştur. Bu düşüşün sebebi askorbik asitin (c vitamini) suda çözünmesi ve sıcaklıkta stabilitesini koruyamaması olduğu düşünülmektedir.

Bir başka çalışmada Adam vd. (2000), uzun kurutma süresinin askorbik asit içeriğinde azalmaya sebep olduğunu gözlemlemiş ve kurutma sıcaklığından da büyük ölçüde etkilendiğini görmüş, yüksek sıcaklıklarda kaybın arttığını optimum sıcaklığın 60°C olduğunu bulmuştur.

Sahoo vd. (2015), yaptıkları çalışmada soğan dilimlerini 50-55-60-65°C hava sıcaklıklarında konvektif kurutucuda, 35-40-45-50°C de ısı pompası destekli konvektif kurutucuda ve 120, 240, 360 ve 480 W gibi dört mikrodalga güç seviyesinde mikrodalga destekli konvektif kurutucuda kurutmuşlardır. Benzer şekilde yüksek mikrodalga gücü ve sıcak hava ile kurutma askorbik asit miktarında düşüşe neden olmuştur.

4.1.8. Rehidrasyon kapasitesi ve rehidrasyon oranı

Farklı kurutma tekniklerinin rehidrasyon kapasitesi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki rehidrasyon kapasitesi Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon kapasitesi

İşlem	Rehidrasyon Kapasitesi
HK	0,926±0,052 ^a
MK	0,823±0,013 ^b
VK	0,930±0,012 ^a
LK	0,882±0,057 ^{ab}
IR	0,930±0,013 ^a
MKIR	0,887±0,026 ^{ab}
IRMK	0,842±0,021 ^{ab}

^{a-b} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

En iyi rehidrasyon kapasitesi infrared kurutma, hava kurutma ve vakum ile kurutma yönteminde gözlemlenmiştir(p<0,05). Liyofilizasyon, IRMK ve MKIR birbirine yakın değerler göstermiştir(p>0,05). En düşük değer ise mikrodalga kurutma yönteminde gözlenmiştir(p<0,05). Bu durumun mikrodalgadaki homojen olmayan sıcaklık dağılımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Farklı kurutma tekniklerinin rehidrasyon oranı üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki rehidrasyon oranı Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin rehidrasyon oranı

İşlem	Rehidrasyon oranı
HK	533,758±30,149 ^d
MK	526,272±8,514 ^d
VK	739,639±9,293 ^a
LK	703,583±45,639 ^{ab}
IR	661,560±9,537 ^{bc}
MKIR	730,643±28,060 ^a
IRMK	630,687±15,680 ^c

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Rehidrasyon oranı en yüksek vakum kurutma ve MKIR kurutma yönteminde gözlemlenmiştir. En düşük rehidrasyon oranına sahip kurutma ise mikrodalga kurutma ve hava kurutma yöntemidir.

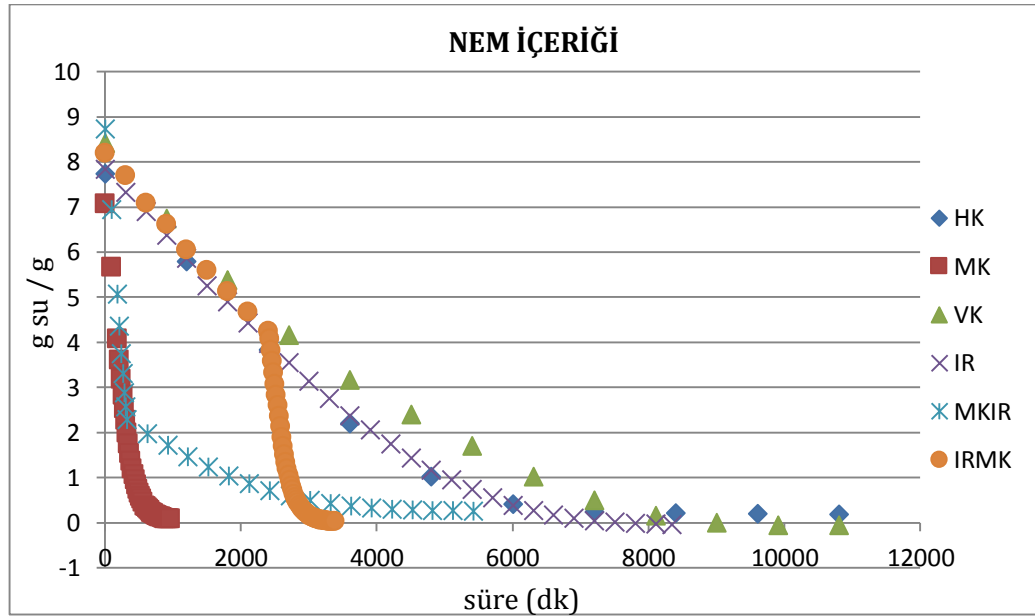
Vakum kurutma hem rehidrasyon kapasitesi hem de rehidrasyon oranı açısından en yüksek değerlere sahiptir.

Sahoo vd. (2015), yaptıkları çalışmada soğan dilimlerini 50-55-60-65 hava sıcaklıklarında konvektif kurutucuda, 35-40-45-50°C de ısı pompası destekli konvektif kurutucuda ve 120, 240, 360 ve 480 W gibi dört mikrodalga güç seviyesinde mikrodalga destekli konvektif kurutucuda kurutmuşlardır. Soğan dilimlerinin rehidrasyon özelliklerini incelediklerinde rehidrasyon oranının yüksek mikrodalga gücünde ve kurutma sıcaklığında daha düşük olduğunu gözlemlemiş ve bunun nedeninin hızlı kurumadan kaynaklandığını öne sürmüşlerdir.

Maskan (2001), Kivi meyvesinin sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kurutma özelliklerini incelemiştir. Benzer şekilde mikrodalga ile kurutulmuş kivi dilimlerinin, diğer iki kurutma yöntemine göre daha düşük rehidrasyon kapasitesi ve daha hızlı su emme oranı gösterdiğini gözlemiştir. Bunun nedeninin mikrodalga kurutma sırasında sıcaklık artışı (hava sıcaklığından daha yüksek, 60°C) dolayısıyla ürünlerin yapısındaki ve dokusundaki değişikliklerden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

4.1.9. Kuruma eğrileri ve kuruma hızı

Kurutma eğrisi, ürünün kuru maddedeki nem içeriğinin zamana bağlı olarak değişimini göstermektedir. Şekil 4.1’de farklı kurutma teknikleriyle kurutulan kırmızı soğanların kuruma eğrileri verilmektedir.



