

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODALGA İLE ISITMA YÖNTEMİNİN FINDIK
KAVURMA SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Öğrencinin Adı SOYADI : Merve BAHADIR

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 09.02.2022

Enstitü Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Faruk GÜNER

**Ocak 2022
GİRESUN**

**T.C.
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODALGA İLE ISITMA YÖNTEMİNİN FINDIK
KAVURMA SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve BAHADIR

Enstitü Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği

Bu tez 18/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Dr. Öğr. Üyesi
Faruk GÜNER
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Selin KALKAN
Üye**

**Doç. Dr.
Adnan BOZDOĞAN
Üye**

**Doç. Dr.
Bahadır KOZ
Enstitü Müdürü**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Merve BAHADIR

29/12/2021

TEŞEKKÜR

Tez sürecimin başlangıcından sonuna kadar beni destekleyen yardımlarını esirgemeyen, hayatın planlı olduğunu ve bizim bu plandan haberimiz olmadan yaşam sürdürdüğümüzü unutmayacağıma değerli tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Faruk GÜNER'e söz veriyor ve teşekkür ediyorum. Deney kapsamında yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen Doç. Dr. Selin KALKAN'a, Dr. Öğretim Üyesi Mustafa Remzi OTAĞ'a, Dr. Öğretim Üyesi Duygu BALPETEK KÜLCÜ'ye ve Doç. Dr. Halil ŞENOL'a teşekkür ederim. Deney süreçleri boyunca beni yalnız bırakmayan başta annem olmak üzere aileme, araştırmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi'nde görevli Öğr. Gör. Doğan Burak SAYDAM'a, emeği geçen arkadaşlarıma ve GRÜ Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği ailesine teşekkür ederim.

Giresun Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Komisyon Başkanlığına maddi destekleri için (Proje No: FEN-BAP-C-201218-97) teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER	II
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	IV
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ.....	X
ÖZET.....	XI
ABSTRACT.....	XII
BÖLÜM 1.GİRİŞ.....	1
1.1. Mikrodalga Yöntemi ve Mikrodalga Fırın Teknolojisi.....	2
1.2. Fındığın Hakkında Genel Bilgi, Yetiştirilme Koşulları, Üretimi.....	6
1.3. Fındık Hasat ve Fındıkta Harman Teknolojisi	9
1.4. Hasat ve Harman Sonrası İşlemler	14
1.5. Fındığın Faydaları, Beslenme ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi	15
BÖLÜM 2.KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	17
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	28
3.1. Mikrodalga Yöntemi ile Gıdaların Kavrulması	28
3.2. Tasarımı Yapılan Mikrodalga Kavrurma Sistemi	30

3.3. Fındık Kalite Analizleri.....	47
3.3.1. Aflatoksin analizi	47
3.3.2. Nem tayini.....	48
3.3.3. Kül Tayini	50
3.3.4. Fenolik Bileşikler	53
3.3.5. Serbest Yağ Asitliği Tayini.....	56
3.3.6. Su Aktivitesi.....	63
3.3.7. Renk Tayini.....	63
3.3.8. Enerji Maliyeti	64
BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	66
4.1. Enerji Maliyeti	73
BÖLÜM 5. SONUÇLAR.....	73
KAYNAKLAR	77
ÖZGEÇMİŞ	83

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

°C	: Santigrat
a	: Kırmızı/yeşil koordinatı
ANO	: Deneysel çalışma sonucunda elde ettikleri alınabilir nem oranı
A _w	: Su aktivitesi
b	: Sarı/mavi koordinatı
B ₁	: Aflatoksin B ₁ değeri
B ₂	: Aflatoksin B ₂ değeri
B ₆	: Piridoksin
Cm	: Santimetre
CO ₂	: Karbondioksit
CUPRAC	: Bakır indirgeyici antioksidan kapasitesi
DC	: Doğru akım
DFA California	: Nem tayin cihazı
Dk	: Dakika
DPPH	: Potansiyel antioksidan madde tayini
EPDK	: T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
g	: Gram
G ₁	: Aflatoksin G ₁ değeri
G ₂	: Aflatoksin G ₂ değeri
h	: Saat
HDL	: Yüksek yoğunluklu lipoprotein
Hz	: Hertz
IgE	: Logaritmik Gösterim
Kg	: Kilogram
KM	: Kuru madde oranı
KOH	: Potasyum hidroksit
kWh	: Kilowatt saat
L	: Açıklık (lightness) koordinat

l	: Litre
M.High	: Med high
M.Low	: Med low
m	: Metre
m	: Örnek miktarı
m ₁	: Kuruma kabının ağırlığı (g)
m ₂	: Kurutma kabı + örnek ağırlığı (g)
m ³	: Metre Küp
M	: Numune miktarı
M ₁	: Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı (g)
M ₂	: Yakmadan sonraki kül +kroze (g)
MD	: Mikrodalga
mg	: Miligram
MHz	: Megahertz
mm	: Milimetre
N KOH	: Potasyum hidroksit normalitesi
O ₂	: Oksijen
P	: Güç
pH	: Power of hydrogen
r	: Korelasyon katsayısı
R ²	: Belirtme katsayısı
RMSE	: Standart sapma
RSS	: Kalanların kareleri toplamı
s	: Saniye
SEE	: Matematiksel modeller sonucunda elde edilen tahminlerin standart hatası
t	: İşin yapılması için geçen zaman
TCMB	: Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TFA	: Trans yağ asidi
TL	: Türk lirası
TP	: Toplam fenolik
TS 1917	: İşlenmiş fındık standardı

TS 3074	: Kabuklu findık standardı
TS 3075	: İç findık standardı
V	: Volt
V KOH	: Harcanan potasyum hidroksit
W	: Watt
W	: Yapılan iş
X ²	: Ki kare



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. 1. Elektromanyetik Spektrum	3
Şekil 1. 2. Mikrodalga Fırın	5
Şekil 1. 3. Fındık Şekilleri ve Grupları	7
Şekil 3. 1. Tasarlanan Kavurma Sisteminin Katı Modelinin a) Üstten, b)Önden ve c) Perspektif Görünüşü	31
Şekil 3. 2. Tasarlanan Kavurma Sisteminin Farklı Açılardan Gerçek Görünüşleri....	33
Şekil 3. 3. Metal gövde ve metal gövdenin sabitleştirildiği ahşap tasarım	34
Şekil 3. 4. DC Motor Destekleyici Ahşap	35
Şekil 3. 5. KT-11 Teflon Örgü Bandı	35
Şekil 3. 6. İzolab Yakma Kabı	35
Şekil 3. 7. Mikrodalga Fırın Arka Metal Kesim Bölgesi	36
Şekil 3. 8. Mikrodalga Fırın Ön Metal Kesim Bölgesi	37
Şekil 3. 9. 0.5'lik Sac Metal Kılıf	38
Şekil 3. 10. Metal Kılıf Kontrol Panel Kesimi.....	38
Şekil 3. 11. Mikrodalga Kablolarının Elektrik Bandı İle Sarılması	39
Şekil 3. 12. Mikrodalga Kablolarının Alüminyum Yapışkan Bant İle Sarılması	39
Şekil 3. 13. Mikrodalga Kablolarının Sıcaklığa Dayanıklı Bant İle Sarılması	39
Şekil 3. 14. İzolasyon Piminin Sac Metal Üzerine Gelişigüzel Dağıtılması.....	40
Şekil 3. 15. İzolasyon Piminin Kontrol Paneli Tarafındaki Dağılımı	40
Şekil 3. 16. Alüminyum Kaplı Taş Yünü Yalıtım Levhası Uygulaması.....	41
Şekil 3. 17. 0-1-2 Parametrelili Anahtar	42
Şekil 3. 18. Termometre Yerleşimi	42
Şekil 3. 19. AWOX H20 Kontrol Paneli	44
Şekil 3. 20. Kontrol Panel Kutusu.....	44
Şekil 3. 21. Kontrol Paneli Son Hal	45
Şekil 3. 22. Koruyucu Kask	45
Şekil 3. 23. Koruyucu Kıyafet	46

Şekil 3. 24. Tez Çalışması Kapsamında Tasarlanan Koruyucu Ayaklık.....	46
Şekil 3. 25. Tez Çalışması Kapsamında Tasarlanan Koruyucu Maske ve Eldiven	47
Şekil 3. 26. Ohaus PA4102 Hassas Terazı 4100 g 0,01 g.....	49
Şekil 3. 27. Kuru Hava Sterilizatörü (Etüv) FN 300.....	49
Şekil 3. 28. Kuru Hava Sterilizatörü (Etüv) FN 300 Cihazına Yerleştirilen Petri+Fındık Numuneleri	50
Şekil 3. 29. Etüvden Çıkan Petri+Fındık Numunesinin Desikatörde Soğutulma İşlemi	50
Şekil 3. 30. Ohaus PA4102 hassas terazi 4100 g 0,01 g	51
Şekil 3. 31. Nüve Mf 306 Kül Fırını	52
Şekil 3. 32. Laboratuvar Desikatörü	52
Şekil 3. 33. Laboratuvar Desikatörü Krozelere Üstten Bakış	52
Şekil 3. 34. Ohaus PA4102 Hassas Terazı 4100 g 0,01 g.....	53
Şekil 3. 35. Kül Cihazı Sonrası Krozelerdeki Fındık Numunesi	53
Şekil 3. 36. Laboratuvar Erlenı	54
Şekil 3. 37. Süzgeç Kâğıdından Geçirilen Etanol+Toz Haline Getirilmiş Fındık Numunesi Karışımı.....	55
Şekil 3. 38. Süzgeç Kâğıdından Geçirilmiş Seyreltme İşlemi Uygulanacak Numune	55
Şekil 3. 39. Folin(Sarı) Ve Sodyum Karbonat(Şeffaf) Karışımları	55
Şekil 3. 40. Deney Tüpü Sporunda 1 Saat Bekletilmiş Numune Örnekleri	56
Şekil 3. 41. Hach Lange Dr 6000 UV-VIS Spektrofotometre.....	56
Şekil 3. 42. Wisetherm Soxsalet Cihazı,	57
Şekil 3. 43. Heidolph Hei-Vap Markalı Evaporatör Cihazı	58
Şekil 3. 44. Weightlab Instruments WH-5002 0,01 Hassas Terazı	58
Şekil 3. 45. Etanol Dietileter Karışımı	58
Şekil 3. 46. Etanol Dietileter Fenolftaleyn Karışımı.....	59
Şekil 3. 47. Mezür Yardımıyla 50 ml Etanol Dietileter Fenolftaleyn Karışımının Numuneye Aktarımı.....	59
Şekil 3. 48. KOH İle Yapılan Titrasyon İşlemi	60
Şekil 3. 49. Blenderdan Geçirilmiş İşlem Görmemiş Fındık Numunesi	60

Şekil 3. 50. Bez İçerisine Yerleştirilmiş Toz Fındık Numunesinin Preslenerek Yağ Çıkarımı	61
Şekil 3. 51. Preslenen Numuneden Çıkarılan Yağ Numunesi Tartımı	61
Şekil 3. 52. KOH İle Titrasyonu Sonrası Pembe Renk Eldesi	62
Şekil 3. 53. Titrasyon Sonrası İşlem Görmemiş Fındık Numunesi Titrasyon Sonucu Oluşan Renk.....	62
Şekil 3. 54. Aqualab 4TE Su Aktivite Cihazı.....	63
Şekil 3. 55. Blenderdan Geçirilmiş Petri Kabına Boşluk Kalmayacak Şekilde Yayılmış Fındık Numunesi	64
Şekil 3. 56. Miniscan EZ 4500L Spektrofotometre	64
Şekil 4. 1. High 10 Parametresinde İşlenmiş Fındık.....	68

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. 1. Mal Grubu Bazında Türkiye Geneli Fındık ve Mamulleri İhracat Tablosu (Ton).....	9
Tablo 1. 2. Türkiye Geneli Fındık ve Fındık Türevlerinde Elde Edilen Mamullerin 1 Şubat-31 Ocak Tarihleri Arasındaki 12 Aylık İhracat Tablosu (Dolar).....	9
Tablo 4. 2. Giresun Fiskobirlik Efit Tarafından Yapılan Aflatoksin Analiz Sonuçları	69
Tablo 4. 3. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındıkların Nem Tayini Tablosu.....	70
Tablo 4. 4. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındıkların Kül Tayini Tablosu.....	70
Tablo 4. 5. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındığın Renk Analizi Tablosu.....	71
Tablo 4. 6. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındık Numunelerinin ve Naturel Fındık Numunesinin Su Aktivitesi Tablosu	71
Tablo 4. 7. Tasarlanan Sistemde Yapılan İşlem Sonrası ve Naturel Fındık Serbest Yağ Asitliği Oleik Asit Cinsinden Tablosu	72
Tablo 4. 8. Tasarlanan Sistem Tasarlanan Sistemde Yapılan İşlem Sonrası ve Naturel Fındık Fenolik Madde Tayini Tablosu	72

MİKRODALGA İLE ISITMA YÖNTEMİNİN FINDIK KAVURMA SÜRECİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Türkiye’de fındık üretim hacminin büyük bir kısmı Karadeniz bölgesinde gerçekleştirilmektedir. Fındık meyvesi çiğ olarak tüketilebileceği gibi işlenmiş (kurutma, kavurma vb.) olarak da tüketilebilmektedir. Fındığın işlenme koşullarındaki girdi maliyetleri fındık maliyetlerini büyük oranda etkilemektedir. Fındığın işlenmesinde geleneksel yöntemlerin yanı sıra farklı teknolojilere sahip yöntemler de kullanılabilmektedir. Mikrodalga yöntemi ile ürünlere ısı işlem uygulanması (ısıtma-piştirme-kavurma vb.) geleneksel yöntemlere kıyasla daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışmada fındık meyvesinin kavrulması için bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen deney düzeneğın ahşap ve sac metal yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulmuştur. Mikrodalga fırınlar içerisinde ürünlerdeki kavrulmanın homojen bir şekilde gerçekleştirilmesi için hareketli bir bant sistemi ve bant sisteminde kademeli olarak ayarlanabilir bir DC motor kullanılmıştır. Tasarlanan kavurma ünitesinin üst kısımda yer alan sac metalin yan tarafına kontrol panelleri ikinci ve üçüncü mikrodalgayı kontrol etmek için boşluklar bırakılmış ve kaydırmalı kapaklar yapılmıştır. Tasarlanan Mikrodalga kontrol paneli sayesinde tasarlanan sistem 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20,25,30 ve 35 dk sürelerde çalıştırılabilmekte ve Low, M.low, Med. M.high ve High mikrodalga elektromanyetik dalga aralıkları oluşturulabilmektedir. Deney parametreleri uygulanan fındık örneklerinin incelenerek nem tayini, kül tayini, renk analizi, su aktivitesi, serbest yağ asitliği ve toplam fenolik madde tayini analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen farklı parametrelere ait fındık örneklerine ait kalite parametre sonuçlarının standartlara uygun olduğu ve mikrodalga yöntemi ile kavurma işleminin kavurma uygulamalarında kullanılabileceği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Mikrodalga Fırın, Fındık, İşlenmiş Fındık, Kavurma

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF MICROWAVE HEATING METHOD ON THE ROASTING PROCESS OF HAZELNUT

ABSTRACT

Most of the hazelnut production volume in Turkey is carried out in the Black Sea region. Hazelnut fruit can be consumed raw as well as processed (drying, roasting, etc.). Input costs in hazelnut processing conditions greatly affect hazelnut costs. In the processing of hazelnuts, methods with different technologies can be used as well as traditional methods. Heat treatment of products (heating-cooking-roasting, etc.) with microwave method can be realized in a shorter time compared to traditional methods. In this study, a band microwave product roasting system was designed and manufactured for roasting hazelnut fruit. The designed experimental setup was created using wood and sheet metal construction materials. In order to achieve homogeneous roasting of the products in microwave ovens, a moving belt system and a gradually adjustable DC motor are used in the belt system. Control panels were left on the side of the sheet metal on the upper part of the designed roasting unit, spaces were left to control the second and third microwave, and sliding covers were made. Thanks to the designed Microwave control panel, the designed system can be operated for 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,15,20,25,30 and 35 minutes and Low, M.low, Med. M.high and High microwave electromagnetic wave ranges can be created. Moisture, ash, colour, water activity, free fatty acidity and total phenolic content were analyzed by examining the hazelnut samples, whose experimental parameters were applied. As a result of the study, it has been determined that the quality parameter results of hazelnut samples belonging to different parameters are by the standards and that microwave roasting can be used in roasting applications.