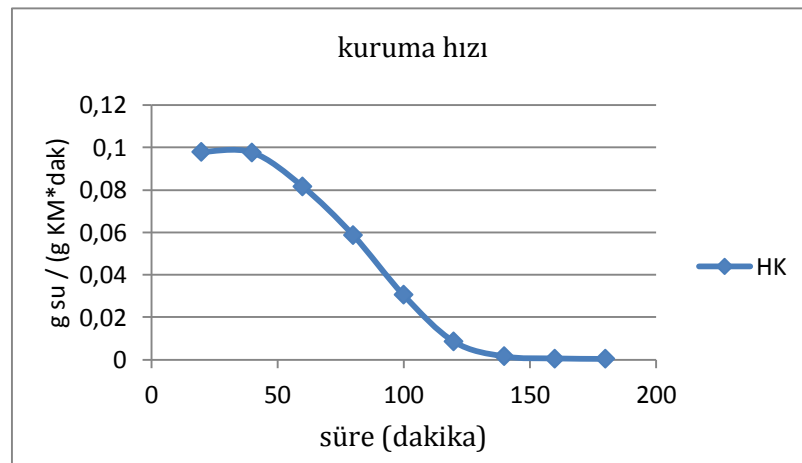
Şekil 4.1. Farklı kurutma teknikleriyle kurutulan kırmızı soğanların nem içeriğinin zamana bağlı değişimi

Şekil 4.1. incelendiğinde ürünün nem içeriğinin zamana bağlı değişiminin en uzun olduğu kuruma süresi vakum kurutma ve hava kurutma yöntemlerinde gözlemlenmiştir. Ürünün nem içeriğinin zamana bağlı değişimi en hızlı ise mikrodalga ile kurutmada gerçekleşmiştir. Mikrodalga kurutma ve infrared kurutma yönteminin birlikte kullanılmasıyla oluşturulmuş kombine yöntemlerin (MKIR ve IRMK) ise infrared kurutmadan kısa ancak mikrodalga ile kurutmadan uzun sürede gerçekleştiği gözlemlenmiştir. IRMK kuruma süresi 56,3 dk iken MKIR kuruma 90,3 dk ile daha uzun sürmüştür. Mikrodalga kurutma 16 dk, infrared kurutma 139 dk. vakum altında kurutma ve hava kurutma ise 180 dk olarak tespit edilmiştir.

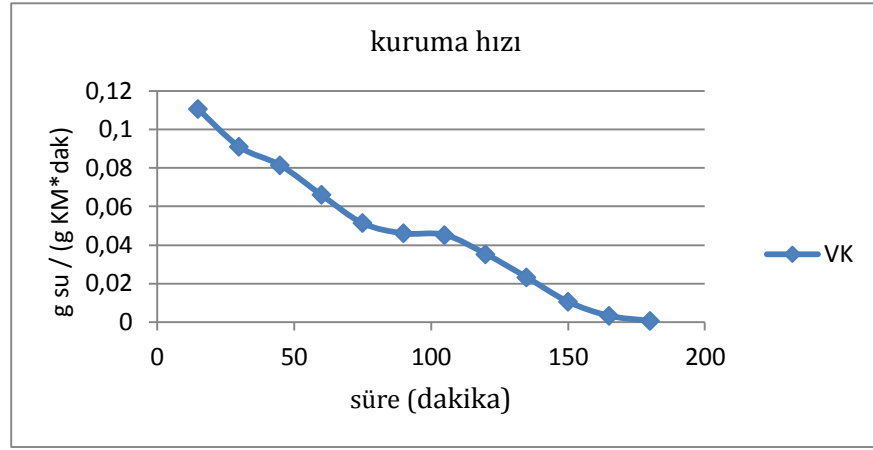
Çizelge 4.9. Kırmızı soğan dilimlerinin farklı yöntemlerde kuruma süreleri

İşlem	Kurutma süresi
HK	180 dk
MK	16 dk
VK	180 dk
LK	680 dk
IR	139 dk
MKIR	90,3 dk
IRMK	56,3 dk

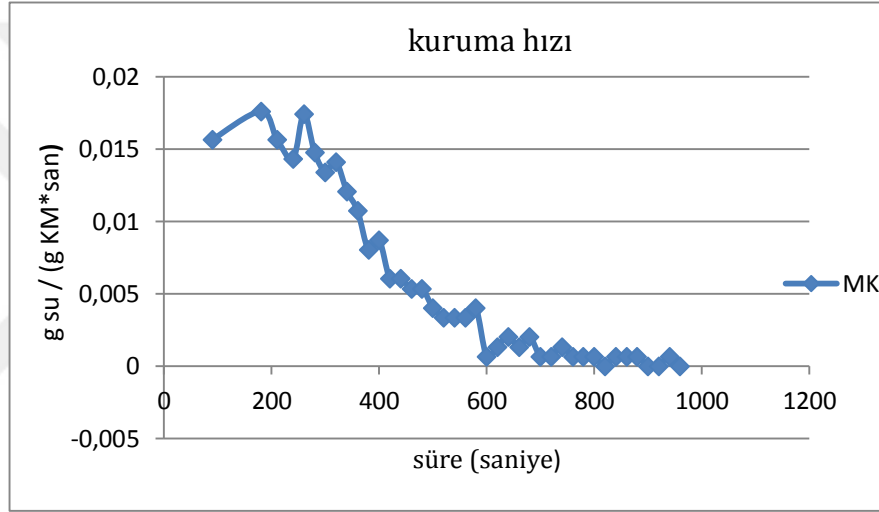
Dondurarak kurutma yönteminde uygulanan sistem, kurutma süresince ürünün kuruma davranışlarını gözlemlemek için imkan vermemektedir dolayısıyla son ürünün sonucuna göre yorum yapılmaktadır. Liyofilizasyon ile kurutulan kırmızı soğan örnekleri 680 dakikada kurumıştır ve kullanılan kurutma teknikleri arasında liyofilizasyonun en uzun kuruma süresine sahip yöntem olduğu belirlenmiştir.



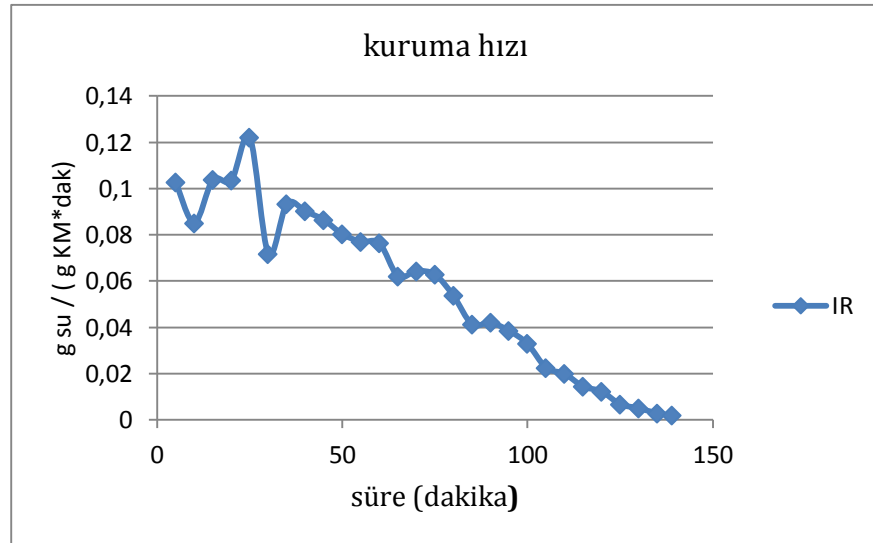
Şekil 4.2. Hava kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği



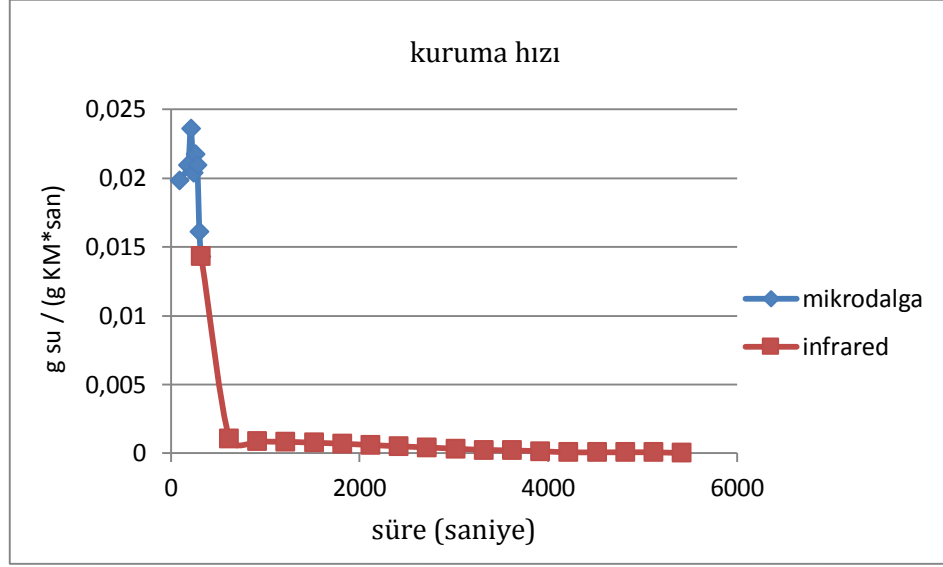
Şekil 4.3. Vakum kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği



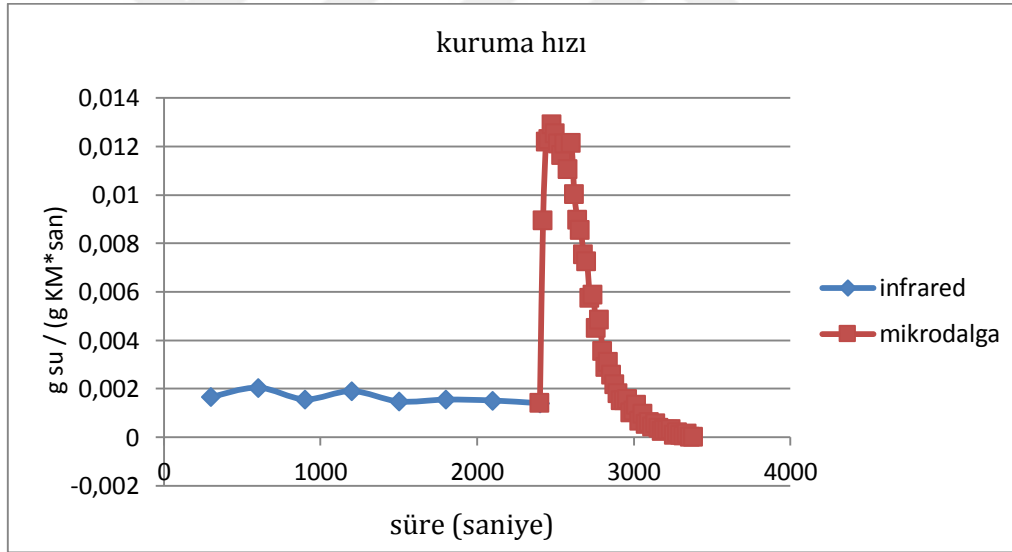
Şekil 4.4. Mikrodalga (600W) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği



Şekil 4.5. Infrared kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği



Şekil 4.6. Mikrodalga (600W) sonrası Infrared kurutma (60°C) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği



Şekil 4.7. Infrared kurutma (60°C) sonrası Mikrodalga (600W) ile kurutulan kırmızı soğanın Kuruma Hız Grafiği

Hava kurutma ile kurutulan kırmızı soğanların kuruma hız grafiği sabit hız evresiyle başlayıp bir süre azalan hız periyodunda seyrettikten sonra tekrar sabit hız periyodunda devam ettiği gözlenmektedir (Şekil 4.2).

Vakum ile kurutulan kırmızı soğanın kuruma hızı azalan hız-sabit hız- azalan hız periyodunda seyretmektedir (Şekil 4.3).

Mikrodalga ile kurutulan ürünlerin kuruma hızının artan, sabit ve azalan hız periyotlarının hepsine uyum sağladığı görülmektedir (Şekil 4.4).

Infrared kurutma sürecinde bazı noktalarda artan hız periyodu gözlenirse de kuruma hızının çoğunlukta azalan hız periyodunda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

Mikrodalga sonrası infrared kurutmada başlangıçta mikrodalgadan kaynaklı artan ve azalan hız periyodu görülmekte ve ardından azalan hız periyoduyla devam etmekte, infrared kurutma sürecine geçildiğinde de bir süre azalan hız periyodu seyrettikten sonra kuruma hızının sabit hız periyodunda devam ettiği görülmektedir (Şekil 4.6).

Infrared sonrası Mikrodalga kurutmada infrared kurutma süreci boyunca sabit hız periyodu görülmekte, mikrodalgaya geçişle birlikte kuruma hızında artış gözlenmekte ve artan-azalan hız periyodunda devam etmekte olduğu gözlemlenmektedir (Şekil 4.7).

Kuruma genellikle artan hız bölgesi, sabit hız bölgesi ve azalan hız bölgesi olmak üzere 3 evrede gerçekleşmektedir. Çoğunlukla artan hız bölgesi her kurutmada gözlenmediği için göz ardı edilebilmektedir. Kuruma sırasında üründe büzülmelerin meydana gelmesi ve ürün hacminin küçülmesi üründe birim zamanda daha az su transferine neden olmakta ve dolayısıyla kuruma hızında azalma meydana geldiği görülmektedir (Ertekin Filiz, 2015; Uslu, 2015).

Olalusi, (2014), yaptığı çalışmada 50-60-70°C hava sıcaklıkları kullanılarak kurutulan beyaz ve kırmızı soğan örneklerinin kuruma hız eğrisi incelendiğinde azalan hız periyodunda olduğunu gözlemlemiştir. Sharma vd. (2005)'nin kırmızı soğan üzerinde yaptığı çalışmada infrared kurutma sırasında kuruma hızı eğrisinde azalan hız periyodu gözlemlenmiştir.

Arslan vd. (2010) soğan dilimlerini güneşte, fırında (50 ve 70°C) ve mikrodalga fırında (210 ve 700W) kurutmuşlar ve kuruma hızı grafiği incelendiğinde tüm kurutma işleminin azalan hız periyodunda gerçekleştiğini gözlemlemişlerdir.

Uslu (2015), kumkat meyvesi üzerine yaptığı çalışmada hava ile kurutmada kuruma hızının sabit ve azalan hız periyodunda devam ettiğini, mikrodalga ile kurutulan ürünlerde ise kuruma hızının artan, sabit ve azalan hız periyotlarına uyum sağladığını gözlemlemiştir.