Keywords: Microwave Oven, Hazelnut, Processed Hazelnut, Roasting

BÖLÜM 1.GİRİŞ

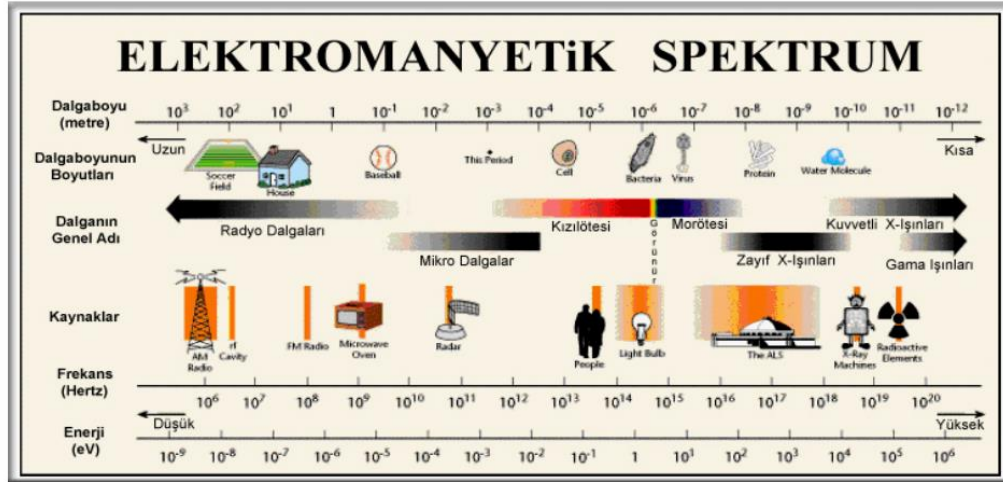
Enerji geleneksel ısıtma işleminde malzemeye, malzemenin yüzeylerinden ısı taşınımı, iletimi ve radyasyonu yoluyla üç farklı şekilde aktarılır. Buna karşılık, mikrodalga yönteminde ise ısı malzemeye elektromanyetik alanla moleküler etkileşim yoluyla doğrudan iletilir. Geleneksel yöntemlerde, enerji malzemeye termal gradyanlar yoluyla aktarılırken, mikrodalga yönteminde ısıtma işlemi kaynaktan gelen radyasyonun hedef malzemenin molekülleri ile doğrudan etkileşimi yoluyla elektromanyetik enerjinin termal enerjiye dönüştürülmesi sonucunda gerçekleştirilir. Mikrodalgalar malzemelere nüfuz edip enerji biriktirebildiğinden, malzemenin hacmi boyunca ısı üretilebilir. Enerji aktarımı, yüzeylerden ısı yayılması prensibine dayanmaz ve nispeten daha kalın malzemelerin hızlı ve homojen bir şekilde ısıtılmasına olanak sağlar. Mikrodalgalar malzemenin hacmi boyunca enerji aktarabildiğinden, işlem süresini kısaltma ve genel kaliteyi geliştirme potansiyeli mevcuttur. Mikrodalga fırın teknolojisi günümüzde geleneksel ısıtma yöntemine kıyasla daha kısa sürede pişirme ve enerjiden tasarruf sağlaması noktasında popüler hale gelmiştir (Thostenson ve Chou, 1999; Venkatesh ve Raghavan, 2004).

Gıdaların mikrodalga ısıtmasını etkileyen farklı parametreler mevcuttur. Bunlar frekans, mikrodalga gücü ve ısıtma hızı, sıcaklık, gıdanın kütlesi, su içeriği, yoğunluk, fiziksel geometrisi, termal özellikler, elektriksel özellikler, dielektrik özellikler, başlangıç sıcaklığı, yoğunluk ve homojenliktir. Gıdanın başlangıç sıcaklığı ne kadar yüksekse, mikrodalgalar tarafından o kadar hızlı ısıtılacaktır. Yiyeceğin içeriği ne kadar yoğunsa, mikrodalgalarla pişirilmesi de o kadar uzun sürecektir. Bir gıdanın içeriği ne kadar homojen olursa, mikrodalga ışınlarının da yiyecek tarafından emilimi o kadar fazla ve eşit olacaktır. Dolayısıyla pişirme için de o kadar az zaman gerekecektir (Harrison, 1980; Konak ve ark., 2009).

Son yıllarda mikrodalga kurutma, meyveler, sebzeler, atıştırmalık yiyecekler ve süt ürünleri gibi çeşitli gıda ürünleri için alternatif bir kurutma yöntemi olarak popülerlik kazanmıştır. Geleneksel sistemlerde, yüzeye uygulanan ısı, suyun uzaklaşan cephesinde buharlaşması için neme dayanıklı bir kurutucu katman yoluyla taşınması gerekir. Bir mikrodalga kurutma sisteminde, mikrodalgalar inert kuru katmanlara kolayca nüfuz edebilir ve doğrudan su cephesindeki nem tarafından emilir. Hızlı enerji emilimi, suyun hızlı bir şekilde buharlaşmasına (kaynamasına) neden olur (Wang ve ark., 2004). Mikrodalga uygulamaları günümüzde popüler bir hal alıp endüstriyel malzeme kurutma ve eritmede, gıda işlemede, kimyasal reaksiyonlarda, plazma üretiminde, atık işlemede, sinterlemede ve geri dönüşümlerde kullanılmaktadır. Gıda işlemede mikrodalga uygulamalarının daha çok Orta ve Doğu Avrupa bölgelerinde kullanımı yaygın olmakla beraber dünya tarafından tanınmıştır (Gwarek ve Celuch-Marcysiak, 2004).

1.1. Mikrodalga Yöntemi ve Mikrodalga Fırın Teknolojisi

Mikrodalgalar, malzeme özelliklerine bağlı olarak yansıtılabilen, iletilebilen veya absorbe edilebilen yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalardır (Gowen ve ark., 2006). Mikrodalga radyasyonu, elektromanyetik radyasyon spektrumunun havada 300 ila 300.000 MHz frekansları ile 1 m - 1 mm dalga boyları arasında kalan kısmıdır. Spektrumun diğer bölümleri arasında gama ışınları, x ışınları, ultraviyole ışınlar, görünür ışınlar ve radyo dalgaları yer almaktadır. Gama ışınları ve x-ışınları iyonlaştırıcı ışınlardır. Gamma ışınları, radyoaktif parçalanmadan sonra uyarılmış çekirdekten yayınlanan elektromanyetik radyasyondur. Gamma ışınları ile x-ışınları arasındaki fark, gamma ışınlarının çekirdekten, x-ışınlarının ise atomun en iç tabakalarındaki elektromanyetik geçişlerden yayınlanmasıdır (Lambert, 1980). Şekil 1.1'de Elektromanyetik Spektrum gösterilmiştir.



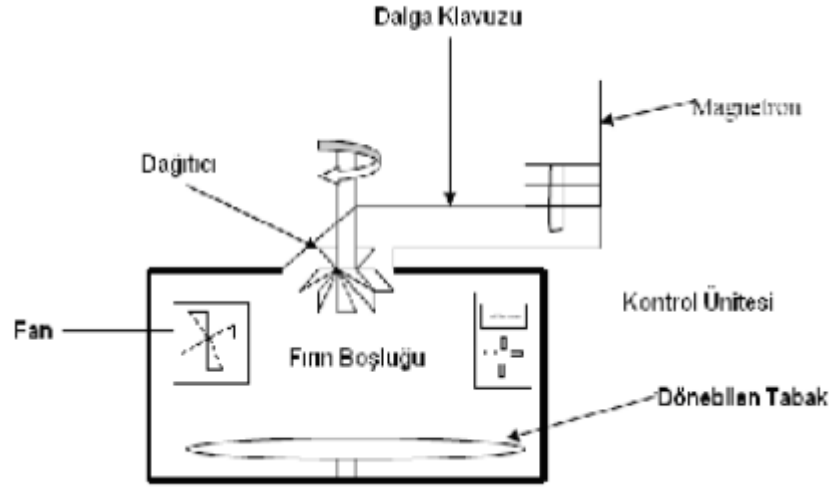
Şekil 1. 1. Elektromanyetik Spektrum (Türkkan ve Pala, 2009)

Mikrodalgalar, ışık hızında hareket eden çok kısa elektromanyetik enerji dalgalarıdır. Mikrodalga fırınlarda kullanılan mikrodalgalar, radyo ve televizyon yayıncılığında kullanılan sinyaller ile aynı frekans ailesindedir. Bilim insanları elektromanyetik enerjiyi, elektromanyetik spektrum olarak bilinen sürekli bir aralıkta dağıtılan belirli bir dalga boyuna ve frekansa sahip dalgalar olarak nitelendirmektedirler. Görünür ışık dalgalarının dalga boyu 400 ila 700 milimikrondur ve tipik x ışınlarının uzunluğu 0,01 milimikron ve frekansı 30×10^{12} milyondur. Mikrodalgalar (kısık dalgalar veya yüksek frekanslı radyo dalgaları), 0,1 milimetre uzunlukları ve 3×10^9 Hz frekansı ile en kısık radyo dalgalarıdır. Radyo dalgaları ve görünür ışık arasında, enerji spektrumunun iyonlaştırıcı olmayan kısmında bulunurlar. X ışınları, gama ışınları ve kozmik ışınlar tarafından üretilen yüksek frekanslara (saniyede milyonlarca trilyon döngü) kıyasla daha düşük frekanslara sahiptirler. Mikrodalgalar bu nedenle güvenli bir şekilde ısı üretebilir ve yiyeceklerin radyoaktif hale gelmesine neden olmazlar. Mikrodalgalar çoğu metalden yansıtılırken diğerk birçok maddenin atomlarında endüktif rezonans oluşturur (Ishii, 1995).

Elektromanyetik dalgaları kullanarak yemek pişiren-ısıtan fırınlara mikrodalga fırın denir. Mikrodalga fırınlarında kullanılan, mikrodalga 2450 ± 50 Mhz arasında değişmektedir. Mikrodalga ile bir malzemenin iyonlaşması, malzemenin (+) ve (-) iyonlarına bölünerek bozulmasından kaynaklanmaktadır. Bir malzemenin polarizasyonu ise, yapısını oluşturan malzemenin moleküllerinin belirli oranda (+) ve

(-) kutuplara ayrılması anlamına gelmektedir. 1940’lardan bu yana kullanılan mikrodalgalar günümüzde gıda ve kimya mühendisliği alanlarında, polimer ve seramik sanayisinde, tıpta, gıda işleme alanlarında kullanılmaktadır. Gıda işleme de mikrodalga dondurmada, kurutmada, tavlama, çözmede, pişirmede, sterilizasyonda, pastörizasyonda, ısıtmada ve fırınlamada kullanılmaktadır. Mikrodalga enerjisi ürün içerisindeki molekülleri harekete geçirerek sürtünme meydana getirip hacimsel kaynaklı daha düşük dirençli ısı kaynağı oluşturmaktadır. Su birçok ürünün içerisinde bulunmakta olup çift kutuplu yapısı nedeniyle mikrodalga enerjisini termal enerjiye çevirmede büyük rol oynamaktadır. Mikrodalga fırınlarda elektrik dalgaları fırın içerisindeki yüksek gerilim trafosu, kondansatör, diyot gibi elemanlar sayesinde kısa dalga boylu yüksek frekansa dönüştürülür. Bu dalgalar fırın boşluğuna aktarılır. Yüksek frekanslı ortamda gıda moleküllerini yüksek hızda titreştirir. Böylece moleküllerin titreşimi ısıya dönüşür. Bu ısı gıdanın yapısını bozmadan pişirilmesini sağlar. Klasik fırınlardan farkı, yiyeceğin içinde oluşan ve dışarıdan ulaşmayan ısıdır (Demir ve Şahin, 2010; Oliveira ve Franca, 2002).

Mikrodalga fırın şematik gösterimi Şekil 1.2’de yer almaktadır. Mikrodalga fırın, mikrodalga üreten bir magnetron, üretilen mikrodalganın fırın içinde yayılmasını sağlayan bir dalga yayıcı ve fırın boşluğundan oluşur. Yayılan mikrodalganın fırın içinde düzgün dağılımını sağlamak için ya döner tabla ya da dalga yayıcıdan hemen sonra yerleştirilen bir pervane kullanılır. Ayrıca ısınan besinin yaydığı sıcaklık sonucu ısınan havanın fırın içinde birikmesini önlemek için bir havalandırma sistemi bulunur. Mikrodalga ısıtma sistemi güç ünitesi, rezonatör ve kontrol ünitesi olmak üzere 3 temel bölümden meydana gelmektedir. Güç ünitesi frekansların meydana geldiği kaynak ve elektromanyetik enerjinin rezonatöre geçiş yaparak dalga kılavuzu yardımıyla oluşmaktadır. Rezonatör kısmında ise ürün mikrodalga etkisinde bırakılarak buhar veya sıcak hava vererek çalışma gerçekleşmesi için bir takım araç gereç yardımıyla bağlanması gereken rezonatörden oluşmaktadır. Son olarak kontrol ünitesi ise bu ısıtıcıdan daha iyi bir performans alabilmek ve düzene koymak amaçlı kullanılan bir ünedir. Mikrodalga gücünü meydana getiren magnetron tüpleridir (Karaaslan, 2008; Ekin, 2013; Mekonnen, 2018)



Şekil 1. 2. Mikrodalga Fırın

Genel olarak mikrodalga fırınların avantaj ve dezavantajlarını inceleyecek olursak, Ürünün kısa süre de hızlı bir şekilde ısınmasını sağlamaktadır. Kullanım ve bakım açısından kolay olmakla beraber kapladığı alan küçüktür. Kimyasal maddeler kolayca ısınabilmektedir. Üründe hijyenik bir ısıtma gerçekleşmektedir. Enerji bakımından verim yüksek olmakla beraber ürünün ısınma işlemi homojen bir şekilde gerçekleşmektedir. Mikrodalga ile ısıtma hacimsel ve seçici olmakla birlikte istenilen sonuçlar elde edilebilmesi için diğer ısı akış yöntemleriyle harmanlanarak kullanılabilmesi genel avantajları olarak değerlendirilmektedir.

Mikrodalga içerisinde bulunan magnetronlar geleneksel yöntemle ısıtmaya göre daha pahalı olmaktadır. Sağlık açısından radyasyon kaçacağını önlemek açısından kapalı bir sistem oluşturması zorunlu tutulmaktadır. Mikrodalga yöntemiyle ısıtmada diğer yöntemlere göre farklı tedbirler alınması gerekmektedir. Metal yüzeylerde yansıma gerçekleştirirler. Mikrodalga fırın eğitimsiz insanlar tarafından kullanılması önerilmemektedir. Ürünün şekline boyutuna göre merkezinde tam ısınma gerçekleşmeme ihtimali bulunması ise dezavantajları olarak sıralanabilmektedir.

1.2. Fındığın Hakkında Genel Bilgi, Yetiştirilme Koşulları, Üretimi

Fındık meyvesi basit, yuvarlak yapraklar kenarları çift dişli iken uçları sivri olan çiçekleri yapraklardan önce açan bir evcikli, 5-12 cm aralığında kedicik şekilli erkek çiçekler sarı renkte, dişi çiçekler ise tomurcuklarda kış ayları süresince kendini saklamakta olup 1-3 mm aralığında kırmızı renkte olmaktadır. 1-2,5 cm aralığında uzunlukları değişkenlik gösteren 1-2 cm çapında Nus meyve olarak bilinmekte olan kabuk dışını saran kadehciklere sahip ayrıca kadehcğin yapısı ve şekline bağlı olarak fındık çeşitlerini belirlemekte önemli bir yere sahiptir. Fındık meyvesi kışları ılık geçen nemli ve humuslu toprakları seven yıllık yağış oranının 1000-2000 mm olduğu yerlerde 2°C altında olmayan yerlerde yetiştirilmektedir. Eğer sıcaklık 2°C nin altına düşerse bu durum fındık meyvesinin hasat oranında ve kalitesinde olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Dünya’da optimum şartların sağlandığı en seçkin yer Doğu Karadeniz bölgesi olmakla beraber Trabzon-Giresun-Ordu şehirlerinde yetiştirilen fındıklar tarım tipi bakımından monokültür olarak yapılmakta ve ticari olarak yüksek değere sahip olmaktadır. Fındık meyvesi Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz bölgelerinin her ikisinde de yetişmekte olup Türkiye fındık üretiminin %80 ini Karadeniz bölgesinden temin etmekte ayrıca Dünya’da fındık üretiminde birinci olmakla beraber Dünya fındık üretimi göz önüne alındığında dünyanın %62-65 oranında ihtiyacını gidermekte olup Türkiye’de üretilen fındığın lezzet ve kalitesi bakımından önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Fındığın kalitesi ve lezzeti fındığın verimine bağlıdır (Fiskobirlik Efit, 2021).

Fındık Türkiye’ye 2300 sene evvel Karadeniz sahillerinde yetiştirildiği yazılı olarak kaydedilmiştir. Fındık üretiminde Türkiye ilk sırada yer alıp Dünyadaki üretimin %75’lik kısmını karşılamaktadır ayrıca üretimi yapılan fındıkların %70-75 oranı ihraç edilmektedir. 550-600 hektar alanı kapsayan fındık arazilerinde doğrudan 4.000.000 insan fındıkla uğraşmaktadır. Türkiye için fındık üretimi sosyo-ekonomik açıdan önemlidir. Ayrıca Türk fındığı kalite bakımından da üstünlüğünü korumaktadır. Dünya’da fındık tarımında ilk sırada yer alan Türkiye’de üretim alanları 2 standart altında toplanmaktadır. Artvin, Trabzon, Rize, Giresun, Ordu 1.standart bölge olarak

tanımlanırken Kocaeli, Zonguldak, Düzce, Bolu, Kastamonu, Sinop ve Samsun 2. standart bölge olarak tanımlanmaktadır (Giresun Ticaret Borsası, 2021).

Şekil 1.3'te verilen fındık gruplarının şekillerine ve kültür çeşitlerine göre ayrımı görülmektedir. Yuvarlak fındığın acı, cavcava, çakıldak, foşa, kalinkara, kan, kargalak, mincane, palaz, tombul, uzun musa ve kara fındık gibi çeşitleri mevcuttur. Sivri fındıklar ise ince kara, kuş ve sivri fındık çeşitliliğine sahipken uzun fındıklar yuvarlak badem ve yassı badem olmak üzere 2 farklı kültür çeşidine sahiptir. Fındık şekilleri ve grupları Şekil 1.3'te yer almaktadır.