4.1.10. Renk analizi

Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki renk değerleri çizelge 4.10'da gösterilmiştir. Farklı kurutma tekniklerinin L değeri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). L* değeri aydınlık değerini ifade etmekte ve kurutma sonrası kurutulmuş ürünlerde liyofilizasyon hariç L* değerinin azalmakta olduğu görülmüştür. Liyofilizasyon ile kurutma yönteminde başlangıç değeri olan 60,81 değerinden büyük bir değer (68,27) elde edilmiş ve kaybın aksine aydınlık değerinde artış gözlenmiştir. En düşük aydınlık (L*) değeri ise birbirine yakın sonuçlar veren mikrodalga, infrared ve MKIR kurutma yönteminde görülmüştür. Kuruma sonrası görülen L* değerindeki azalma kuruma ile ürün renginin koyulaştığını göstermektedir.

Çizelge 4.10. Taze kırmızı soğanın renk değerleri

Parametre	Hammadde
L*	60,81±1,02
a*	7,65±0,13
b*	0,35±0,12

Çizelge 4.11. Farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kırmızı soğanların renk değerleri

İşlem	L*	a*	b*	ΔE
HK	53,30±1,15 ^b	5,65±0,54 ^d	2,44±0,57 ^{bc}	8,09±0,88 ^c
MK	49,31±1,01 ^c	9,06±0,36 ^b	3,47±0,76 ^b	12,03±0,92 ^{ab}
VK	54,00±2,32 ^b	6,34±0,20 ^{cd}	2,44±0,28 ^{bc}	7,28±2,19 ^c
LK	68,27±0,57 ^a	7,18±0,11 ^c	1,40±0,19 ^{cd}	7,55±0,59 ^c
IR	48,84±1,08 ^c	5,75±0,38 ^d	2,83±0,17 ^b	12,38±0,96 ^{ab}
MKIR	49,27±0,97 ^c	8,93±0,55 ^b	5,70±0,35 ^a	12,79±1,01 ^a
IRMK	52,00±1,44 ^{bc}	10,87±0,42 ^a	0,49±0,26 ^d	9,41±1,25 ^{bc}

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir ($p<0,05$).

Farklı kurutma tekniklerinin a* değeri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Renk skalasında a* değeri kırmızılığı temsil etmekte ve en yüksek a değeri IRMK yönteminde gözlenmektedir. İkinci en yüksek olarak MKIR ve MK birbirine yakın değerler göstermektedir. En düşük değer ise infrared kurutmada görülmektedir.

Farklı kurutma tekniklerinin b* değeri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). b* değeri sarılığı temsil etmektedir. MKIR yönteminde en yüksek değer gözlemlenmiştir. En düşük değer ise IRMK yönteminde ve ikinci olarak liyofilizasyonda görülmektedir.

Farklı kurutma tekniklerinin ΔE değeri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). ΔE değeri başlangıç ürünü ile kurutulmuş ürün arasındaki renk değişimini ifade etmekte ve aradaki fark ne kadar az ise kuru ürünün doğal renginin o kadar korunmuş olduğunu göstermektedir. Kurutulmuş kırmızı soğan örneklerinde ΔE değerinin en düşük olduğu kurutma liyofilizasyon ve ona benzer değerler vakum kurutma ile hava kurutmada görülmektedir. En yüksek değer ise MKIR sonrasında IR ve MK yönteminde görülmektedir.

Çetin (2014) yaptığı çalışmada farklı soğan çeşitlerine 4 farklı ön işlem ve 4 farklı kurutma yöntemi uygulayarak soğanların kalite değişimlerini incelemiş, renk açısından bakıldığında ön işlem uygulanmamış soğanlarda L değerini 69,75 olarak bulmuş ve tüm kurutma yöntemlerinin sonucunda L değerinde benzer şekilde azalma olduğunu gözlemlemiştir.

Sahoo vd. (2015) sıcak hava ile 60°C'de kuruttıkları soğan dilimlerinde 13.53 toplam renk değişimi gözlemlemişler ve farklı güç seviyelerinde mikrodalga kurutma uygulanan soğan dilimlerinde ΔE değerinin 14.98 ile 25.91 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Sezer (2017) yaptığı çalışmada Vakum kurutmada 50 °C sıcaklık ve 5,65 mm kalınlıkta soğan dilimlerinde toplam renk değişimini 14,2 olarak elde etmiştir.

Bir başka çalışmada Roknul vd. (2014) kuşkonmaz marulu dilimlerinin sıcak hava destekli mikrodalga kurutma (1200 W) sonrası dilimlerdeki toplam renk değişimini 11,30 infrared kurutma sonrası toplam renk değişimini 10,74 olarak gözlemlemişlerdir. Bu çalışmada da benzer sonuçlar elde edildiğinden literatür verileriyle uyum göstermektedir.

4.1.11. Esmerleşme indeksi (BI) sonuçları

Farklı kurutma tekniklerinin esmerleşme indeksi üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki esmerleşme indeksi değerleri Çizelge 4.11'de verilmiştir. Verilen çizelgeye göre esmerleşme indeksinin en düşük olduğu kurutma yöntemi liyofilizasyondur. En yüksek değer ise MKIR yönteminde gözlenmiştir.

Çizelge 4.12. Esmerleşme indeksi sonuçları

İşlem	Esmerleşme İndeksi
HK	12,16±0,43 ^d
MK	20,16±1,33 ^b
VK	12,91±0,87 ^d
LK	9,49±0,14 ^e
IR	14,26±0,53 ^{cd}
MKIR	25,06±1,29 ^a
IRMK	15,46±0,91 ^c

^{a-d} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Sorour vd (2014), yaptıkları çalışmada mikrodalga ile 200W-300W-400W olarak 3 farklı güç seviyesinde kuruttukları soğan dilimlerinin esmerleşme indeksini sırasıyla 16,61-13,53-15,09 olarak bulmuşlardır. Infrared kurutma ile 3000 W/m²-4000 W/m²-5000 W/m² üç farklı radyasyon yoğunluğu seviyesinde ve 35°C kurutma hava sıcaklığında kuruttukları soğan dilimlerinde ise esmerleşme indeksi değerini sırasıyla 19,95-20,57-21,94 olarak bulmuşlardır. Bir başka çalışmada Çetin (2014) farklı soğan çeşitlerine 4 farklı ön işlem ve 4 farklı kurutma yöntemi uygulamış ve soğanların esmerleşme indeksinin benzer şekilde kuruma yöntemleri sonucunda arttığını gözlemlemiştir.

4.1.12. Kuarsetin analiz sonuçları

Farklı kurutma tekniklerinin kuarsetin içeriği üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Kurutma sonrası kırmızı soğanlardaki ve taze örnekteki kuarsetin miktarları Çizelge 4.13’de verilmiştir. Taze kırmızı soğan örneklerinde kuarsetin miktarı 17,9±0,9 µg/g olarak tespit edilmiştir. Kuruma ile tüm kurutma yöntemlerinde kırmızı soğanın kuarsetin içeriğinin arttığı gözlenmiştir. En fazla artış liyofilizasyonla kurutma yönteminde ikinci olarak da IRMK yönteminde gerçekleşmiştir. En az artış ise vakum kurutma ve infrared kurutmada meydana gelmiştir.