Yuvarlak fındık (tombul fındık); Giresun kalitesinde olmayan diğer fındıklar lavantin fındık olarak bilinir. Büyüklükleri orta derece olup kalite bakımından yüksek fındıklardır. Yağ, protein ve randıman bakımından diğer fındıklara göre oranları daha yüksektir. Şekilleri kırılmaya elverişli fakat kabuk ile fındık içi arasında boşluk yok denecek kadar az olduğundan meyve üzerinde vurgunlar meydana gelebilmektedir. Dünya genelinde tombul fındık bir numara olarak yerini korurken palaz, Foşa, Mincane türleri de dünyanın kaliteli fındıkları arasında yer almaktadır (Ceran, 2018).

FINDIK ŞEKİLLERİ VE GRUPLARI	ŞEKİL GRUPLARINA GÖRE KÜLTÜR ÇEŞİTLERİ
YUVARLAK 	-ACI -CAVCAVA -ÇAKILDAK -FOŞA -KALINKARA -KAN -KARGALAK -MİNCANE -PALAZ -TOMBUL -UZUN MUSA -KARAFINDIK
SİVRİ 	-İNCEKARA -KUŞ -SİVRİ
UZUN 	-YUVARLAK BADEM -YASSI BADEM

Şekil 1. 3. Fındık Şekilleri ve Grupları (Ceran, 2018; Köksal ve ark., 2006)

Fındık üreticiliği Türkiye’de geçmişten günümüze kadar devam eden maddi anlamda ülkemize kazançlar sağlayan bir üründür. Ayrıca fındık üretiminde dünya sıralamasında 1. sırada bulunmaktadır. Türkiye fındık üretiminde 1.sırada bulunmasına rağmen ürün eldesi diğer ülkelere göre azdır. Bunun asıl sebebi hatalı ve denetimsiz yetiştiriciliğin yapılmasıdır. Çikolata sanayisinde, şekerlemelerde vb. alanların yanı sıra kuruyemiş olarak tüketilmektedir (Gürsoy, 2021).

Fındıkkabuğunun uzaklaştırılmasının ardından kavrulmuş, beyazlatılmış, kıyılmış, dilimlenmiş, un, ezme veya püre halinde piyasa raflarında yerini almaktadır. Ayrıca kek, pasta, bisküvi, şekerleme, çikolata, draje, nuga, helva yapımında kullanılmakta olup sebze, meyve balık, makarna, erişte, tavuk vb. ürünlerde sos olarak ta kullanılmaktadır. Kahvaltı masalarında yer alan peynir ezmelerinde, ekmek üretiminde ve yoğurtlarda aroma sağlayıcı olarak yerini almaktadır. Vurgunlu, ezik ve kırık iç fındıklar yemeklik yağ yapımında, gizli çürük, limonlaşmış, çürük fındıklar kozmetik ve sabun sanayisinde kullanılmaktadır. Bozuk fındıklardan elde edilmiş yağlar yağlı boya endüstrisinde ve aletlerin yağlanması da kullanılır. Yağı uzaklaştırılmış fındık küspeleri pasta üretiminde, kümes ve süt hayvanlarının besisinde kullanılırken fındık zurufu ise hayvan yemlerinde kullanılmaktadır (Şimşek ve Arslantaş, 1999; Kırca ve ark., 2018).

Bu tez çalışması kapsamında tombul fındık numunesi kullanılacaktır. Dolayısıyla bu bölümde tombul fındığın özellikleri incelenmiştir.

Tablo 1.1’de İstanbul Fındık İhracatçıları Birliği tarafından Fındık ve Mamulleri İhracat Değerlendirmesi Raporunda Türkiye genelinde fındık ve fındık türevlerinden elde edilen mamullerin ihracatı ton bakımından incelenmiştir. 2020 ve 2021 yıllarında ocak ayında ne kadar üretim olduğu ve bu yıllar arasında değişim ve yüzdelik payları ifade edilmektedir.

Tablo 1. 1. Mal Grubu Bazında Türkiye Geneli Fındık ve Mamulleri İhracat Tablosu (Ton) (İstanbul Fındık İhracatçıları, Birliği 2021)

Mal Grupları Bazında Türkiye Geneli Fındık ve Mamulleri İhracatı (Ton)					
Ana Sınıflandırma	Alt Sınıflandırma	Ocak			
		2020	2021	Değ.(%)	Pay (%)
Fındık ve Mamulleri	İç Fındık	16.401	16.818	2.54 %	64,39%
	İşlenmiş Fındık	11.170	9.206	-17,58%	35,24%
	Kabuklu Fındık	19	86	340,84%	0,33%
	Bitkisel Yağlar	74	11	-85,33%	0,04%
Genel Toplam		27.664	26.120	-5.58%	100,00%

Tablo 1.2’de İstanbul Fındık İhracatçıları Birliği tarafından Fındık ve Mamulleri İhracat Değerlendirmesi Raporunda Türkiye genelinde fındık ve fındık türevlerinden elde edilen mamullerin ihracatı 1 Şubat-31 Ocak tarihleri arasında son 12 aylık ihracatı dolar bazında incelenmiştir.2019-2020 ve 2020-2021 yıllarında ne kadar getirisi olduğu ve bu yıllar arasında değişim ve yüzdelik payları ifade edilmektedir.

Tablo 1. 2. Türkiye Geneli Fındık ve Fındık Türevlerinde Elde Edilen Mamullerin 1 Şubat-31 Ocak Tarihleri Arasındaki 12 Aylık İhracat Tablosu (Dolar) (İstanbul Fındık İhracatçıları Birliği, 2021)

Mal Grupları Bazında Türkiye Geneli Fındık ve Mamulleri İhracatı Son 12 Aylık (Bin \$)					
Ana Sınıflandırma	Alt Sınıflandırma	01 Şubat-31 Ocak (12 Aylık)			
		2019-2020	2020-2021	Değ.(%)	Pay(%)
Fındık ve Mamulleri	İç Fındık	1.250.416	1.126.530	-9,91%	57,63%
	İşlenmiş Fındık	803.993	825.222	-2,64%	42,22%
	Kabuklu Fındık	1.968	1.457	-25,97%	0,07%
	Bitkisel Yağlar	3.112	1.534	-50,73%	0,08%
Genel Toplam		2.059.490	1.954.742	-5,09%	100,00%

1.3. Fındık Hasat ve Fındıkta Harman Teknolojisi

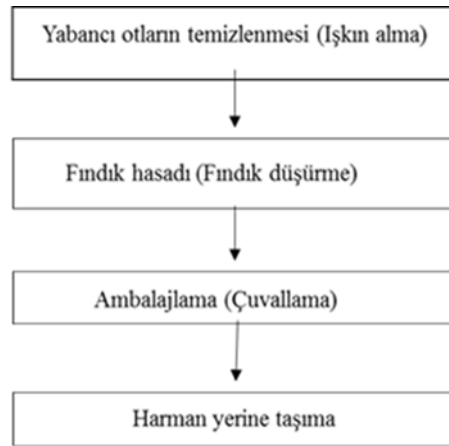
Fındık bahçelerinde hasat işlemi öncesinde genel bir temizlik yapılır. Genel temizlik olarak adlandırdığımız yabancı ot ve dikenler hasattan 5-10 gün öncesinde bahçeden uzaklaştırılır. Tırpan, kirinti, motorlu tırpan vb. araç gereçler kullanılarak yapılır.

Fındığın olgunlaşma evresi tamamlandıktan sonra hasat edilir. Hasat işleminde dikkate alınması gereken en önemli hususlardan bir tanesi bahçe içerisinde bulunan farklı tür fındıkların birbirine karıştırılmamasıdır. Fındık hasadı işlemi doğru zamanda yapıldığı takdirde fındık meyvesinden alınan verim ve kalite değerlerinde artış görülür (Beyhan, 2000). Aynı bahçe içerisinde fındık çeşitliliğinden kaynakları olarak hasat işlemleri aynı zamanda yapılmamalıdır. Eğer fındık çeşitleri aynı zamanlamada hasat olgunluğuna erişmişse de fındıkları karıştırmamak gerekir (Özçağırın ve ark., 2005; Anonim, 2007).

Fındıklar daldan fındık hasadı, yerden fındık hasadı ve makineleşme fındık hasadı olmak üzere 3 farklı şekilde toplanmaktadır. Fındıklar halk dilinde gıdık olarak bilinen sepetlere toplanır ardından çuvallara boşaltılır. Çuvallarda araç aracılığıyla ya da insan gücüyle harmana taşınır. Ülkemizde Doğu Karadeniz ve Batı Karadeniz’de fındık bahçeleri eğimli olduğundan yaygın olarak daldan fındık toplanır. Fındık bahçesinde çalışan işçiler (ameleler) ortalama kişi başı 70-75 kg yaş fındık toplar. Kurutma işleminden sonra kişi başı 23-25 kg fındık elde edilmiş olmaktadır (Anonim, 2007; Ünal 2007). Daldan fındık toplanırken işçilerin en dikkat etmesi gereken durum dalların eski yerlere konulması, diğer dallarla sürtüşme olmaması ve dalların kırılmamasına dikkat edilmelidir (Anonim, 2007). Ayrıca bu tür hasat işleminde fındık erken hasat işlemine tabi tutulduğundan kalite ve verimde azalma olmaktadır (Ünal, 2007; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Yerden fındık hasadı düz ve düze yakın fındık bahçelerinde uygulanmaktadır. Bu nedenle Karadeniz bölgesinde bu hasat şekli oldukça az uygulanmaktadır. Yerden fındık hasadı olgunlaşma evresinin tamamlanmış fındıkların silkelenerek yerden toplanma işlemine denir. Ayrıca toplama şeklinde fındıklar kalite ve verim açısından olumlu sonuçlar doğurmaktadır. Bunun yanı sıra tomurcuklar da zarara uğramamış olmaktadır (Anonim, 2007). Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte fındık bahçelerinde silkme makineleri kullanılmaya başlanmıştır. Yere düşen fındıklara sepetlere toplanıp çuvallara konulur ve harmana götürülür (Özdemir, 2005). Bu hasat şeklinde fındık toplama işlemi 3-5 gün ara ile 3 kez tekrarlanmaktadır. Bir fındık işçisi ortalama olarak 110-120 kg aralığında fındık toplamaktadır. Kurutma işlemine tabi tutulduğunda ise 45-50 kg kuru fındık eldesi sağlanmış olmaktadır (Ünal, 2007). Bu metottaki en önemli faktör fındığın yerde

kalma süresinin oldukça az olması gerekmektedir. Eğer yerde kalış süresinde uzama olursa fındıkta küflenme ve çürüme oluşacağından kalitede düşüşler meydana gelmektedir (Ünal, 2007; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021). Türkiye de fındık tarımındaki makineleşme yetersiz olduğundan fındık üretimi baştan sona incelendiğinde en çok harcama yapılan bölüm toplama masraflarıdır (Ünal, 2007). Fındıklarda makineli hasat işlemi yere düşen ve düşürülen fındıkları vakum gücüyle emerek bir araya getirip toplama bölümünde biriktirmesiyle yapılır. Ayrıca halk dilinde patoz olarak bilinen fındık zurufunu kabuklu fındıktan ayıran ayıklama makinesi de bu grupta yer almaktadır. Fındık toplama makinesi Türkiye’de tercih edilmez. Bunun sebebi arazilerin düz olmamasıdır (Özdemir, 2005).

Fındık bahçelerinde halk dilinde kırpma olarak bilinen yabancı otların kırpma makinesi ile kesilmesi ayrıca halk dilinde atlama olarak adlandırılan fındık ocakları diplerinde oluşan ışkınların temizlenme işlemiyle fındık hasadı için ön hazırlıklar yapılmaktadır. Fındık belirli bir olgunluğa ulaşmasının ardından fındık toplama işlemi gerçekleştirilmektedir. Toplanan fındıklar çuvallara doldurulup harmana taşınmaktadır. Şekil 1.4’de fındık meyvesinin her yıl düzenli olarak yapılan işlem sırası diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 1. 4. Fındık Meyvesi Döngü Diyagramı
(T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021)

Ülkemizde yer alan Karadeniz bölgesinde hasat vakitlerinde küçük değişimler meydana gelse de tarih aralıkları çok değişmemektedir. Fındık hasatları sahil çevresinde 1-10 Ağustos, sahil çevresinin iç kesimlerinde 10-20 ağustos, iç ve yüksek kesimlerde 20 ağustos ve sonrasında hasat işlemi başlamaktadır (Özçağırın ve ark., 2005). Fındık hasadının nasıl yapıldığı ve hasat işleminin ne zaman gerçekleştiği, fındığın kalitesi ve randımanı üzerinde oldukça etkilidir. Yapılan analizler sonrasında hasat kriterleri oluşturulmuştur. (Beyhan, 2000; Özçağırın ve ark., 2005; Anonim, 2007; Ünal, 2007). Bunlar; fındikkabuğunun dışında bulunan zurufun çevresinin büyük çoğunluğunun sararmış ve kızarmış olması (%80), zuruf içerisinde bulunan kabuklu fındığın zuruf içerisinde hareket edebilir durumda olması, fındık ocak dalları hareket ettirildiğinde fındıkların büyük çoğunluğunun yere düşmeye başlamış olması, fındikkabuğunun büyük çoğunluğunun kızarmış olması (% 80), fındık dallarında yer alan fındıkların nem miktarının %28-30 civarında olması, fındikkabuklarının ve içlerinin belirli bir büyüklüğe ulaşması gerekmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

Fındık hasat işlemine tabi tutulduktan sonra zurufundan erkenden ayrılması gerekir. Çünkü fındığın bozulmasını ve bozulmayı hızlandırdığı kaydedilmiştir. Fındığın zuruftan ayırarak uzaklaştırma işlemine harmanlama denir. Zuruftan ayrılmış fındıklar beton ya da toprak zemine serilerek güneş ışınları yardımıyla kurutma işlemine tabi tutulur (Kadayıfçılar ve Uslu, 1978). Fakat hava koşullarına göre zeminin toprak oluşu olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Fındığın sağlıklı bir şekilde depoda muhafaza edilmesi için nem faktörü göz önüne alınarak hareket edilmelidir. Fındık da toplama, soldurma, zuruftan uzaklaştırma ve kurutma uygulamaları yaparak asıl görevin fındık üreticilerinin olduğunu söyleyebiliriz. Fındık hasat işlemine tabi tutulduktan sonra zurufundan erkenden ayrılması gerekir. Çünkü fındığın bozulmasını ve bozulmayı hızlandırdığı kaydedilmiştir. Fındığın zuruftan ayırarak uzaklaştırma işlemine harmanlama denir. Zuruftan ayrılmış fındıklar beton ya da toprak zemine serilerek güneş ışınları yardımıyla kurutma işlemine tabi tutulur (Kadayıfçılar ve Uslu, 1978). Fakat hava koşullarına göre zeminin toprak oluşu olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Fındığın sağlıklı bir şekilde depoda muhafaza edilmesi için nem faktörü göz önüne alınarak hareket edilmelidir. Fındık da toplama, soldurma, zuruftan

uzaklaştırma ve kurutma uygulamaları yaparak asıl görevin fındık üreticilerinin olduğunu söyleyebiliriz. Fındık harmanlarında dikkat edilmesi gereken hususlar;

1. Çevresi açık,
2. Havadar,
3. Ortamdaki suyu uzaklaştıran,
4. Güneş gören,
5. Eğimli,
6. Tercihen beton zemin

Zemin toprakta olabilmektedir. Fakat yağmurlu havalar ile toprak su çekeceğinden fındığın kuruması güçleşecektir. Bunun sonucunda fındıktaki nem oranında artış gerçekleşeceğinden fındığın yapısında bozulmalar meydana gelmektedir (Kadayıfçılar ve Uslu, 1978). Fındıkta kurutma işlemi fındığın toprakla bağlantısını en aza indirmesiyle ya da tamamen kesilmesiyle beraber fındık depolarda uzun süre muhafaza edilebilmektedir (Ünal, 2007).

Şekil 1.5'te sağ tarafta fındık hasadından sonra halk tarafından kavsuk olarak adlandırılan fındığın dış kısmını saran yeşil ya da kahveye dönük fındık kılıfı patoz yardımıyla fındıktan ayrıştırılmıştır. Harmanın sol kısmında ise patozlama işlemi sonrasında fındık kurutma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 1. 5. Fındık Araştırma Enstitüsüne Ait Harman Yeri (Sağda Patozlama İşlemi, Solda Kurutma İşlemi) (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

1.4. Hasat ve Harman Sonrası İşlemler

Depoya konulacak fındıklar içerikleri bakımından optimum seviyede olmalıdır. Özellikle işlem uygulanmamış kabuklu fındıklar derhal işleme tabi tutulmalı ya da depolanmalıdır. Bu nedenle dikkat edilmesi gereken parametreler mevcuttur. Bu parametrelerin dışına çıkılırsa ya da fındık içeriği olumsuz yönde etkilenirse fındık tüketiciye ulaşmadan imha edilir. Fındık içerisinde bulunan doymamış yağ asitleri çok çabuk bozulmasından kaynaklı olarak depolarda saklanması güçleşir. Eğer optimum şartların dışına çıkılırsa fındıkta, ekşime, küflenme, acılaşma mikotoksin vb. olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Depolarda bekletilecek olan fındıkların bozulma oranını en alt seviyeye düşürerek saklama sürelerinde artış sağlanmaktadır (Okuroğlu ve Örüng, 2000; Çetin ve ark., 2000; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2021).

Fındık mamulünde depo koşullarında saklanacak ürünlerde olması gereken birtakım nitelikler bulunmaktadır. Bunlar; TS3074 kabuklu fındık standartlarına göre nem miktarı %12'den fazla olmamakla birlikte fındık içinin nem miktarı %7'den fazla olmamalı, TS3075 iç fındık standartlarına göre iç fındıklar kuru olmakla beraber nem miktarı %6'yı aşmamalı (İşlenmiş fındık standartı, 1993; İç fındık standartı, 2012; Kabuklu fındık standartı, 2015;), depo içerisinde saklanacak fındıklar jüt çuvallar içerisinde yer almalı (Özdemir, 2003; Özdemir, 2005), fındıkların nem miktarı önemli bir detay olduğu unutulmamalı, küflenme kızıışma ve acılaşmanın önüne geçilebilmesi için fındıkların olgunlaşıp yerden toplanması beklenmeli ve son olarak depo içerisinde saklanacak fındıklar birtakım analizlere tabi tutulmalıdır (gizli çürük, nem, aflatoksin, toplam küf) (Memiş ve Keskin, 2016).

Gıdaların kimyasal, fiziksel, duysal özelliklerinin yanı sıra mikrobiyal faaliyetleri ve ürünün içeriği göz önüne alındığında bu özelliklerin olması gerektiği gibi ilerlemesi sonucunda ortaya çıkan süre zarfı gıdanın raf ömrü olarak tanımlanabilmektedir. Fındık Türkiye için önemli bir ihracat ürünüdür. Bu nedenle Fındıkta oluşabilecek kayıpların önüne geçilmelidir. Fındığın işlenmesinde dağıtımında ve satışında gerçekleşen sekmelerde gerekli önlemlerin alınmasının yanı sıra doğru işlemlerin

uygulanması gerekmektedir. Fındık bileşiminde olumsuz sonuçların ortaya çıkması raf ömrünü etkilemektedir (Özdemir ve ark., 1998).

1.5. Fındığın Faydaları, Beslenme ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Fındık geçmişten günümüze kadar olan süreç içerisinde insanların tüketmeyi sevdiği ve besin değeri bakımından da kaliteli bir enerji kaynağı olduğu bilinmektedir. Fındık içeriğinde %55-66 yağ, %14-16 protein, %11-22 karbonhidrat, %4,5-5 su, %2 kül bulunmasının yanı sıra içerisinde mangan, fosfor, magnezyum, sodyum, çinko, B₁, B₂, B₆ vitaminleri ve aminoasitler bulunmaktadır.

Yapısında bulunan kalsiyum kemik ve diş gelişimine yardımcı olmaktadır. İçerisinde bulunan E vitamini kas, kalp sağlığının yanı sıra üreme sistemlerinin uygun değerlerde stabil olarak ilerlemesini ve kansere neden olabilecek etmenlerin oluşumunu engelleme gibi bir özelliğe sahiptir. Kansızlık oluşumunu engellemede de büyük bir öneme sahiptir ve atardamarlardaki kanın pıhtılaşma oranında düşüşe neden olmaktadır. Ayrıca kan kolesterol seviyesinde azalma gerçekleştirerek kalp damar hastalıklarının da önüne geçebilmektedir. Kan içerisinde yağları taşıyan lipoprotein (HDL) miktarında artışa neden olmakla birlikte böylelikle kolesterol artışını engellemektedir. Büyüme ve cinsiyet hormonları iyileştirmesinde çinko rol oynamaktadır. Ayrıca kas dokusu ve sinir uyarıcıların çalışmasını etkileyen potasyum bakımından verimli bir meyvedir (Kayalak, 2009).

Fındık insanların damak zevkine uygun olmakla beraber beslenme ve sağlık bakımından büyük bir öneme sahiptir. B₆ ve E vitamini içinde bulunduran harikulade bir besindir. Gün içerisinde 25 gr fındık tüketimi E vitamini ihtiyacının %100'ünü karşılarken, B₆ vitamininin %25'ini karşılamaktadır. Amerika'da yapılan çalışmalarda E vitamini içeriği en yüksek fındığın Tombul fındık olduğu tespit edilmiştir (Özdemir ve ark., 1998).

Bu alışmada Giresun tombul findıkların farklı sıcaklık-süre koşullarında mikrodalga kurutma etkinliğinin findık kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



BÖLÜM 2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Tez çalışması kapsamında bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yapılan çalışmada 700 Watt gücünde Awox H20 ev tipi mikrodalga fırın kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen numunelerin kimyasal, fiziksel ve duyusal özellikleri incelenmiştir.

Demir ve Cronin (2005), farklı sıcaklıklarda ve farklı kavurma sürelerinde kuru kavrulmuş fındıklarda tekstür değişiklikleri enstrümantal analiz kullanılarak incelenmişlerdir. Yazarlar çalışmada maksimum kuvveti ilk kırılma noktası doku ölçüsü olarak belirlemişlerdir ve karşılık gelen bir doku değişim modeli için parametrelerin büyüklükleri doğrusal regresyon kullanılarak belirlemişlerdir. Çalışmada, yapılan istatistiksel analizin, kavurma süresi ile dokudaki değişimin birinci dereceden bir reaksiyonla temsil edildiğini göstermişlerdir. Çalışma sonucunda fındıklardaki dokusal değişiklikler üzerinde hem zaman hem de sıcaklık etkilerinin önemli olduğunu göstermişlerdir.

Dadalı (2007), Araştırmacı çalışmada bamya ve ıspanak sebzelerinin kurutma kinetikleri incelemiş, mikrodalga tekniği ile kurutulması sırasında meydana gelen renk değişimleri ve kurutma sonucundaki rehidrasyon oranları, Vitamin C değerleri ve doku özelliklerindeki değişimlerini araştırmıştır. Çalışma sonucunda; mikrodalga gücü arttıkça ve kurutulan numune ağırlığı azaldıkça numunelerin kurutma sürelerinin azaldığını tespit etmiştir. Kurutulan bamya numunesinde renk değişimleri gözlemlenirken, ıspanak numunesinde renk değişimlerinin meydana gelmediğini gözlemlemiştir. Rehidrasyon kapasiteleri için yapılan çalışmalarda, bamya ve ıspanak numunelerinin 300 °C sıcaklıkta rehidrasyon işlemine tabi tutulmaları sonucunda, numunelerin geri absorplayabildikleri su miktarlarının sırasıyla yaklaşık olarak %96 ve %78 değerlerine sahip olduğu tespit etmiştir. Ayrıca araştırmacı, çalışmada biyokimyasal değişimlerin daha iyi açıklanabilmesi için, Vitamin C kayıplarını da

incelmiştir. Mikrodalga ile kurutma tekniği ile ürünlerin kurutulması sonucunda bamya ve ıspanak numunelerinin sahip oldukları Vitamin C değerlerinin sırasıyla %40.32 ve %27.45'ini kaybettikleri gözlemlenmiştir.

Bayrakçı (2008), araştırmacı çalışmada, iki farklı buğday türünü mikrodalga yöntemi kullanarak tavlama işlemi uygulamıştır. Mikrodalga yönteminde 4 farklı sıcaklık değerinde ısıtma ve 3 dakika dinlenme yaparak işlemlerine devam etmiştir. Mikrodalga işlemi uygulanmayan şahit buğdaylar farklı sürelerde dinlendirilmiştir. Araştırmacı tavlamanın buğdayları laboratuvar değirmeninde öğütülüp elde edilen unlar üzerinde bazı fiziksel, kimyasal ve teknolojik analizler yapmıştır. Aynı örneklerin unlarından ekmek denemeleri yapmış ve ekmeklerin niteleyici ve duyusal özellikleri incelemiştir. Tavlama mikrodalga işlemi uygulanan buğdaylarda normal tavlama işlemi uygulanan şahit örneklerle göre un verimi artarken, kül miktarı düşmüş, sonuçlar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Alveogramda 70°C'ye kadar su kaldırma, direnç, enerji, elastikiyet değerleri istatistiki olarak önemli artış göstermiştir. Ancak 70 °C ve üzerindeki uygulamalar ekmeklik kalitesine olumsuz etki meydana geldiğini tespit etmiştir. En iyi sonuçları 55 °C sıcaklıkta elde etmiştir. Bu kalite artışı, ekmek pişirme denemelerinde de, ekmeğin hem dış hem de iç özelliklerinde gözlenmiştir. Çalışma sonucunda laboratuvar şartlarında buğdaylara mikrodalga uygulanması ile un veriminde artış sağlanırken kül miktarında azalma olmuş, unun teknolojik kalite özelliklerinde ve ekmek hacminde artış gözlenmiş, normal tavlama kıyasla mikrodalga ile tavlamanın daha kısa sürede daha iyi sonuçlar elde edildiğini, un ve öğütme kalitesini artırdığı, tespit etmiştir.

Uysal ve ark. (2009), fındığın kavrulmasında mikrodalga-kızılötesi kombinasyonlu bir fırının kullanımının kavrulma üzerine etkisini incelemişlerdir. Yazarlar çalışmada fındığın kavrulmasında, fındıkların L* değeri, a* değeri, tekstürel özellikler ve nem içeriği yanıtları için regresyon modelleri elde etmişler ve yanıt yüzeyi metodolojisi kullanılarak optimum kavurma koşulları belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda yazarlar, fındık için %90 mikrodalga gücünde 2,5 dakikalık kavurma süresi, %60 üst halojen lamba gücü ve %20 alt halojen lamba gücünde optimum kavurma koşullarının elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Çelen (2010), araştırmacı mikrodalga ve vakum tipi bir kurutucuda kurutulmuş domates ve elma dilimlerinin kalitesini incelemiştir. Kurutma zamanının azalmasının renk kalitesi üzerine etkisi incelemiş ve doğrusal olmayan bir kurutma sürecinin Luikov modeli kullanılarak matematiksel model geliştirmiştir. Kurutma sürecinin enerji maliyetini azaltacak, ürün kalitesini arttıracak ve kurutma süresini azaltacak bir kontrol mekanizması geliştirmiştir. Ek olarak matematiksel model ile gerçek durumlar arasındaki ilişkinin önceden çalışmalar yapmıştır.

Sarı ve Karaaslan (2014), ilk nem içeriği %88 olan ananas meyvesini kuruma süresine bağlı olarak; farklı mikrodalga güçleri ve sıcaklıklar ile ürünün nem içeriğini % 7 oranına kadar düşürebilmek için kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Kurutma işlemlerini sadece mikrodalga, mikrodalga-sıcak hava kombinasyonu ve sadece sıcak hava kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Deneysel çalışma sonucunda elde ettikleri alınabilir nem oranı (ANO) değerlerini farklı matematiksel modeller ile karşılaştırmışlardır. Matematiksel modeller sonucunda elde edilen tahminlerin standart hatası (SEE), kalanların kareleri toplamı (RSS) ve belirtme katsayısı (R²) sonuçları göz önüne alındığında en iyi matematiksel modelin Midilli-Küçük model eşitliği olduğunu tespit etmişlerdir.

Karaaslan (2014), trabzon hurması numunelerini ilk nem içeriği %75 den %15 seviyelerine düşürülünceye kadar 5 farklı güç seviyesinde kurutmuştur. Nem içeriğini test etmek amacıyla farklı matematiksel modeller ile karşılaştırılmasını yapmıştır. Yapılan çalışma sonucunda Midilli ve Küçük matematiksel modelinin diğer modellere göre kuruma davranışını daha iyi ifade ettiğini göstermişlerdir.

İçier ve ark. (2014), mikrodalga yöntemi ile kurutulan siyah zeytin dilimlerinin; mikrodalga gücünün renk değişimine ve toplam fenolik madde miktarları değişimine etkisini incelemişlerdir. Farklı güç seviyelerinde (540W, 360W, 180W) mikrodalga kurutma sistemleri uygulanarak zeytin numunesi üzerinde yüzey sıcaklığı ve ağırlık kaybı analizi yapmışlardır. Analiz sonucunda en yüksek güç seviyesinde (540W) ürünlerdeki sıcaklık artışı ve ağırlık kaybı ile diğer güç seviyelerine göre daha yüksek

olduğunu tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda siyah zeytin dilimlerinin; pilot veya endüstriyel seviyede kurutulması amacıyla kullanılacak olan mikrodalga kurutma sistemlerinin önemli bir yeri olacağını ileri sürmüşlerdir.

Yılmaz (2015), Araştırmacı mikrodalga ile kurutma analizlerinde farklı mikrodalga güçleri kullanılarak parametreler oluşturulmuş ve brokoli sebzesi üzerinde kuruma süresi, renk, rehidrasyon kapasitesi ve fenolik madde miktarlarının etkileri araştırmıştır. Araştırmacı metot olarak kurutma işlemi uygulamış olup bunun yanı sıra nem analizi, renk tayini, toplam fenolik madde tayini ve rehidrasyon kapasitesini gözlemleyip kayıt altına almıştır. Brokoli sebzesi 2-4 cm uzunluğunda bölünmüş olup parçalanan brokoliler +4°C de muhafaza edilmiştir. Brokoli numuneleri 2 aşamada kurutma işlemine tabi tutulmuştur. Birinci aşama tepsili kurutucu ikinci aşama ise mikrodalga kullanılarak yapılmıştır. Fakat brokoli sebzesinin nem miktarının fazla olmasından dolayı pişme ihtimali göz önün alındığında tüm kurutma işleminin mikrodalga ile yapılmayacağını öne sürmüştür. Numuneler ön denemelere tabi tutulmuş ve bunun sonucunda brokolinin mikrodalgaya giriş nemi %50 olmasını ön görmüştür. Mikrodalga ile kurutma işleminde 3 farklı güç kullanılmıştır. Araştırmacı brokoli numunesinde yanma görülmeye başlayana kadar kurutma gerçekleştirmiş ve bu sayede mikrodalga kurutma süresi belirlemiştir. Bir diğer kurutma işlemi olarak geleneksel sıcak hava ile kurutma sistemi ele almış ve bu kurutma işlemi pilot tipi tepsili kurutucuda sıcak hava ile yapılmıştır. Bu kurutmada ise 20 dakika aralıklarla tartım yapıp nem içeriği %50 oranına gelene dek 140-160 dakika kurutma işlemini devam ettirmiştir. Ön denemelerde elde edilen verileri göz önüne alındığında 3 farklı mikrodalga gücü de kullanarak kurutma süresini belirlemiştir. Bu süre en az 4 dakika en çok 22 dakika olarak tespit edilmiştir. Mikrodalgada kullanılan her güç için son nem oranı ortalama %20 oluncaya dek kurutma işlemi gerçekleştirilmiş ve bu oran yanma işleminin gözlemlenmeye başladığı andaki değer olduğunu kayıt altına almıştır. Çalışmalar 2 kez tekrar edilmiş ve kurutulan brokoliler vakumlu ambalajlarda +4 °C de deneyler gerçekleştirmek için muhafaza etmiştir.

Kılıç (2015), araştırmacı hurma çekirdeği üzerine, analizlerde kullanılan kimyasallar, hurma çekirdeklerinin hazırlanması, analizlerde kullanılan kimyasallar, ekstrakt

hazırlama, nem içeriğinin belirlenmesi, toplam fenolik (TP) analizi, toplam antioksidan kapasitesinin tayini gibi farklı çalışmalar yapmıştır. Çalışmada araştırmacı endüstriyel anlamda öneme sahip olan mebrum türü hurma çekirdeğinin fenolik içeriğini, antioksidan kapasitesini ve aynı tür hurmaları farklı süre zarflarında kavurma işlemi uygulayıp öğütülmesiyle elde edilen kahvelerin fenolik içeriği ve antioksidan içeriğini analiz etmiştir. Analizler için 9 kg hurmadan 500 g hurma çekirdeği elde edilmiş ve çekirdekler hearthware precision coffee roaster yardımıyla sabit sıcaklıkta (200 °C) 5, 10 ve 15 dakika kavrularak öğütülmüştür. Her bir numune için toplam fenolik madde içeriği karşılaştırıldığında, kavrulmadan öğütülmüş çekirdek unundan en yüksek sonuç elde edilmiştir. Bu sonucu, 5 dk kavrulmuş çekirdek ve 10 dk kavrulmuş çekirdek takip etmiştir. En düşük toplam fenolik madde miktarını 15 dk kavrulmuş çekirdeklerde gözlenmiş. Yapılan çalışmada analizler incelendiğinde; nem içeriğinin belirlenmesi, toplam fenolik madde tayini, toplan antioksidan tayini (bu işlem yapılırken DPPH radikal yakalama yöntemi, CUPRAC (Bakır İndirgeyici Antioksidan Kapasitesi) metodu kullanılmıştır ve istatistiksel analizler yapılmıştır.