Çizelge 4.13. Kurutulmuş kırmızı soğanların kuarsetin miktarları

İşlem	Kuarsetin (µg/g)
Hammadde	17,9±0,9
HK	45±0,8 ^d
MK	53,7±0,4 ^c
VK	24,2±0,8 ^f
LK	84,4±0,5 ^a
IR	25±0,2 ^f
MKIR	37±0,7 ^e
IRMK	72,1±0,9 ^b

^{a-f} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Sharma vd. (2015) yaptığı çalışmada bir kırmızı kabuklu, iki beyaz kabuklu ve üç sarı kabuklu soğandan oluşan altı çeşit soğan üzerinde ısıtma ve farklı sıcaklıkların (30dakika 80°C, 100°C, 120°C ve 150°C) etkisini incelemişler ve kuarsetin içeriğinin benzer şekilde arttığını gözlemlemişlerdir.

Pérez-Gregorio vd. (2011) yaptıkları çalışmada, dondurarak kurutma işleminin ve depolamanın soğan flavonoid içeriği üzerindeki etkisini incelemişler ve sadece iki kuarsetin çeşidinin (3,4'-O-diglucoside ve quercetin 4'-O-monoglucoside) önemli seviyelerde bulunduğunu tespit etmişlerdir. Taze kırmızı soğan örneğinde 0,78±0,5mgkg⁻¹ FW olarak tespit edilen kuarsetin miktarı dondurarak kurutma işlemi sonucunda 1,14±0,1 mgkg⁻¹ FW olarak gözlenmiştir. Bu çalışmada da benzer şekilde kurutma işlemi ile kuarsetin miktarının arttığı gözlenmiştir.

4.1.13. Şeker analiz sonuçları

Taze ve kurutma sonrası kırmızı soğanların şeker içeriği Çizelge 4.14'te gösterilmiştir. Mevcut çalışmada, glukoz baskın şeker bileşenidir. Ardından bunu fruktoz ve sukroz izlemektedir. Çizelge incelendiğinde kuruma ile tüm kurutma yöntemlerinde kırmızı soğanın şeker içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.14. Taze ve Kurutulmuş kırmızı soğanların şeker içeriği

İşlem	Sukroz (mg/g KM)	Glukoz (mg/g KM)	Fruktoz (mg/g KM)
Hammadde	56,29±0,3	171,50±0,7	129,29±0,4
HK	160,20±0,7 ^a	213,95±0,6 ^f	229,20±0,4 ^{cd}
MK	116,17±0,6 ^d	278,23±0,4 ^a	235,72±0,7 ^d
VK	87,32±0,4 ^f	268,28±0,7 ^b	264,63±0,7 ^a
LK	105,30±0,7 ^e	246,45±0,1 ^e	259,43±0,3 ^b
IR	117,58±0,4 ^d	253,17±0,6 ^d	223,99±0,7 ^e
MKIR	130,68±0,4 ^b	259,77±0,1 ^c	231,99±0,6 ^c
IRMK	123,14±0,6 ^c	211,98±0,4 ^g	194,71±0,3 ^f

^{a-g} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Farklı kurutma tekniklerinin sukroz içeriği üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Uygulanan tüm kurutma yöntemleri kırmızı soğanın sukroz miktarını arttırmıştır. En fazla artış hava kurutmada en az artış vakum kurutmada gözlenmiştir.

Farklı kurutma tekniklerinin glukoz içeriği üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Kuruma ile tüm yöntemlerde glukoz miktarı artmıştır. En fazla artış mikrodalga ile kurutmada en az artış ise IRMK yönteminde olmuştur.

Farklı kurutma tekniklerinin fruktoz içeriği üzerine etkili olduğu belirlenmiştir (p<0,05). Tüm kurutma yöntemlerinde kırmızı soğanın fruktoz içeriği artmıştır. En fazla artış vakum kurutmada en az artış ise IRMK yönteminde görülmüştür.

Moreno-Ortega vd. (2019) yaptıkları çalışmada taze soğandan elde edilen yeni bir ürün olan siyah soğan üretimi sırasında uygulanan ısı işlemin, üç soğan çeşidi (Shallot, Chata, Echalion) üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. İncelenen üç çeşidin siyah soğanlarındaki toplam şeker içeriğinin, taze soğanlara oranla önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Daha spesifik olarak, tüm çeşitlerde taze soğan ile karşılaştırıldığında fruktoz ve glukoz seviyelerinde önemli bir artış bulunmuştur. Bu çalışmada da benzer şekilde kırmızı soğanın şeker içeriğinde büyük oranda artış gözlenmiştir.

4.1.14. Aroma bileşenleri analiz sonuçları

Farklı kurutma teknikleriyle kurutulmuş kırmızı soğanlardaki aroma bileşenleri sülfür bileşenleri ve aldehitler olarak iki grup halinde Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16'de

listelenmiştir. Farklı kurutma tekniklerinin aroma bileşenleri üzerine etkili olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Soğandaki kükürt bileşikleri kurutma sırasında kolayca kaybolmaktadır. Bu çalışmada tanımlanan tüm kükürt bileşikleri, sülfür veya tiyofenin kimyasal yapısına sahiptir. Dipropil disülfür taze soğandaki ana uçucu bileşiktir ve kuruma ile büyük oranda kayba uğramıştır. En az kayıp mikrodalga ile kurutmada en fazla kayıp ise MKIR yönteminde görülmüştür. IRMK, HK, IR ve VK'nın birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Trisülfid dipropil miktarı da aynı şekilde kuruma ile azalmıştır. En fazla düşüş MKIR en az kayıp ise HK yönteminde olmuştur.

Bir başka uçucu bileşik olan tiyofenler karamel ve tatlı özelliklerden sorumludur ve kuruma ile miktarı artmıştır. 3,4-Dimethylthiophene miktarında en fazla artış liyofilizasyonla kurutmada en az artış ise hava kurutmada gözlenmiştir. IRMK, MKIR ve VK yöntemlerinin birbirinden farklı olmadığı tespit edilmiş ($p>0,05$) ve liyofilizasyondan sonra en fazla artış bu yöntemlerde görülmüştür. Trisulfide dimethyl miktarı kuruma ile tüm yöntemlerde artış göstermiştir. En fazla artış infrared kurutmada, en az artış ise MKIR yönteminde gözlenmiştir.