Süvari (2015), çalışmada araştırmacı, kuruyemiş olarak sıklıkla tüketilen farklı ürünleri (ayçiçeği çekirdeği, badem içi ve yer fıstığı) farklı kavurma sıcaklıkları altında incelemiştir. Sıcaklık değişimlerinin kuruyemiş örneklerindeki besin bileşenlerini, renklerini, duyuşal özelliklerini ve özellikle akrilamid oluşum miktarlarını nasıl etkileyeceğini incelemiştir. Kavurma işlemi uygulanan kuruyemişler üzerinde farklı analizler yaparak kuruyemişteki kuru madde değişimleri, kül miktarı değişimleri, pH değerlerindeki değişimler ve yağ miktarları değişimlerinin önemli olduğunu, protein değişimlerinde de farklılıklar olduğunu öne sürmüştür. Sonuç olarak, yapılan bu çalışma incelendiğinde akrilamid analizine göre elde edilen veriler doğrultusunda sıcaklık artışına paralel olarak akrilamid miktarının da arttığı tespit edilmiştir. Akrilamid oluşumunu en düşük seviyeye getirebilmek için çok yüksek kavurma sıcaklıklarından kaçınılması gerektiğini tespit etmiştir. Çiğ kuruyemiş örneklerinde akrilamide rastlanmadığı yapılan analizler ile doğrulanmış ve badem içi ve fındık içi gibi kuruyemiş çeşitlerinin çiğ olarak da tüketilebileceğini ifade etmiştir. Çalışma sonucunda akrilamid oluşumunu azaltmak için kimyasal güvenilirliği kanıtlanmış tuzlar da kullanılarak kavurma denemelerinin yapılmasına yönelik yeni

çalışmalara ihtiyaç olduğunu önermiş ve bu tuzların minimum konsantrasyonda en etkili olanları tercih edilmesi gerekliliğini vurgulamıştır.

Karaaslan ve ark. (2016), ayva dilimlerinin mikrodalga tipi bir kurutucuda nem oranı ve kuruma hızı ile mikrodalga kurutma karakteristiklerini incelemişlerdir. Ürünler fan destekli mikrodalga tipi bir kurutucuda kurutulmuştur. Farklı mikrodalga güçlerinin, eşit kalınlıklarda dilimlenen ayva dilimlerinin kuruma süresi ve kurutma hızı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Ayva dilimlerini 3,75 g su/g kuru madde ilk nem içeriğinden, 0,12 g su/g kuru madde son nem içeriğine kadar kurutmuşlardır. Kurutma deneyleri süresince dilimler tartılmış ve her 1 dakikada elle yapılan ölçümler yapmışlardır. Deneyler sonucunda elde edilen kurutma verilerini farklı matematiksel modeller kullanarak incelemişlerdir. Kullandıkları tüm kuruma modelleri içerisinde, en uygun kuruma modelinin Midilli-Kucuk model eşitliği olduğunu tespit etmişlerdir.

Çelen ve ark. (2016), farklı kalınlıktaki patates örneklerinin, farklı bant hızları ve farklı mikrodalga güçlerinde kuruma performansını incelemişlerdir. Mikrodalga tipi kurutucunun kurutma uygulamalarında kullanılabilirliğini incelemek için kuruma zamanının enerji tüketimini ve kuruyan ürünlerin renk kriterlerini ön planda tutmuşlardır. Ürünün nem değerleri dikkate alınarak farklı matematiksel modeller ile korelasyon katsayısı (r), standart sapma (RMSE) ve x^2 değerlerini incelemişlerdir. Bunun sonucunda en uygun modelin Modified Henderson and pabis model olduğunu tespit etmişlerdir. Kuruma zamanları ve kurutulan gıdalarda kalite kriterlerinden renk kriteri incelendiğinde ise sırasıyla en kısa sürede 1 mm dilim için 1500 W gücünde 0,175 m/dak bant hızına sahip kurutma modeli olduğunu ve en az enerji tüketimi ise 2100 W ve 0,175m/dak değerinde 1.121 kWh olarak ölçmüşlerdir.

İzli (2016), kayısının kurutulmasını farklı güç ve sıcaklıklara sahip konvektif mikrodalga ve mikrodalga-konvektif kurutma yöntemleri kullanarak incelenmiştir. Kayısı numunelerinin en iyi ince tabaka kurutma modelini belirlemek için kurutma modelini 9 farklı matematiksel model ile karşılaştırılmış ve en iyi matematiksel model Midilli ve ark. Modeli olduğu tespit etmiştir. Deneysel sonuçlar neticesinde artan kurutma sıcaklığı ve mikrodalga güç seviyelerinde kurutma zamanından tasarruf

edildiğini gözlemlemiştir. Kurutma zamanından en yüksek zaman tasarrufunu ise mikrodalga –konvektif birleşimi yöntemiyle sağlanmıştır.

Marzocchi ve ark. (2017), farklı kavurma koşullarının Polonya fındıklarının fiziksel-kimyasal özelliklerine etkisini incelemiştir. Çalışmada incelenen farklı durumlar için yazarlar 160°C'de kavrulmuş fındık numunelerinin, 130°C'de kavrulmuş numunelere göre daha koyu renk, daha düşük su aktivitesi ve nem içeriğine sahip olduklarını göstermiştir. Yazarlar ayrıca farklı kavurma koşulları birçok aroma değişikliğine yol açtığını ve aslında çiğ fındıkta sadece 22 bileşik tespit edilirken 130°C ve 160°C'de kavrulmuş örneklerde sırasıyla 79 ve 102 uçucu bileşik oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Kart (2017), Farklı kurutma yöntemlerini kullanarak Mürdüm eriğinin kalite özelliklerini incelemiştir. Kurutma işleminde ürünleri çözeltiye daldırılarak çekirdekli ve çekirdeksiz olmak üzere iki grupta incelemiştir. Ürünlerin kuruma performansını kıyaslaya bilmek için ürünlerin bir kısmı açık sergide direk güneş ile bir kısmı ise farklı mikrodalga güçlerinde mikro dalga fırında kurutulmuştur. Kurutulan ürünlerin kuru madde, kuruma süresi, renk, su aktivitesi, rehidrasyon oranı, serbest yığın yoğunluğu, partikül yoğunluğu, büzüşme, doku, toplam fenolik madde, toplam flavanoid madde, toplam monomerik antosiyanin, antioksidan kapasite ve HMF değerleri incelemiştir. Çalışmada güneşte kurutulan çekirdekli numunelerin 17 gün 16 saatte yarım erikler ise 4 gün 14 saatte kuruduğunu tespit etmiştir. Farklı mikro dalga güçlerinde ise en düşük kuruma süresi çekirdekli erik için 8 dk. 20 s, aynı güç seviyesinde kurutulan yarım erik numuneleri için ise en düşük kuruma süresini 26 dk. 27 s, olarak tespit etmiştir. Çalışma ürün kalitesi bakımından incelendiğinde ise mikro dalga kurutmanın açık sergiye kıyasla daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Güleç ve Özdemir (2017), Giresun yöresinde yetişen *Laurocerasus officinalis* Roemer (taflan ve karayemiş) meyvelerinin 3 farklı (Mikrodalga (MD) kurutma, Geleneksel kurutma ve infrared (TR) kurutma) şekilde kurutulmasını incelemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda geleneksel kurutmanın diğer iki yönteme göre kurutma süresini uzattığını tespit etmişlerdir. İnfrared kurutma yöntemiyle mikrodalga

karşılaştırıldığında mikrodalga kurutma yönteminin en yüksek kurutma hızına sahip olduğunu deneyler sonucunda ulaşımlardır. Yapılan çalışma sonucunda en yüksek kuruma hızı 700 W gücünde, en yüksek kuruma hızına sahip olan mikrodalga olarak bulunmuştur. Elde ettikleri verileri farklı matematiksel modellerle test etmişlerdir. Kurutulan meyve için en iyi matematiksel modelin Midilli ve Küçük kurutma modeli olduğunu açığa çıkartmışlardır.

Jogihalli ve ark. (2017), araştırmacılar çalışmada nohut tohumlarını farklı güçlerde ve farklı zamanlarda mikrodalga fırın aracılığıyla kızartma işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışmada antioksidan özelliklerini, kütle yoğunluğunu, yüzey alanını, rengini, cam geçiş sıcaklığını, fonksiyonel gruplardaki spektral varyasyonlarını, suda çözünürlük indekslerini ve su emme indeksi gibi parametreleri mikrodalga kavurma işlemi öncesi ve sonrası karşılaştırmalarını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda parametrelerdeki değişimleri gözlemleyip değerlendirmişlerdir.

Wani ve ark. (2017), araştırmacılar çalışmada tatlı kestane numunelerini tava ve mikrodalga ile kavurarak fizikokimyasal, fonksiyonel, reolojik, antioksidan bakımından incelemişlerdir. Yapılan çalışmada kavurma işlemi kestane unlarında daha yüksek jelatinleşme sıcaklıkları daha düşük entalpi ve doğal tatlı kestanenin viskoelastik davranışında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Pekgözlü ve Özcan (2018), Limoni kekik olan *Thymus sipyleus* Boiss. varsipyleus yaprakları açık havada, donduruculu kurutucuda, mikrodalga ve fırında 50°-70°'de kurutulardır. Citronellol miktarı taze yaprakta daha düşük oranda bulunurken kurutulduktan sonra bu oran daha yüksek çıkmıştır. Ek olarak kurutma işlemi monoterpen hidrokarbon oranını da düşürmüştür. Yapılan kurutma çalışmaları sonucunda en uygun kurutma yöntemin açık sergide kurutma veya 50°'de fırında kurutma olduğunu tespit etmişlerdir.

Şimşek (2018), araştırmacı bu çalışmada kayısı, kivi ve nanenin kurutma davranışlarını deneysel olarak inceleyip 100 W, 300 W, 450 W, 600 W, 700 W ve 800 W farklı mikrodalga güçlerinde kütle kayıplarını ve kuruma sürelerini incelemiştir.

Kayısı, kivi ve nane ürünlerini tedarik edip laboratuvar ortamında kurutma işlemlerine tabi tutmuştur. Bu çalışmada 6+1 seviyesinde çalışabilen Samsung marka ME711K model mikrodalga fırın, Fakir marka Molly Dijital mutfak tartısı, Loyka BT300 sıcaklık nem ölçümü cihazı, sıcaklık ölçüm aralığı -50/70°C, nem ölçüm aralığı %10-%95, DFA California nem tayini ve kalınlık ölçümü için kumpas kullanmıştır. Araştırmacı farklı matematiksel modellerin karşılaştırılması yapmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmada Midilli-Küçük, Modifiye Midilli-Kucuk, Page, Modifiye Page, Modifiye Page-I, Modifiye Page-II, Weibull, Aghbashlo vd., Parabolic ve diğerleri dikkate alınan kriterler seçilen uygulamalar ve ürünler için daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Araştırmacı yapılan çalışmada boyutsuz kütle oranı, nem oranı, kütleli büzülme oranı, kütle kaybı hızı ve kurutma hızının bu çalışma için birer parametre olduğunu öne sürmüştür.

Altunbaş (2018), çalışmada araştırmacı depolama boyunca çiğ yer fıstığında, besin değeri ve kalite kayıplarının en aza indirilmesi ve kuruyemiş sektörü için işlenmiş yer fıstığının verilen raf ömrü boyunca en ideal saklama ve depolama koşullarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bunun için yer fıstığını tuzlu ve tuzsuz olarak kavurmuş, çiğ ve kavrulmuş yer fıstıklarını vakumlu ve vakumsuz olarak paketlenerek depolama süresince, farklı sıcaklıklardaki kimyasal ve mikrobiyolojik değişimleri incelemiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda araştırmacı kavrulmuş yer fıstıklarında yenilebilir kaplamaların etkisi, vakumlu saklamanın etkisi ve en ürünün ideal depolama sıcaklığının bulunması amaçlanmıştır. Ayrıca ürünlerin saklama koşulları artırılabilmesi ve gıda güvenliğinin sağlanabilmesi için aflatoxin önemli bir parametredir. Bunun içinde araştırmacı yer fıstığı örneklerinde başlangıçtaki ve verilen raf ömrü sonundaki ürünlerin aflatoxin miktarlarını da incelemiştir.

Parin (2019), araştırmacı çalışma kapsamında yer fıstığı ezmesinde radyo frekans ve mikrodalga sistemleri kullanılarak homojen bir ısıtma sağlamayı amaçlamıştır. Yer fıstığı ezmesinde ısıtma işlemini radyo frekans ile farklı mesafelerde ve farklı mikrodalga güç seviyelerinde döner tabla kullanılarak gerçekleştirmiştir. Her bir deney için yaklaşık 551 g yer fıstığı ezmesi kullanmıştır. Ürün içerisine yerleştirilen fiber optik problarla farklı noktalarda sıcaklık ölçümü almıştır. Isıtma işleminden

sonra termal kamera ile ürünün farklı yüzeylerinden görüntüler almıştır. Çalışmada farklı mikro dalga güçlerinde ve farklı mesafelerde işlem sürelerini hesaplamıştır. Elde ettiği sonuçlar ile optimum ısıtma değerlerini tespit etmiştir.

Zhang ve ark. (2020), araştırmacılar bu çalışmada kuru havada kavrulmuş iç fıstıktan elde edilen yağ ile kavrulmuş fıstık yağının karşılaştırılmasını sağlık açısından değerlendirilmesini yapmışlardır. Yapılan çalışmada kavurma esnasında kavrulmuş yağların asit değerini ölçmüşler ve tokoferol, skualen, TFAs ile fıstık yağının kavrulma sıcaklığı veya süresiyle doğru orantılı olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar yaptıkları incelemeler sonucunda sağlık ve duyuşal açıdan fıstık yağının belirli sıcaklık ve sürede işleme tabi tutulmasını gerektiğini ileri sürmüşlerdir.

Hatamian ve ark. (2020), araştırmacılar, Chia tohum unlarının kavurma işleminde farklı sıcaklık ve zamanın, antioksidan aktivite, toplam fenolik içerik, chia tohumunun yağ asidi bileşimi üzerindeki etkisini özellikleri incelemişlerdir. Yapılan çalışmada chia tohumu ununun kavrulması sonucunda yağ emme kapasitesinde, su emme indeksinde, suda çözünürlük indeksinde, su emme kapasitesinde ve kahverengileşme indeksinde artış olduğunu unların nem içeriğinde azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar bu çalışma sonucunda 35 dk 180° C’de chia tohumu unlarının işlevselliğini artırdığını ileri sürmüşlerdir.

Al-Juhaimi ve ark. (2021), araştırmacılar çalışmada kayısı çekirdeklerinin mikrodalga fırında farklı sıcaklıklarda kavurma işleminin; yağ verimine, fenolik bileşiklere, antioksidan aktivitesine ve yağ asidi birleşimlerine etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada mikrodalga da 720 W gücünde kavurma işlemi sonrası bazı fenolik bileşiklerde düşüş olduğunu gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca gallik asit içeriklerinde ve oleik asit içeriklerinde değişim olduğunu tespit etmişlerdir.

Suri ve ark. (2021), araştırmacılar çalışmada iki farklı sıcaklıkta üç farklı mikrodalga gücünde keten tohumlarını kavurarak yağ verimini, kimyasal özelliklerini, karotenoid–klorofil içeriğini, toplam fenolik içeriğini, radikal temizleme aktivitesini, oksidatif stabilite indeksini, yağ asidi bileşimini ve mailard reaksiyon ürünlerini

incelemişlerdir. Çalışma sonucunda keten tohumu yağını 540 W gücünde 10 dakika süre ile kavrulma gerçekleşmesinin kalite ve kararlılık parametrelerini iyileştirdiğini öne sürmüşlerdir.

Lamberti ve ark. (2021), farklı ısı transfer yöntemlerine (sıcak hava ve kızılötesi) dayalı kavurma tekniklerinin hem çözünür hem de çözünmez fındık protein fraksiyonlarının protein çözünürlüğünü ve IgE bağlama kapasitelerini etkileyip etkilemediğini incelemişlerdir. Yazarlar 140 °C'de kavurma sonrasında her iki işlem türü için de stabil sonuçlar elde ederken, 170°C'de kavurma sonrasında IgE bağlanmasında bir azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Yapılan çalışmanın mikroskopik analizleri sonucunda yazarlar, kavurma işleminin lipid bölümlendirmesinde bir kayıpla ve ayrıca protein gövdelerinin yapısında ve hücre duvarı organizasyonunda bir değişiklikte birlikte sitoplazmik ağ bozulmasına neden olduğunu açığa çıkartmışlardır.

Demir ve ark. (2002), fındığın kavurma işlemleri esnasında renk değişiminin incelenmesi için farklı zaman aralıklarında ve farklı sıcaklık değerlerinde fındığın kavrulmasını deneysel olarak incelemişlerdir. Yazarlar, reaksiyonun sırasında, birkaç farklı kavurma sıcaklığında zamana karşı renk değişiminin izotermal eğrileri çizilerek bulmuşlardır. Çalışma sonucunda araştırmacılar, istatistiksel analizi, renk parametresi L'nin en iyi birinci dereceden bir işlemle temsil edildiğini göstermişlerdir. Elde edilen denklemleri yazarlar, kavurma işleminin izotermal olmayan bölgesinden çıkarılan deneysel renk verileriyle karşılaştırılarak doğrulamışlardır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Mikrodalga Yöntemi ile Gıdaların Kavrulması

Gıda ürünlerinde kavurma işlemi, ürünlerin ısıya dayanıklı olmayan bazı antioksidan bileşimlerini bozarak veya Mailard reaksiyonu yoluyla bileşikleri yapısında ve gıda ürünlerinde antioksidan içeriğinde önemli derecede değişimler meydana getirebilmektedir (Ali ve ark., 2016). Ürünlerin kavrulmasında sıcaklık önemli bir parametre olduğu için, mikrodalga kavurma işleminde ürünlerin kavrulma sıcaklığının tespit edilmesi, optimum şartlarda kavrulmanın gerçekleştirilmesi, ürün kalitesi ve biyolojik reaksiyonlar açısından önemlidir. Gıdaların kavrulması özellikle ürünlerde koku, lezzet, renk ve görünüm gibi farklı parametrelerin iyileştirilmesinin yanı sıra düşük yatırım maliyeti ve yüksek verim elde edilebilmesinden dolayı bazı gıda ürünlerine özgü uygun bir işlem olduğu bilinmektedir (Ekezie ve ark., 2017). Kuruyemişler çiğ veya kavrulmuş tüketilebilmektedir. Kavrulmuş ürünlerde ise renk, görünüm, lezzet ve doku özellikleri kavurma işleminde önemli parametrelerdir. Kavurma işlemine tabi tutulmuş kuruyemişlerde nem içeriği ve antibesleyici bileşenlerde azalma, mikrobiyal üreme ve enzim aktivitesinde önlenme ve ekstraksiyonda veriminde artış sağlanır. Fakat gıdalardaki besin bileşiklerinde, doğal antioksidanlar üzerinde ve yağ modifikasyonları üzerinde olumlu bir etki bıraktığı söylenemez (Al Juhaimi ve ark., 2017). Bazı ısıya dayanıksız ürünlerde kavurma işlemi sonrasında antioksidan kapasitesini önemli ölçüde değiştirebilir bu da gıda maddelerinin bileşenleri bozabilmektedir (Ali ve ark., 2016). Bu durum göz önüne alındığında ürünlerin kavurma sıcaklığı ön plana çıkmaktadır.

Yağlı tohumların tüketilebilmesi için çeşitli işleme yöntemleri vardır. Kavurma işlemi yağlı tohumlar için en önemli ön işlemdir. Kavurma işlemi ekstrakte edilen yağlar üzerinde istenilen fiziksel, kimyasal ve besleyici özelliklerinin yanı sıra istenmeyen değişikliklere de neden olabilmektedir. Gıdaların mikrodalga aracılığıyla işleme tabi

tutulması hem evlerde hem de endüstride ivme kazanan yeni bir gelişmedir (Li ve ark., 2018). Mikrodalganın elektromanyetik enerjisi termal enerjiye dönüşerek gıdaya homojen bir şekilde yayılım sağlamaktadır. Mikrodalgalar gıda endüstrisinde pişirme dışında ekstraksiyonda, kurutmada, ağartmada, pastörizasyonda vb. alanlarda kullanılmaktadır (Raigar ve ark., 2017). Yağlı tohumlar üzerinde işlemler gerçekleştirilmesi yağ kalitesini etkileyecektir. Yağlı tohumlarda farklı ön işlem uygulanmasının amacı müşteri spektlerine göre yağlardaki istenilen kaliteyi sağlamaktır (Suri ve ark., 2022). Yağlı tohumların yağ verimini artırmak için bir takım ön işlemler gerçekleştirilir. Bunlar fırında kavurma mikrodalgada kavurma vb. gibi işlemlerdir (Mulla ve ark., 2018). Mikrodalga destekli ekstraksiyon yüksek kaliteli yağların elde edilmesinde basit ve elverişli bir işlemdir. Bu yöntem ekstrakte edilen numunenin yağ verimini daha yüksek oranlara taşımıştır. Numunenin mikrodalga işlemine tabi tutulması numunelerde fenolik içeriğin iyileştirebildiğini ve yağın oksidasyon stabilitesini artırdığının gözlemlenmesinin yanı sıra zamandan kazanç sağlanmaktadır (Mazaheri ve ark., 2019).

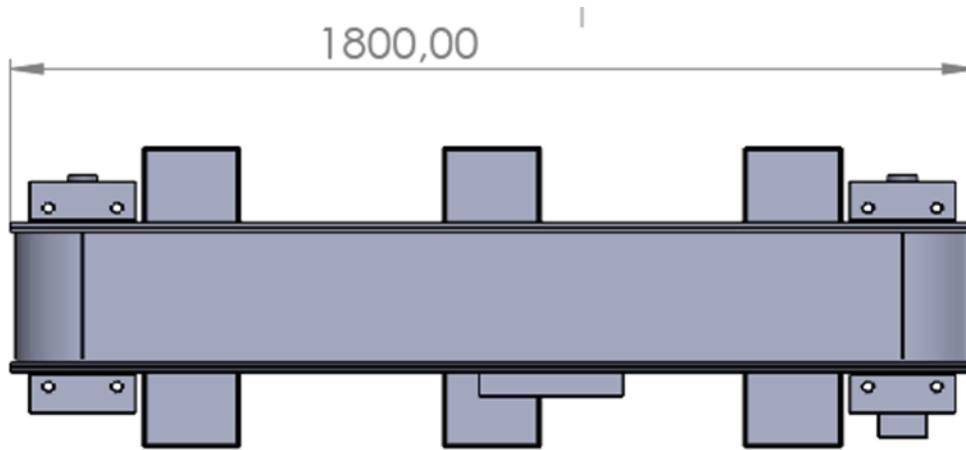
Mikrodalga ile ısıtma ve geleneksel yöntemle kavurma karşılaştırıldığında mikrodalga işlemi direk ürüne nüfuz edip elektromanyetik enerjiyi termal enerjiye çevirir ve bu durum geleneksel kavurma işleminden daha kısa sürede gerçekleşir (Mazaheri ve ark., 2019). Minimal işlenmiş gıdalar insan sağlığı için daha yararlıdır. Kavurma işlemleri kısa sürelerde gerçekleştiğinde iyileştirilmiş doku, gelişmiş gevreklik ve hacim sergilemektedir. Ayrıca kavurma işlemi sindirilebilirliği, rengini, tadını ve raf ömründe iyileştirme sağlamaktadır (Sharma ve Gujral, 2011).

Isı pişirme yöntemlerinden biri olan kavurma 150-400 °C arasında gerçekleşmektedir. Isı geçişi ya da ısıнын basınçla yayılmasıyla beraber pişirme işlemini gerçekleştirmektedir. Kavurma işlemi farklı kimyasal reaksiyonları beraberinde getiren kısa sürede ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleşen işlemlerdir. Bu işlem gıda üzerinde çeşitli değişimlere neden olurken su aktivitesini de azaltarak kavrulmuş fındıkların raf ömrünü artırmaktadır. Bu çeşitli değişimler; termal, fonksiyonel, doku, fizikokimyasal, reoloji, organoleptik ve raf ömrü bakımından değişimler meydana gelmektedir. Değişimler gerçekleşirken enzimatik olmayan esmerleşme ve kurutma

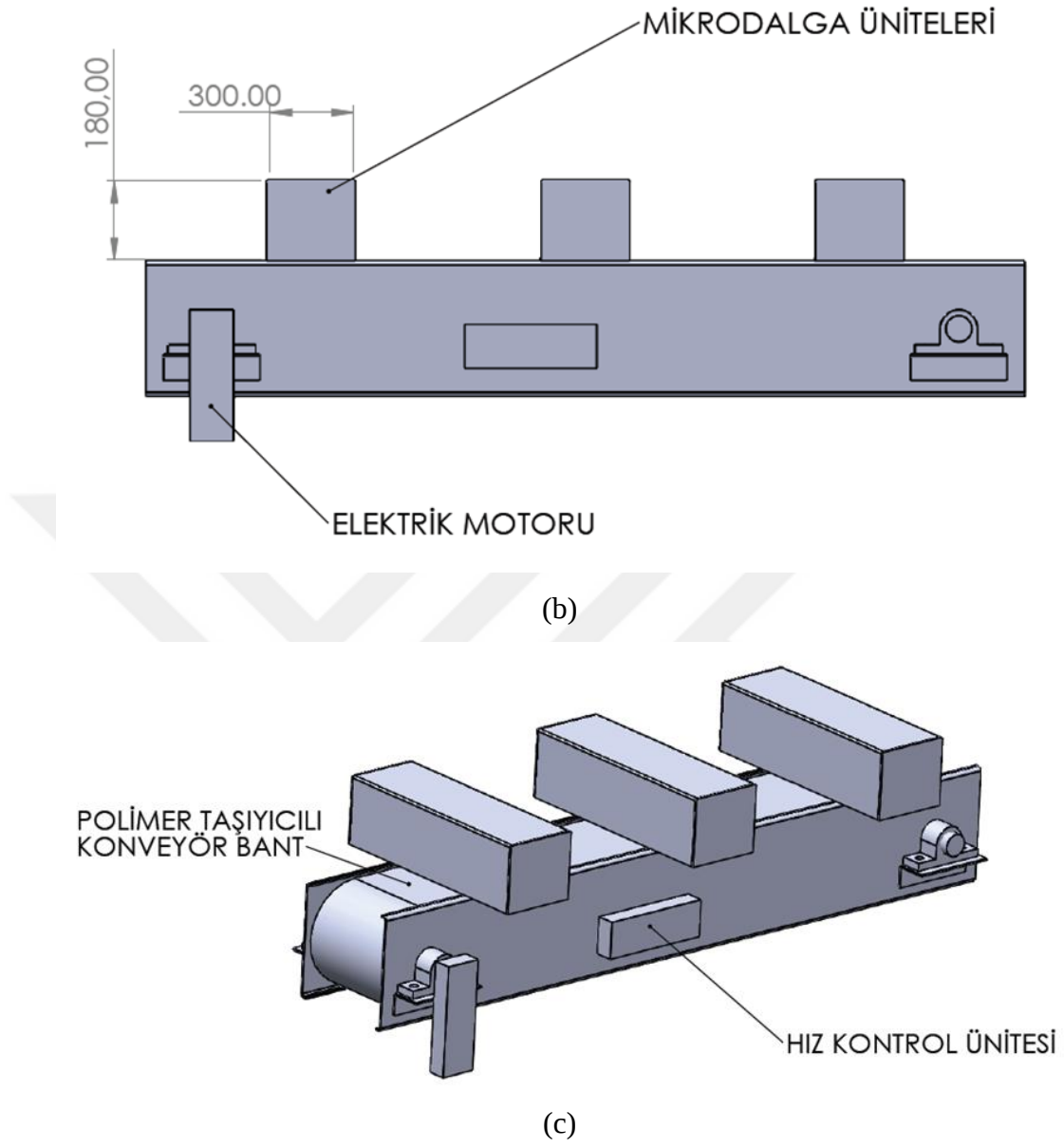
miktarı göz önüne alınmaktadır. Kurutma işlemi yüksek sıcaklık beraberinde difüzyon hızında artışa ve şişmeye şişmeye neden olurken gevrek doku oluşmasına da ortam hazırlamaktadır. Enzimatik esmerleşme sonucunda bir takım tat ve koku oluşmaktadır. Bu durum kavurma sonrasında ortaya çıkarak müşterinin isteklerine göre tadında kokusunda renginde ve görünümünde değişiklikler meydana getirilebilmektedir. Arpa, nohut, soya fasulyesi, kahve, buğday vb. ürünler kavurma işlemine tabi tutulan süreklilik kazanmış ürünlerden birkaçıdır. Kavurma işlemi fırında kavurma, kumda kavurma, mikrodalgada kavurma gibi yöntemler kullanılmaktadır. Kavurma işlemi gıdaların kalite parametresi bakımından oldukça önemlidir. Kavurma yöntemlerinden mikrodalga ile kavurma işlemi hızlı kolay olmasının yanı sıra ekonomik açıdan da avantaj sağlamaktadır. Ayrıca suda çözünabilir, jelleştirici, kıvam arttırıcı maddeler üzerinde de geliştirici bir etkisi bulunduğu tespit edilmiştir (Jogihalli ve ark., 2017.)

3.2. Tasarımı Yapılan Mikrodalga Kavurma Sistemi

Tez çalışması kapsamında bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Oluşturulan sistemde 3 mikrodalga fırın kullanılmıştır. Ölçüleri verilen deney düzeneğinin teknik çizimi ve gerçek görünüşleri sırasıyla Şekil 3.1 ve Şekil 3.2’de yer almaktadır.



(a)



Şekil 3. 1. Tasarlanan Kavurma Sisteminin Katı Modelinin a) Üstten, b)Önden ve c) Perspektif Görünüşü



(a)



(b)



(c)

Şekil 3. 2. Tasarlanan Kavurma Sisteminin Farklı Açılardan Gerçek Görünüşleri

Tasarımı gerçekleştirilen deney düzeneğinin ahşap ve sac metalden yapı malzemeleri kullanılarak oluşturulmuştur. Mikrodalga fırınlar içerisinde ürünlerdeki kavrulmanın homojen bir şekilde gerçekleştirilmesi için hareketli bir bant sistemi tasarlanmıştır. Oluşturulan bant sisteminde ürünlerin (fındık) mikrodalga fırınlar içerisindeki akışını sağlamak için 2 adet 180 cm uzunluğunda 15 cm eninde 1,5cm kalınlığında kenarlardan oluşan taban kısmı 180 cm boyunda 33 cm eninde 1,5 cm kalınlığında köşeli U şeklinde bir bant sistemi oluşturulmuş ve kavrucu fırın giriş ve çıkış kısımlarında yer alan metal gövdelere sabitlenmiştir (Şekil 3.3). Metal gövdelere sabitlenen giriş kısmındaki ahşaplar 2 adet olup sağ ve sol köşelere 23 cm boyunda 7 cm eninde 1,5 kalınlığındadır (Şekil 3.3). Çıkış kısmında yer alan ahşaplar ise 29 cm boyunda 7 cm eninde 1,5 cm kalınlığındadır. Kavrucu fırın sistemindeki giriş ve çıkış bölgelerinin boyutlarının farklı olması bant eğimini ve gerginliğinin artırılması ile ürünlerin ve bant sisteminin kolay hareket etmesi düşünülerek yapılan bir iyileştirme değildir. Sistem tasarımında başlangıç ve sonda bant akışını sağlamak için kullanılan metal gövdeler Şekil 3.3'te yer almaktadır.



Şekil 3. 3. Metal gövde ve metal gövdenin sabitleştirildiği ahşap tasarım

Deney düzeneği içerisinde yer alan mikrodalga fırınların ayaklarını sabitlenmek amaçlı deney düzeneğinin sağ kısmına 160 cm boyunda 7,5 cm eninde 1,5 cm kalınlığında, deney düzeneğinin sol kısmına ise 164 cm boyunda 75 cm eninde 1,5 cm kalınlığında ahşap destekler yerleştirilmiştir. DC motorun giriş kısmına yerleşimi için ise 24 cm uzunluğunda 14,5 cm eninde ahşap malzemeden üretilen destekleyiciler sisteme monte edilmiştir (Şekil 3.4). Sistem içerisine yerleştirilen ve ürünlerin içerisinde bulunduğu yüksek sıcaklık dayanımına sahip yakma kaplarının bantların ileri geri hareketlerini gerçekleştirildiği esnada fırının giriş ve çıkış bölümlerinden düşmesini engellemek için metal gövdelerin sabitlendiği ahşap parçasına biri 85 cm uzunluğunda 2,5 cm eninde (giriş) diğeri ise 87,5cm boyunda 2,5 cm eninde (çıkış) kt11 teflon örgü bandı plaka yardımıyla birbirine zımbalanıp gerdirilmiş böylelikle düşüşün önüne geçilmesi hedeflenmiştir. DC motorun sabitlenmesi için ahşap yardımı alındığı Şekil 3.4’de ifade edilmektedir. Sıcaklığa dayanımı ve gıdalara karşı zarar göstermesine dikkat edilerek seçilen teflon örgü bandı Şekil 3.5’te yer almaktadır.



Şekil 3. 4. DC Motor Destekleyici Ahşap



Şekil 3. 5. KT-11 Teflon Örgü Bandı (Kılavuz Konveyör, 2021)

Sistem içerisindeki bant üzerinde porselen Isolab 96x55 mm 16 mm dikdörtgen şeklinde olup darası ortalama 74,7770 gr ve 28 fındık (ortalama 25 gr) alacak şekilde yakma kabı kullanılmıştır (Şekil 3.6). Yakma kabı Şekil 3.6’da yer almaktadır.



Şekil 3. 6. Isolab Yakma Kabı (Isolab, 2021)

Ahşap üzerine Awox AWX-H20 700 W mikrodalga fırınlar ahşap mekanizmanın üzerine yerleştirilirken su terazisi kullanılmış ve dengede olup olmadığı kontrol edilmiştir. Eğimli olan durumlarda sistemin denge halinin sağlanabilmesi için gerekli çalışmalar yapılmış ve mikro dalga fırınlar ahşap plaka üzerine dengeli bir şekilde yerleştirilmiştir. Ahşap üzerine yerleştirilen mikrodalgalarından gelen elektromanyetik dalgaların fındık numunelerinde kararmaya yol açmamasını için birinci ve ikinci mikrodalga fırın arasındaki mesafe ikinci ve üçüncü mikrodalga arasındaki mesafeden daha fazla olacak şekilde tasarlanmıştır. Mikrodalga fırınlar tasarımı yapılan ve ahşaptan imal edilen plaka üzerinde üç farklı noktaya yerleştirilmiştir. Burada yerleşim deney düzeneğinin giriş bölgesi, orta bölgesi ve çıkış bölgesi olmak üzere optimum mesafe şartları göz önüne alınarak yapılmıştır. Mikrodalga fırınların yerleşimi yapılmadan önce ön kapakları sökülmüş arka tarafı ise yerden 27,5 cm genişliğinde ve 4cm yüksekliğinde kesilip ön ve arka tarafı spiral taşlama ve minyatür taşlamalar yardımıyla köşelere ulaşımı sağlanana kadar çapaklarından ayrılmıştır (Şekil 3.8, Şekil 3.9). Arka ve ön kesimleri kesilen Mikrodalga Fırınlar 400 cm uzunluğunda 27 cm eninde olan Kt 11 teflon örgü bandı içlerinden geçirilerek birleştirilmiş ve akış diyagramı oluşturulmuştur. Şekil 3.9 ve Şekil 3.10’da gösterilen görseller mikrodalga içerisinden teflon bant geçişi için oluşturulmuş ve törpülenmiş mikrodalga kesitleri yer almaktadır.