Aldehitler soğan içinde bulunan bir diğer ana lezzet bileşik grubudur. Taze ve kurutulmuş kırmızı soğan örneklerinde tespit edilen aldehitler Çizelge 4.16'de verilmiştir. Kırmızı soğanda bulunan Hexane 2,3-dimercaptan miktarı kuruma ile azalmıştır. En fazla kayıp MKIR ve IR kurutmada, en az kayıp ise IRMK yöntemi ile kurutmada görülmüştür. Methyl allylthioacetate miktarı kuruma ile artış göstermiştir. En fazla artış liyofilizasyon ile kurutmada, en az artış ise hava kurutmada gözlenmiştir. Mikrodalga kurutmada Methyl allylthioacetate tespit edilememiştir. Aynı zamanda taze soğanda tespit edilmeyen Capraldehyde ve Acetaldehyde (CAS) Ethanal gibi bazı yeni bileşiklerin varlığı kurutulmuş soğan örneklerinde gözlenmiştir. Bu yeni bileşiklerin oluşumunun taze soğanda aroma öncülerinin termal bozunmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Mang Choi vd. (2017) yaptıkları çalışmada farklı sıcaklıklarda (50, 70 ve 90°C) konvektif kurutma ile hazırlanan soğan tozlarının uçucu bileşimleri ve duyu özelliklerini incelemişlerdir. 90°C'de kurutulan örneklerdeki toplam kükürt bileşiklerinin miktarlarının kuru soğan örnekleri arasında en yüksek olduğunu ve kuruma süresi arttıkça artmaya devam ettiğini gözlemlemişlerdir. Bu çalışmayla benzer

şekilde Dipropil disülfürün taze soğandaki ana uçucu bileşik olduğunu ve kurutma ile büyük oranda kayba uğradığını tespit etmişlerdir.

Çizelge 4.15. Taze ve Kurutulmuş kırmızı soğanların aroma bileşenleri (Sülfür Bileşikleri)

Sülfür Bileşikleri					
İşlem	3,4-Dimethyl thiophene	2,4-dimethyl-Thiophene	Disulfide dipropyl	Trisulfide dipropyl	Trisulfide dimethyl
Taze	0,67±0,01	0,72±0,01	26,84±0,06	14,64±0,06	0,54±0,04
HK	1,24±0,01 ^e	2,26±0,04 ^e	6,1±0,28 ^b	12,02±0,06 ^a	1,16±0,06 ^d
MK	1,61±0,04 ^c	3,35±0,07 ^d	22,73±0,18 ^a	6,39±0,07 ^c	1,86±0,08 ^c
VK	1,98±0,04 ^b	4,12±0,07 ^a	5,9±0,57 ^b	3,32±0,08 ^f	0,86±0,07 ^{ef}
LK	2,33±0,04 ^a	1,63±0,01 ^f	4,54±0,13 ^c	5,33±0,07 ^e	1,1±0,07 ^{de}
IR	1,43±0,03 ^d	3,86±0,08 ^b	6,75±0,42 ^b	5,75±0,07 ^d	3,43±0,06 ^a
MKIR	1,98±0,04 ^b	3,61±0,08 ^{bc}	2,03±0,08 ^d	3,37±0,06 ^f	0,7±0,04 ^f
IRMK	1,93±0,01 ^b	3,58±0,04 ^{cd}	6,14±0,20 ^b	7,04±0,06 ^b	2,89±0,07 ^b

^{a-f} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

Çizelge 4.16. Taze ve Kurutulmuş kırmızı soğanların aroma bileşenleri (Aldehitler)

Aldehitler					
İşlem	Octanal (CAS) n-Octanal	Methyl allylthioacetate	Acetaldehyde (CAS) Ethanal	Hexane 2,3-dimercaptan	Capraldehyde
Taze	0,03±0,01	0,49±0,06	-	0,87±0,04	-
HK	0,07±0,01 ^b	0,48±0,06 ^d	1,84±0,06 ^c	0,24±0,06 ^{bcd}	0,42±0,03 ^c
MK	0,22±0,01 ^a	-	2,1±0,14 ^c	0,36±0,06 ^{ab}	0,56±0,01 ^b
VK	-	0,76±0,01 ^{abc}	-	0,17±0,03 ^{cd}	0,24±0,03 ^d
LK	0,02±0,01 ^b	0,94±0,03 ^a	0,93±0,07 ^d	0,3±0,03 ^{bc}	0,19±0,03 ^{de}
IR	-	0,6±0,07 ^{cd}	4,17±0,24 ^a	0,13±0,04 ^d	0,44±0,03 ^c
MKIR	-	0,82±0,04 ^{ab}	1,61±0,06 ^c	0,12±0,01 ^d	0,09±0,01 ^e
IRMK	0,22±0,03 ^a	0,68±0,04 ^{bc}	3,08±0,07 ^b	0,47±0,04 ^a	1,29±0,04 ^a

^{a-e} Aynı sütundaki farklı harfler istatistiksel farkı belirtmektedir (p<0,05).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kırmızı soğanlar 3mm kalınlığında dilimlenerek sıcak hava ile 60°C'de mikrodalga ile 600W gücünde, infrared ile 60°C'de, liyofilizasyon ile -60°C'de 100 militorr basınçta, vakum ile -0,8 bar basınçta 60°C'de, aynı mikrodalga ve infrared parametreleriyle kombineli sistem olarak oluşturulan mikrodalga sonrası infrared ve infrared sonrası mikrodalga kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ve kurutma yöntemlerinin kırmızı soğanın kuruma süresi ve kalite kriterlerine etkisi incelenmiştir.

Kırmızı soğanın başlangıç su aktivitesi (a_w) değeri ortalama 0,919 olarak ölçülmüş ve kuruma sonrası soğan dilimlerinin su aktivite değerlerinin azaldığı gözlenmiştir. En düşük su aktivitesi vakum kurutmada görülmekle birlikte tüm kurutma yöntemlerinde su aktivitesi değeri güvenli bölge olarak görülen 0,70 değerinin altına inmiştir.

Kalite kriterlerinden biri olarak kabul edilen toplam fenolik madde içeriğinin tüm kurutma yöntemlerinde azaldığı tespit edilmiş, en fazla toplam fenolik madde kaybı sıcak hava ile kurutma yönteminde görülmüştür. Mikrodalga, infrared ve bunların kombinasyonu ile oluşturulmuş IRMK yönteminde toplam fenolik madde içeriği yüksek değerler göstermiştir.

Bu çalışmada farklı kurutma tekniklerinin kırmızı soğanın antioksidan kapasitesi üzerine etkisi incelenmiş ve başlangıçta 2,86 mg TE/g KM olan antioksidan kapasitesinin kurutma sonrası, 1,268 – 1,694 mg TE/g KM aralığında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek değerin ise 1,694 mg TE/g KM ile IRMK yönteminde olduğu gözlemlenmiştir.

Rehidrasyon kapasitesi kurutulmuş meyve ve sebzelerin su içerisine bırakıldığında taze halde bulundurduğu su içeriğine en yakın oranda su alarak eski formuna dönebilme yeteneğidir. Rehidrasyon karmaşık bir reaksiyon mekanizmasıdır ve kurutma esnasında azalması ürünlerdeki kimyasal, fiziko-kimyasal ve fiziksel değişmelerle ilgilidir. Kurutma şartlarına bağlı olarak büzülme ve parçalanma sonucu hücreler ve dokunun yapısının bozulması rehidrasyonu kötü etkiler. Bu çalışma sonucunda rehidrasyon kapasitesi ve rehidrasyon oranının en iyi sonuç verdiği yöntem vakum ile kurutma olmuştur. En düşük rehidrasyon kapasitesi ve oranı ise mikrodalga kurutma yönteminde görülmüştür. Bu durumun mikrodalgadaki homojen olmayan ısı dağılımı ve hızlı kurumadan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada kullanılan kırmızı soğanların başlangıç L^* a^* b^* değerleri sırasıyla 60,81-7,65-0,35 olarak tespit edilmiş, farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmuş kırmızı soğan dilimleri incelendiğinde en yüksek L^* (aydınlık) değeri liyofilizasyon ile gözlenmiştir. Liyofilizasyon hariç diğer kurutma yöntemleriyle kurutulmuş ürünlerin L^* değerinde azalma meydana gelmiştir. L^* değerinin azalması ürünün renginin koyulaştığını göstermektedir. Tüm kurutma yöntemleri için toplam renk değişimi değerleri (ΔE) 7,55-12,79 aralığında tespit edilmiştir. Renk parametresi açısından incelendiğinde en iyi renk ve en az renk değişiminin (ΔE) liyofilizasyon ile olduğu görülmektedir.