Şekil 3. 7. Mikrodalga Fırın Arka Metal Kesim Bölgesi



Şekil 3. 8. Mikrodalga Fırın Ön Metal Kesim Bölgesi

Teflon örgü bandı sistem üzerine eklenirken birleştirme ve yapıştırma uygulamalarında sıklıkla kullanılan çift komponentli sertliği yüksek polimer esaslı yapıştırıcı ve plaka kullanılmıştır. Yapıştırma işlemi sonrasında birleştirilen ürünlerin yüzeyinde zımpara işlemi yapılarak yüzey temizliği yapılmıştır. Böylelikle teflon örgü bandının kopması ya da yırtılması önlenmiştir. Mikrodalga içerisinde yayılan elektromanyetik dalgalardan korunmak için 0,5 mm sac metalden boru hattına benzer bir kılıf mikrodalgaların üzerine giydirilmiştir. Bu kılıf 2,10 cm boyunda 67cm eninde 47 cm yüksekliğinde alt üst olmak üzerine 2 parçadan oluşmaktadır (Şekil 3.9). Bu kılıfın giriş ve çıkışında sürgülü kapaklar mevcuttur. Tasarlanan kılıf iki parça ahşap düzeneğin altından ve üstünden giydirilerek akıllı vida yardımıyla birbirine monte edilmiştir. Üst kısımda yer alan sac metalin sol kısmında ikinci ve üçüncü mikrodalgayı kontrol etmek için boşluklar bırakılmış ve kaydırmalı kapaklar yapılmıştır. Sac metal üzerinde yer alan kontrol panel boşlukları birinci ve ikinci mikrodalga arasında ikinci ve üçüncü mikrodalga arasında olacak şekilde 18 cm boyunda 20 cm eninde tasarlanmıştır ve onlara uygun sürgülü kapak temin edilmiştir (Şekil 3.10). Sac metal kılıfın giriş ve çıkış boşluklarına 49 cm uzunluğunda 69 cm eninde sürgülü olacak şekilde sac metalden imal edilmiştir. Sac metal kılıf bükümü manuel makine ile yapılmıştır. Şekil 3.9’da sac metal kılıf yer almaktadır. Sac metal kılıfın sağ yan tarafı spiral yardımıyla kesilerek Şekil 3.10’da yer alan görseldeki kontrol panelleri oluşturulmuştur.



Şekil 3. 9. 0.5'lik Sac Metal Kılıf



Şekil 3. 10. Metal Kılıf Kontrol Panel Kesimi

Ayrıca mikrodalgaların enerji iletim kabloları elektrik bandıyla çevrilmiş, üzerine alüminyum bant çekilmiş ve ısıl dayanımı yüksek (300°C ye kadar dayanıklı) bir başka bant ile kaplanarak deney şartlarında enerji iletimi kaynaklı bir hata meydana gelmemesi hedeflenmiştir (Şekil 3.11-13). DC motor enerji iletim kabloları da elektrik bandıyla sarılmış üzerinden alüminyum folyo bant çekilmesinin ardından 300°C kadar dayanıklı olan sıcaklık bandı kullanılmıştır (Şekil 3.13). Ayrıca DC motorun dengesini, hareket etmesini engellemek ve sabitlemek için sağ tarafta bulunan ahşap parça beraberinde plastik kelepçeler kullanılmıştır. Şekil 3.11' de yer alan görselde tasarlanan sistemdeki elektrik kaçağı ihtimaline karşın kabloların elektrik bandı ile kaplandığı görülmektedir. Sistem içerisindeki mikrodalga yayınımlarından kaynaklı ısınmayı önlemek için kablolar alüminyum folyo bant ile kaplandığı Şekil 3.12'de

görselde yer almaktadır. Şekil 3.13'te tasarlanan sistemde ortamın sıcaklığının artışına bağlı olarak kabloların zarar görme ihtimaline karşı sıcaklığa dayanımı yüksek bant ile kaplandığı ifade edilmektedir.



Şekil 3. 11. Mikrodalga Kablolarının Elektirik Bandı İle Sarılması



Şekil 3. 12. Mikrodalga Kablolarının Alüminyum Yapışkan Bant İle Sarılması



Şekil 3. 13. Mikrodalga Kablolarının Sıcaklığa Dayanıklı Bant İle Sarılması

Sac metal kılıfın üzerine deney düzeneğinden çevreye olan ısı kayıplarının önlenmesi için ısı yalıtımı uygulaması yapılmıştır. Metal sac çevresi, ısıl dayanımı yüksek alüminyum kaplı taş yünü yalıtım levhası ile kaplanmıştır (Şekil 3.16). Sac yüzeyler ve yalıtım malzemesinin bağlantısı izolasyon pimi kullanılarak sağlanmıştır (Şekil 3.14, Şekil 3.15). Deney düzeneğinin kurulumu esnasında yapılan çalışmalara ait gerçek görseller Şekil 3.1 Şekil 3.21 arasında yer almaktadır. Alüminyum kaplı taş yünü kılıf üzerine yerleşimi için kullanılan izolasyon pimi Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te verilmektedir. Kılıf üzerinde yapılan alüminyum kaplı taş yünü düzenlemeleri Şekil 3.16'da gösterilmektedir.



Şekil 3. 14. İzolasyon Piminin Sac Metal Üzerine Gelişigüzel Dağılımı



Şekil 3. 15. İzolasyon Piminin Kontrol Paneli Tarafındaki Dağılımı



Şekil 3. 16. Alüminyum Kaplı Taş Yünü Yalıtım Levhası Uygulaması

Ana enerji iletim kablosu DC motor ile kademeli olarak ayarlanabilen gerilimölçer cihazı arasında yer almaktadır. DC motor kaynağından uzanan iletim kablosu üzerinde 0-1-2 parametrelili ileri ve geri yönlendirme yapan anahtar düzeneği kurulmuş ve iletim kablosu üzeri elektrik bandı ile sarılmıştır (Şekil 3.17). Sac metalden yapılmış kılıf üzerine mikrodalgalar arası boşluklara gelecek şekilde matkap ile delikler açılmıştır. Bu delikler içerisine 4 adet -50°C ile 300°C geniş ısı ölçüm sıcaklık aralığına dayanıklı Robotekno digital termometre yerleştirilmiştir (Şekil 3.18). Bu sayede deney esnasındaki anlık sıcaklık değişimlerinin izlenmesi hedeflenmiştir. Tasarlanan kavurma sisteminde ileri geri yapılabilmesi için 0-1-2 parametresi anahtar görseli Şekil 3.17’de yer almaktadır. Şekil 3.18’de mikrodalgaların giriş ve çıkış sıcaklıkları hakkında yorum yapabilmek için toplam 4 adet 14,5 cm çelik problu digital termometre kullanılmış ve sac metal kılıfın üzerinde deliklerin açıldığı görsel ektedir.



Şekil 3. 17. 0-1-2 Parametrelili Anahtar



Şekil 3. 18. Termometre Yerleşimi

Mikrodalga fırınlar aynı parametrelerde çalıştırılarak kontrol panellerindeki kombinasyonlar denenerek ilerlenmiştir. Awox AWX-H20 Mikrodalga kontrol paneli 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 dk sürelerde çalıştırılabilmekte ve Low, M.low, Med. M.high ve High mikrodalga elektromanyetik dalga aralıklarından oluşmaktadır (Şekil 3.19). Yapılan çalışmada en düşük parametreden başlanmış Med parametresinde 4 dakika Med parametresinde ön ısıtma gerçekleştirilmiş ardından 4 dakika Med parametresinde işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem sonunda fındık zürüflarında hafif bir ayrılma belirtisi olduğu tespit edilmiştir. Ardından Med 5 dakika için aynı çalışma yapılmış ve fındık zürüflarının bazılarında ayrılma olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmada Med 35'e kadar tüm parametreler denenmiş med 35 de kavrulmanın gerçekleştiği tadım yapılarak kontrol edilmiştir. Fakat süre kaybının

önüne geçilebilmek için en yüksek parametrede kısa zamanda aynı sonuç eldesi üzerinde çalışılmış ve High 10 parametresinde tasarlanan sistemin amacına uygun sonuç vermesi beraberinde çalışmalar yapılmıştır. Çalışmada fındık ne kadar işleme tabi tutulacaksa ön ısıtmada aynı süre ve aynı elektromanyetik dalga ile çalıştırılmaktadır. Ayrıca sistem işleyişini sağlamak için kademeli gerilimölçer cihazı kullanılarak dışardan manuel olarak 2 V gücüyle beraber sistem içerisinde ileri geri hareket yaparak işlem tamamlanabilmektedir. Deney sisteminin kurulumu esnasında yapılan ön testlerde sistem içerisinde yer alan kontrol panellerinin sıcaklıktan etkilendiği tespit edilmiştir (Şekil 3.19). Bu durumun önüne geçilebilmesi için sistem içerisinde bulunan kontrol panelleri sac metal kılıfın sağ tarafına ortalanacak şekilde ahşaptan 24 cm boyunda 30 cm genişliğinde 10cm derinliğinde kutu içerisine alınarak sistem dışında konumlandırılmıştır (Şekil 3.20). Ayrıca sistem performansı ve ısı sınırlar çerçevesinde gerçekleştirilen ilk ölçümlerde elde edilen tecrübe ile ön ısıtma süreleri standart 10 dk olarak belirlenmiştir. İşlem sırasında mikrodalga ışınlarından giyilecek ekipmanlar Şekil 3.22-24 aralığında yer almaktadır. Awox marka H20 modeli mikrodalga fırın kontrol paneli Şekil 3.19’da yer almaktadır. Tasarlanan sistem çalıştırılması sonucu sıcaklık nedeniyle deforme olan kontrol sistemi sac metal kılıf dışına alınmıştır. Dışarı alınan kontrol paneli ahşap çerveli olup içerisine kontrol panelleri eklenmiştir. Şekil 3.20’de ahşap çerçeve kontrol panelli gösterilmektedir. Tasarımın son hali Şekil 3.21’de yer almaktadır.



Şekil 3. 19. AWOX H20 Kontrol Paneli
(Awox H20, 2021)



Şekil 3. 20. Kontrol Panel Kutusu



Şekil 3. 21. Kontrol Paneli Son Hal

Tasarlanan sistemde önlem amaçlı mikrodalgadan çıkan yayılımı kaçak ihtimaline karşın tek kullanımlık laboratuvar tulumu alüminyum folyo yapıştırıcı yapıştırılarak yayılıma karşı önlem alınmıştır. Yüz kısmı ve boyun bölgesi için kaynak başlığı alüminyum folyo bant geçirilerek sarılmıştır. Böylelikle kaçak ihtimaline karşı koruma sağlanmıştır. Şekil 3.22 ve 3.23'te görseller yer almaktadır. Koruyu ekipmanlardan biri olan koruyucu ayaklık görseli Şekil. 3.24'de gösterilmektedir. Tasarlanan sistemden kaçak dalga yayılmasına karşı alınan önlem ekipman görseli Şekil 3.25'te yer almaktadır.



Şekil 3. 22. Koruyucu Kask



Şekil 3. 23. Koruyucu Kıyafet



Şekil 3. 24. Tez Çalışması Kapsamında Tasarlanan Koruyucu Ayaklık



Şekil 3. 25. Tez Çalışması Kapsamında Tasarlanan Koruyucu Maske ve Eldiven

3.3. Fındık Kalite Analizleri

Tez çalışması kapsamında bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Yapılan çalışmada 700 Watt gücünde Awox H20 ev tipi mikrodalga fırın kullanılmıştır. High parametresinde 10 dakika sistem ısınması sonrası high 10 dakika boyunca mikrodalga fırın etkisi altında kalıp ardından soğuması beklenmiştir. Kavrulmuş fındık numuneleri cam kavanozlara konularak muhafaza edilmiştir. Çalışma kapsamında kavrulan fındık numunelerine aflatoksin analizi, nem tayini, kül tayini ve renk tayini yapılmıştır. Çalışmada ayrıca numunelerin fenolik bileşikleri, serbest yağ asitliği tayini ve su aktivitesi incelenmiştir.

3.3.1. Aflatoksin analizi

Yapılan çalışma kapsamında işlem görmemiş fındık numunesi aflatoksin analizine tabi tutulmuştur. Çalışmada kullanılan çuval içerisinde yer alan işlem görmemiş fındıklardan homojen bir şekilde numune alınmıştır. Analiz Fiskobirlik Efit tarafından yapılmıştır. Aflatoksin analizi HPLC (Yüksek basınçlı (performans) sıvı kromatografisi) cihazında gerçekleştirilmiştir (Açı ve Ocak, 2019). Laboratuvara getirilen fındık numuneleri toz haline getirilmiş ve içerisinde 50 gram alınıp analize tabii tutulmuştur.

3.3.2. Nem tayini

İşlem öncesi high 10 parametresinde ısıtılan sistem sonrasında high parametresinde 10 dakika çalıştırılarak findıklarda kavrulma işlemine tabii tutulmuştur. İşlem sonrası findıklar soğumaya bırakılıp cam kavanozlara konulmuştur. Ardından findık örneği cam kavanozdan çıkarılıp blenderdan geçirilerek toz haline getirilmiştir. Nem tayini deneylerinde cam ya da plastik olabilen kapaklı kaplara petri kabı denilmektedir. Deneylerde cam petri kapları kullanılmıştır. Nem tayini için ürünlerin yerleştirildiği petri kapları etüvde bekletilip sonrasında desikatörde soğuması beklenmiştir. Desikatörden çıkarılan petri kaplarının darası alınıp findık numunesi tartılmıştır. Literatür araştırmaları sonucunda nem tayininde 2 gram örnekten analiz yapılabileceği doğrulanmıştır (Korkmaz, 2019). Toz haline gelen findık numunelerinden hassas terazi yardımıyla 2'şer gram örnek alınmıştır. Şekil 3.26'da Ohaus PA4102 Hassas Terazi cihazı yer almaktadır. İlgili numunelerde tartım işlemleri Şekil 3.26'da yer alan cihaz kullanılarak yapılmıştır. Kuru madde oranı Eşitlik 3.1 doğrultusunda hesaplanmıştır. Nem miktarları hesaplanan kuru madde değerlerinin 100'den çıkarılmasıyla belirlenmiştir (AOAC, 1990).

$$\% KM = (M2 - M1)/m \times 100 \quad (3.1)$$

% KM = Kuru Madde Oranı

m₂: Kurutma Kabı + Örnek Ağırlığı (g)

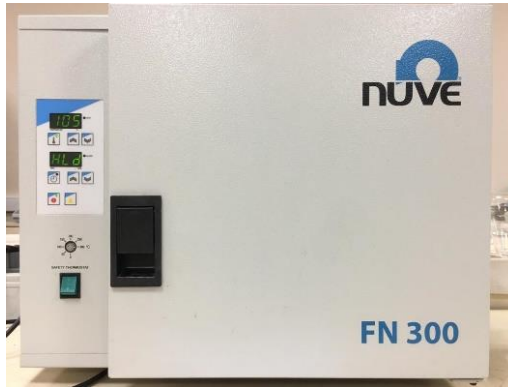
m₁: Kuruma Kabının Ağırlığı (g)

m: Örnek Miktarı



Şekil 3. 26. Ohaus PA4102 Hassas Terazi 4100 g 0,01 g

Çalışmada kuru hava sterilizatörü FN 300 kullanılmıştır. Petri+Fındık numuneleri NUVE FN 300 etüv fırınında (Şekil 27 ve Şekil 28) 105°C de 3-4 saat bekletilmiş ardından desikatörde (Şekil 29) soğutulup tartım yapılmıştır. Çalışma kapsamında aynı numuneden iki örnek alınarak paralel analiz yapılmıştır.