Farklı yöntemlerle kurutulan kırmızı soğanlarda esmerleşme indeksi 9,45 ile en düşük liyofilizasyonla kurutulan örneklerde görülürken, en yüksek değerin 25,06 ile MKIR yönteminde olduğu tespit edilmiştir. Tüm kurutma yöntemleri kıyaslandığında en düşük esmerleşme indeksi liyofilizasyonla kurutulan örneklerde tespit edilmiştir.

Taze kırmızı soğan örneklerinin başlangıç askorbik asit miktarı 147,201 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Uygulanan tüm kurutma yöntemleri sonucu kırmızı soğanların askorbik asit içeriği azalmıştır. En fazla kayıp MKIR ve MK yönteminde yaşanırken askorbik asit içeriğinin en iyi korunduğu yöntem liyofilizasyonla kurutma olmuştur.

Taze kırmızı soğan örneklerinde kuarsetin miktarı $17,9 \pm 0,9$ $\mu\text{g/g}$ olarak tespit edilmiştir. Kuruma ile tüm kurutma yöntemlerinde kırmızı soğanın kuarsetin içeriğinin arttığı gözlenmiş ve kuarsetin miktarları 24,2-84,4 arasında değişim göstermiştir. En fazla artış liyofilizasyonla kurutma yönteminde ikinci olarak da IRMK yönteminde görülmüştür.

Taze kırmızı soğanın bileşimindeki şeker içeriği Sukroz (56,29 mg/g KM), glukoz (171,50 mg/g KM) ve fruktozdan (129,29 mg/g KM) oluşmaktadır. Uygulanan tüm kurutma yöntemlerinde bu bileşenler büyük oranda artış göstermiştir. Sukroz miktarında en fazla artış hava kurutmada en az artış vakum kurutmada gözlenmiştir. Glukoz miktarında en fazla artış mikrodalga ile kurutmada, en az artış ise IRMK yönteminde olmuştur. Fruktoz miktarında ise en fazla artış vakum kurutmada, en az artış ise IRMK yönteminde görülmüştür.

Yapılan çalışma sonucunda ürünlerin kuruma süresi ve kuruma hızları kurutma yöntemlerine göre farklılık göstermektedir. En kısa kurutma süresi mikrodalga kurutmada görülürken; en uzun kurutma süresi ise liyofilizasyon ile kurutmada tespit edilmiştir. Gıdaların kurutulmasında enerji, süre, maliyet yönünden tasarruf sağlamak

amacıyla gıdaların kısa sürede kurutulması istenir. Aynı zamanda ürünün kalitesinin, besin değerlerinin, renginin korunması da çok önemlidir. Liyofilizasyon ile kurutma kalite özelliklerini korumada başarılı bir yöntem olmasıyla birlikte en uzun sürede kuruma sağlayan bir yöntemdir.

Kurutma işlemlerinde gerekli olan büyük miktardaki enerjiyi azaltmaya ve daha hızlı kurutma tekniklerine ihtiyaç duyulmakta ve kurutma hızını artıran, kurutulmuş soğan kalitesini iyileştiren yeni ve yenilikçi teknikler giderek büyük ilgi görmektedir. Bu bağlamda farklı kurutma yöntemlerinin bir arada kullanıldığı kombine kurutma sistemlerinin ürün kalitesini olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

Yapılan bu çalışmada mikrodalga ve infrared kurutma birlikte kullanılarak kombine kurutma yöntemi oluşturulmuş ve kuruma süresinin olumlu etkilendiği görülmüştür. Kuruma süreleri MKIR 90.3 dk, IRMK 56.3 dk ile mikrodalgadan uzun olsa da çalışmada kullanılan diğer kurutma yöntemlerine göre çok daha kısa sürede kuruma sağlamıştır. Kombineli sistemler içinde Infrared sonrası mikrodalga kurutma (IRMK) uygulamasının toplam fenolik madde, antioksidan kapasitesi, askorbik asit içeriğini daha iyi koruduğu ve kısa sürede kuruma sağlaması nedeniyle IRMK yönteminin kullanımının, üzerinde daha fazla araştırma yapıp geliştirilmesinin ürün kalitesi üzerinde olumlu etkilerinin olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Adam, E., Mühlbauer, W., Esper, A., Wolf, W., Spiess, W., 2000. Quality changes of onion (*Allium Cepa* L.) as affected by the drying process. *Food/Nahrung*, 44(1), 32-37.
- Anonim 2018. Konica Minolta. Erişim Tarihi : 03.12.21. <https://sensing.konicaminolta.asia/what-is-cie-1976-lab-color-space/>
- Anonim 2020. Soğan Bülteni. Erişim Tarihi : 27.12.21. <https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/B%C3%BCltenler/ARALIK%202020%20TEKRAR/So%C4%9Fan%20Aral%C4%B1k%20B%C3%BClteni.pdf>
- Arslan, D., & Özcan, M. M. (2010). Study the effect of sun, oven and microwave drying on quality of onion slices. *LWT-Food Science and Technology*, 43(7), 1121-1127.
- Asiah, N., Djaeni, M., Lik Hii, C., 2017. Moisture Transport Mechanism and Drying Kinetic of Fresh Harvested Red Onion Bulbs under Dehumidified Air. *International Journal of Food Engineering*, 20160401
- Başkaya-Sezer, D., Demirdöven, A., 2015. Meyve Sebze İşlemede Mikrodalga Haşlama Uygulamaları. *Gıda*, 40(3), 171-177.
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, 657s, Ankara.
- Cemeroğlu, B (Ed.), 2013. Gıda Analizleri. Bizim Grup Basımevi, 88s, Ankara.
- Ceylan, İ., Aktaş, M., Doğan, H., 2006. Güneş Enerjili Kurutma Fırınında Elma Kurutulması. *Politeknik Dergisi*, 9(4), 289-294.
- Choi, S. M., Lee, D. J., Kim, J. Y., Lim, S. T. 2017. Volatile composition and sensory characteristics of onion powders prepared by convective drying. *Food chemistry*, 231, 386-392.
- Çetin, C., 2014. Farklı Kurutma Ön İşlemleri ve Metodlarının Doğranmış Kuru Soğanların Kurutma Kinetiği ve Kalitesi Üzerine Etkisi. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 92s, Şanlıurfa.
- Darıcı, S., Şen, S., 2012. Kivi Meyvesinin Kurutulmasında Kurutma Havası Hızının Kurumaya Etkisinin İncelenmesi. *Tesisat Mühendisliği*, 130, 51-58.
- Edith, D. M. J., Dimitry, M. Y., Richard, N. M., Armand, A. B., Léopold, T. N., Nicolas, N. Y. 2018. Effect of drying treatment on nutritional, functional and sensory properties of three varieties of onion powders. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(4), 2905-2915.
- EL-Mesery, H., Mwithiga, G., 2012. The drying of onion slices in two types of hot-air convective dryers. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 7(30), 4284-4296.
- Erbay, B., Küçüköner, E., 2008. Gıda Endüstrisinde Kullanılan Farklı Kurutma Sistemleri. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 21-23 Mayıs, Erzurum, 1045-1048.

- Gorinstein, S., Park, Y. S., Heo, B. G., Namiesnik, J., Leontowicz, H., Leontowicz, M., Ham. K. S., Cho, J. Y., Kang, S. G. 2009. A comparative study of phenolic compounds and antioxidant and antiproliferative activities in frequently consumed raw vegetables. *European Food Research and Technology*, 228(6), 903-911.
- Gökçe, A. F., Kaya, C., Serçe, S., Özgen, M., 2010. Effect of scale color on the antioxidant capacity of onions. *Scientia Horticulturae*, 123(4), 431-435.
- Hertog, M. G., Hollman, P. C., Venema, D. P., 1992. Optimization of a quantitative HPLC determination of potentially anticarcinogenic flavonoids in vegetables and fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(9), 1591-1598.
- Karaaslan, M., Yıldırım, A., Vardin H., 2016. Farklı Kurutma Teknikleri ve Ön İşlem Uygulamaları ile Kurutulmuş Soğanların Rehidrasyon Kapasitelerinin Artırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(3), 192-203.
- Karabacak, A. Ö., Sinir, G. Ö., Suna, S., 2015. Mikrodalga ve Mikrodalga Destekli Kurutmanın Çeşitli Meyve ve Sebzelerin Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 125-135.
- Kayhan, Ö., (2008), Zeytin Karasuyundan Antioksidanların Dondurarak Kurutma Yöntemi ile Ayrıştırılması. *Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Gebze.
- Kocayiğit, F., 2010. Bazı Sebzelerin Kurutma karakteristiklerinin İncelenmesi. *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 107s, İstanbul.
- Kumar, D. P., Hebbar, H. U., Ramesh, M. N., 2006. Suitability of thin layer models for infrared-hot air-drying of onion slices. *LWT-Food Science and Technology*, 39(6), 700-705.
- Lee, J. H., Kim, H. J., 2008. Drying kinetics of onion slices in a hot-air dryer. *Preventive Nutrition and Food Science*, 13(3), 225-230.
- Lewicki, P. P., Witrowa-Rajchert, D., Pomaranska-Lazuka, W., Nowak, D. 1998. Rehydration properties of dried onion. *International Journal of Food Properties*, 1(3), 275-290.
- Maskan, M., 2001. Kinetics of colour change of kiwifruits during hot air and microwave drying, *Journal of Food Engineering*, 48(2) 169-175.
- Mitra, J., Shrivastava, S. L., & Rao, P. S., 2012. Onion dehydration: A review, *Journal of Food Science and Technology*, 49(3), 267-277.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Emam-Djomeh, Z., Keyhani, A. 2008. Kinetic Models for Colour Changes in Kiwifruit Slices During Hot Air Drying. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(3), 376-383.
- Moreno-Ortega, A., Pereira-Caro, G., Ordóñez, J. L., Muñoz-Redondo, J. M., Moreno-Rojas, R., Pérez-Aparicio, J., Moreno-Rojas, J. M. (2019). Changes in the antioxidant activity and metabolite profile of three onion varieties during the elaboration of 'black onion'. *Food chemistry*, 311, 125958.

- Olalusi, A., 2014. Hot Air Drying and Quality of Red and White Varieties of Onion (*Allium cepa*). *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 3, 13-19.
- Özer, Z., 2021. Ayva Meyvesinin Farklı Metotlarla Kurutulması ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Isparta.
- Pérez-Gregorio, M.R., Regueiro, J., González-Barreiro, C., Rial-Otero, R., Simal-Gándara J., 2011. Changes in antioxidant flavonoids during freeze-drying of red onions and subsequent storage. *Food Control* 22, 1108-1113.
- Prakash, D., Singh, B. N., Upadhyay, G. 2007. Antioxidant and free radical scavenging activities of phenols from onion (*Allium cepa*). *Food chemistry*, 102(4), 1389-1393.
- Praveen Kumar, D. G., Umesh Hebbar, H., Sukumar, D., Ramesh, M. N. 2005. Infrared and hot-air drying of onions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 29, 132-150.
- Sahoo, N. R., Bal, L.M., Pal, U.S., Sahoo, D. 2015. Impact of pretreatment and drying methods on quality attributes of onion shreds. *Food technology and biotechnology*, 53(1), 57-65.
- Sarsavadia, P.N., Sawhney, R.L., D.R. Pangavhane, Singh, S.P., 1999. Drying behaviour of brined onion slices. *Journal of Food Engineering*, 40, 219-226.
- Sezer, S., 2017. Soğan Dilimlerinin Çeşitli Yöntemlerle Kurutma Karakteristiklerinin ve Kurutma Esnasında Meydana Gelen Değişimlerin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77s, Osmaniye.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., Pathare, P. B., 2004. Thin-layer infrared radiation drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, 67(3), 361-366.
- Sharma, G. P., Verma, R. C., Pathare, P., 2005. Mathematical modeling of infrared radiation thin layer drying of onion slices. *Journal of Food Engineering*, 71(3), 282-286.
- Sharma, K., Ko, E. Y., Assefa, A. D., Ha, S., Nile, S. H., Lee, E. T., Park, S. W. (2015). Temperature-dependent studies on the total phenolics, flavonoids, antioxidant activities, and sugar content in six onion varieties. *Journal of food and drug analysis*, 23(2), 243-252.
- Sorour, H., El-Mesery, H., 2014. Effect of microwave and infrared radiation on drying of onion slices. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 2(5), 119-130.
- Soysal, Y., 2004. Microwave Drying Characteristics of Parsley. *Biosystems Engineering*, 89(2), 167-173.
- Taşçı, B., Koca, İ., 2019. Mor Soğanın (*Allium Cepa* L.) Önemli Bileşiği: Kersetin Ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Samsun Sağlık Bilimleri Dergisi*, 4(2), 32-37.

- Uslu, Ü. H., 2015. Kamkat Meyvesinin Ultrases(Ultrason) Destekli Kurutulması ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 94s, Isparta.
- Veberic, R., Stampar, F., 2005. Quality of apple fruits (*Malus domestica*) from organic versus integrated production. Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production, FRUTIC, 5, 12-16.
- Velic, D., Planinic, M., Tomas, S., Bilic, M. 2004. Influence of Airflow Velocity on Kinetics of Convection Apple Drying. Journal of Food Engineering, 64, 97–102.
- Yang, X., Peppard, T., 1994. Solid-phase microextraction for flavor analysis. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 42(9), 1925-1930.