Şekil 3. 27. Kuru Hava Sterilizatörü (Etüv) FN 300



Şekil 3. 28. Kuru Hava Sterilizatörü (Etüv) FN 300 Cihazına Yerleştirilen Petri+Fındık Numuneleri



Şekil 3. 29. Etüvden Çıkan Petri+Fındık Numunesinin Desikatörde Soğutulma İşlemi

3.3.3. Kül Tayini

İşlem öncesi high 10 parametresinde ısıtılan sistem sonrasında high parametresinde 10 dakika çalıştırılarak fındıklarda kavrulma işlemine tabii tutulmuştur. İşlem sonrası fındıklar soğumaya bırakılıp cam kavanozlara konulmuştur. Ardından fındık örneği cam kavanozdan çıkarılıp blenderdan geçirilerek toz haline getirilmiştir. Kül tayininde porselen krozeler kullanılmıştır. Kullanılacak olan krozeler etüvde bekletilip sonrasında desikatörde soğutulmuş ve bu sayede denge sıcaklığına gelmesi hedeflenmiştir. Ng ve ark. (2015), literatür çalışması göz önüne alınarak analizler gerçekleştirilmiştir. Desikatörden alınan krozelerin darası alınarak içerisine 3'er gram

numuneler konulmuştur (Şekil 3.30). Kroze+ fındık numunesi Nüve Mf 306 kül fırınına yerleştirilip 5-6 saat boyunca 550° C ye maruz bırakılmıştır. Bu işleme numuneler kül rengine dönünceye kadar devam edilmiştir (Şekil 3.31). İşlem sonrası numunenin soğuması için desikatörde bekletilmiştir (Şekil 3.32 ve Şekil 3.33). Ardından Şekil 5'te yer alan Ohaus PA4102 hassas terazi 4100 gr 0,01 g duyarlılığında hassas terazi yardımıyla kroze+fındık numunesi tartılmıştır (Şekil 3.34). Şekil 3.35'de ise kül fırını sonrası krozelerdeki fındıkların kül rengini aldığı görülmektedir. Kuru madde tayini Eşitlik 3.2 doğrultusunda hesaplanmıştır (Başyigit ve ark., 2017).

$$\% Kuru Madde = \frac{M_2 - M_1}{M} \times 100 \quad (3.2)$$

M₂: Yakmadan sonraki kül +kroze (g)

M₁: Sabit tartıma getirilen krozenin ağırlığı (g)

M: Alınan örnek ağırlığı (g)



Şekil 3. 30. Ohaus PA4102 hassas terazi 4100 g 0,01 g



Şekil 3. 31. Nüve Mf 306 Kül Fırını



Şekil 3. 32. Laboratuvar Desikatörü



Şekil 3. 33. Laboratuvar Desikatörü Krozelere  stten Bakı 



Şekil 3. 34. Ohaus PA4102 Hassas Terazi 4100 g 0,01 g



Şekil 3. 35. Kül Cihazı Sonrası Krozelerdeki Fındık Numunesi

3.3.4. Fenolik Bileşikler

High parametresinde 10 dakika kalan fındık numunesi cam kavanozdan çıkarılıp blenderdan geçirilerek toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen kavrulmuş fındık numunesinden 5'er gram tartılmıştır (Şekil 3.36). Çalışma kapsamında toplam fenolik madde miktarını hesaplamada Folin-cioceltau yöntemi kullanılmıştır. Baydar ve ark. (2005), literatür çalışmasında kullandığı yöntem izlenilmiştir. Laboratuvar malzemelerinden titrasyon şişesi olarak da bilinen erlene aktarılan 5'er gramlık numunelerin üzerine 10 ml etanol eklenmiştir (Şekil 3.37). Oluşturulan karışım çamur

halini alıncaya dek çalkalama cihazında çalkalanmış ve bir diğerk erlene süzgeç kâğıdı ile süzölerek aktarılmıştır. Çamur halini alan numune erleni içerisine 10 ml etanol eklenmiş ve tekrardan çalkalama cihazına konulmuştur. Ardından süzgeç kâğıdı olan erlen içerisine aktarımı yapılmıştır. Süzölenn numunelere seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir (şekil 3.38). Süzölenn numuneden 1 ml alınıp içerisine toplam karışım 5 ml olacak şekilde 4 ml saf su eklenmiştir. Ayrıca 10 ml folin+40 ml saf su ile Folin özeltisi hazırlanmıştır (şekil 3.39). 3,75 g sodyumkarbonat + 50 ml tamamlanacak kadar saf su eklenip sodyum karbonat çözeltisi hazırlanmıştır (şekil 3.39). Deneyler şekil 3.36’da yer alan laboratuvar erleni ile yapılmıştır. Süzgeç kâğıdından geçirilen etanol fındık numunesi karışımı şekil 3.37’de yer almaktadır. şekil 3.38’de seyreltme işlemine tabii tutulacak süzölmüş fındık numuneleri yer almaktadır.



şekil 3. 36. Laboratuvar Erleni



Şekil 3. 37. Süzgeç Kâğıdından Geçirilen Etanol+Toz Haline Getirilmiş Fındık Numunesi Karışımı



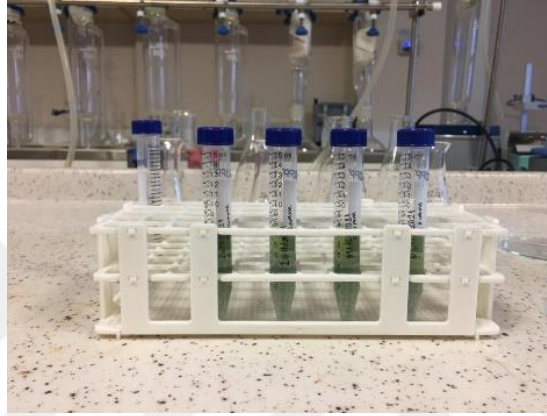
Şekil 3. 38. Süzgeç Kâğıdından Geçirilmiş Seyreltme İşlemi Uygulanacak Numune



Şekil 3. 39. Folin(Sarı) Ve Sodyum Karbonat(Şeffaf) Karışımları

Seyreltilmiş olan numuneden 0,500 ml alınmış ve tüpe konulmuştur. Tüp içerisinde 2,5 ml folin eklenmiş ardından 2 ml da sodyum karbonat eklenmiştir (Şekil 3.40).

Ayrıca spektrometrede ölçüm için 2,5 ml folin çözeltisi üzerine 2 ml sodyum karbonat eklenmiş olan kör numune hazırlanmıştır (Şekil 3.40). Hazırlanan çözelti 1 saat karanlıkta bekletilmiştir. Kör numune ile spektrometre sıfırlanmıştır. Spektrometre küveti yardımıyla absorbans değerleri ve ağırlıkları (mg/L) değerleri paralelleri ile not edilmiştir (Şekil 3.41). Şekil 3.40’da deney tüpü sporunda yer alan 1 saat karanlıkta bekletilmiş numune karışımı yer almaktadır. Şekil 3.41’de numune karışımının ölçümünü sağlayacak spektrometre gösterilmektedir.



Şekil 3. 40. Deney Tüpü Sporunda 1 Saat Bekletilmiş Numune Örnekleri



Şekil 3. 41. Hach Lange Dr 6000 UV-VIS Spektrofotometre

3.3.5. Serbest Yağ Asitliği Tayini

High parametresinde 10 dakika ısıtılan sistem, ardından high parametresinde 10 dk süre boyunca fındık örneği işle maruz bırakılarak kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrası fındık soğutulma sonrası cam kavanozlara konulmuştur. Turan ve İslam (2016), literatür çalışmasına uygun şekilde serbest yağ tayini analizi yapılmıştır. Fındık numunesi cam kavanozdan çıkarılıp blenderdan geçirilerek toz haline

getirilmiştir. Toz haline getirilen kavrulmuş fındık numunesinden 5'er gram tartılmıştır. Tartılan numuneler süzgeç kâğıdına sarılıp soksalet cihazına yerleştirilmiştir (Şekil 3.42). Balon jöjelere 250'şer ml hekzan konulmuştur (Şekil 3.42). Soksalet cihazına yerleştirilen numuneler 7-8 sifon yapıncaya kadar beklenmiştir. Şekil 3.42'de fındık yağını ortaya çıkarmak için kullanılan soxsalet cihazı yer almaktadır.

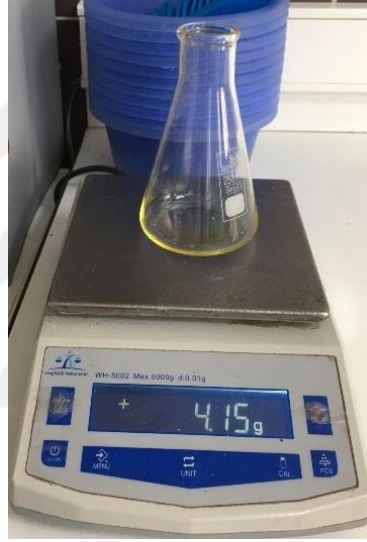


Şekil 3. 42. Wisetherm Soxsalet Cihazı, Whm 12295, Güney Kore (Kültür Balığı Atıklarından Jelâtin Üretimi Ve Kalitesinin Belirlenmesi, Yasin Orhan, Kasım, 2014)

7-8 sifon sonrası balon jöjelerde biriken hekzan ve yağ birinkintisi evaporatör yardımıyla 40°C 335 mbar basınçta hekzan uçurularak yağ eldesi sağlanmaktadır. Yağ hekzan karışımında hekzanın ayrışmasını sağlayacak olan evaporatör Şekil 3.43'de verilmiştir. Çalışmada bir tüp dolacak şekilde hekzan+yağ karışımından serbest yağ analizi yapılmıştır. Şekil 3.44'te yağ hekzan tartımını gerçekleştiren Weightlab instruments WH-5002 0,01 hassas terazi yer almaktadır. Hekzan+yağ ikilisinden 3-5 gram numune erlen yardımıyla hassas terazide tartılmıştır. Daha sonra cam şişe içerisinde 250 ml etanol 250 ml dietileter karıştırılmış, üzerine de 4-5 damla fenolftaleyn damlatılmıştır (Şekil 3.45 ve Şekil 3.46). Şekil 3.45'de etanol dietileter yer alırken Şekil 3.46'da etanol dietileter fenolftaleyn karışımı yer almaktadır.



Şekil 3. 43. Heidolph Hei-Vap Markalı Evaporatör Cihazı



Şekil 3. 44. Weightlab Instruments WH-5002 0,01 Hassas Terazi



Şekil 3. 45. Etanol Dietileter Karışımı



Şekil 3. 46. Etanol Dietileter Fenolftaleyn Karışımı

Erlen içerisinde bulunan hekzan+yağ ikilisi üzerine 50 ml etanol dietileter fenolftaleyn karışımından aktarılmıştır. Şekil 3.47’de mezür yardımıyla konulan karışım ve numune gösterilmektedir. Büret içerisindeki KOH ile titrasyon yapılmış açık pembe renk elde edinceye kadar bu işlem devam etmiştir. Şekil 3.48’de titrasyon işlemi için kullanılan büret ve KOH çözeltisi yer almaktadır. Karışımın açık pembe renk oluşu sonrası bürette yazan değer not alınmış ve serbest yağ tayini için hesaplama yapılmıştır.



Şekil 3. 47. Mezür Yardımıyla 50 ml Etanol Dietileter Fenolftaleyn Karışımının Numuneye Aktarımı



Şekil 3. 48. KOH İle Yapılan Titrasyon İşlemi

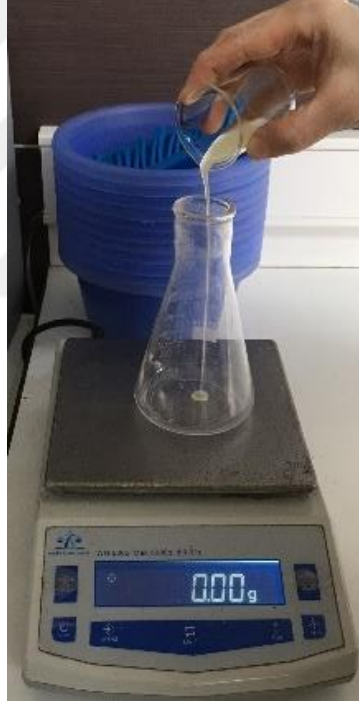
Bir diğer yöntem işlem görmemiş fındık numunesi blenderdan geçirilip toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen fındık numunesi beze konulup preslenmiş böylelikle yağ eldesi gerçekleşmiştir. Şekil 3.49’da blenderdan geçirilen fındık numuneleri ve Şekil 3.50’de presleme işlemine tabii tutulan fındık numuneleri yer almaktadır. Şekil 3.49’da fındığı toz haline getiren blender gösterilmektedir. Fındığın yağını çıkarmak için kullanılan pres makinesi Şekil 3.50’de verilmektedir. Erlen içerisinde 3-5 gram preslenen yağdan ekleme yapılmıştır. Üzerine 50 ml etanol dietileter fenolftaleyn karışımından aktarılmıştır (Şekil 3.47). Büret içerisinde yer alan KOH ile titrasyonu yapılmış harcanan sarfiyat not alınarak serbest yağ asitliği hesaplanmıştır (Şekil 3.52 ve Şekil 3.53). Şekil 3.51’de pres sonrası tartım için kullanılacak olan hassas terazi yer almaktadır. Şekil 3.52 ve Şekil 3.53’te titrasyon sonucu elde edilen pembelik yer almaktadır.



Şekil 3. 49. Blenderdan Geçirilmiş İşlem Görmemiş Fındık Numunesi



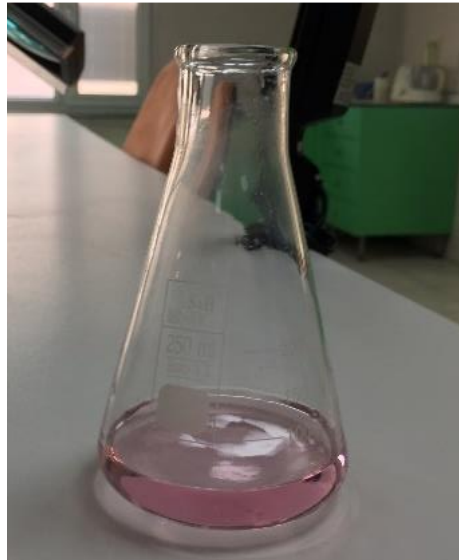
Şekil 3. 50. Bez İçerisine Yerleştirilmiş Toz Fındık Numunesinin Preslenerek Yağ Çıkarımı



Şekil 3. 51. Preslenen Numuneden Çıkarılan Yağ Numunesi Tartımı



Şekil 3. 52. KOH İle Titrasyonu Sonrası Pembe Renk Eldesi



Şekil 3. 53. Titrasyon Sonrası İşlem Görmemiş Fındık Numunesi Titrasyon Sonucu Oluşan Renk

Yapılan matematiksel işleme ait formül Eşitlik 3.3’de yer almaktadır (Şit, 2008).

$$\%FFA \text{ (Oleik asit cinsinden)}: \frac{28,2x V KOHx N KOH}{M \text{ Numune}} \quad (3.3)$$

V KOH: Harcanan potasyum hidroksit

N KOH: Potasyum hidroksit normalitesi

M: Numune miktarı

3.3.6. Su Aktivitesi

High parametresinde 10 dakika ısıtılan sistem, ardından high parametresinde 10 dakika süre boyunca fındık örneği işleme maruz bırakılarak kavurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğuması beklendikten sonra cam kavanoza koyulmuştur. Literatür çalışmalarında su aktivitesi tayin cihazı Aqualab 4TE kullanmışlardır (Mutlu ve ark., 2019). Su aktivitesi analizi için fındık numunesi cam kavanozdan çıkarılıp küçük parçalar halinde bölünmüştür. Bölünen fındıklar su aktivitesi kabına yerleştirilmiş ve cihaz içerisinde ölçüme tabi tutulmuştur. Ölçümlerde Şekil 3.54'te yer alan Aqualab 4TE su aktivite cihazı kullanılmıştır.

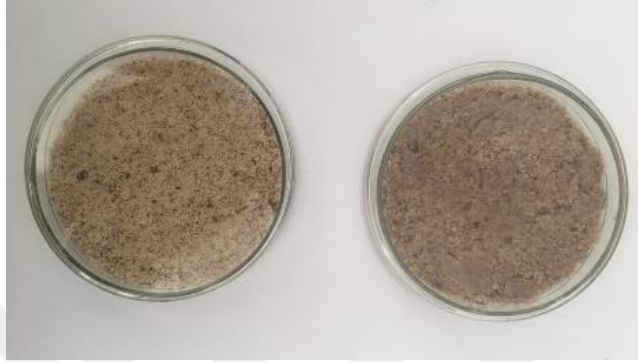


Şekil 3. 54. Aqualab 4TE Su Aktivite Cihazı

3.3.7. Renk Tayini

High parametresinde 10 dakika kalan fındık numunesi cam kavanozdan çıkarılıp blenderdan geçirilerek toz haline getirilmiştir. Renk tayini cihazı kullanım öncesinde cihaz başlığıyla standart konuma getirilmeli ve ardından doğru ölçüm yapılabilmesi için ürünlerin konumlandırıldığı bölgenin alt fonunun beyaz olması gerekmektedir. Deneylerde Şekil 3.55'te görüldüğü gibi alt fonun beyaz olmasına dikkat edilerek

gerçekleştirilmiştir. Literatür çalışmasında L, a ve b değerlerinin farklı yıllar içerisinde değişkenlik olduğu tespit etmişlerdir (Akçin ve Bostan, 2019). Petri kapları içerisine hiç boşluk kalmayacak şekilde kavrulmuş fındık numunesi doldurulmuştur. Ardından şekil 3.52’de yer alan ve renk ölçümü için kullanılan MiniScan EZ 4500L spektrofotometre cihazı (Şekil 3.52) ile 3 tekerrürlü L a b değerlerine bakılmıştır.



Şekil 3. 55. Blenderdan Geçirilmiş Petri Kabına Boşluk Kalmayacak Şekilde Yayılmış Fındık Numunesi



Şekil 3. 56. Miniscan EZ 4500L Spektrofotometre

3.3.8. Enerji Maliyeti

Yapılan çalışma kapsamında sistemde kullanılan mikrodalga fırınlarının enerji tüketimleri hesaplanarak analizler gerçekleştirilmiştir. Harcanan güç hesaplaması Eşitlik 3.4 vasıtasıyla yapılmıştır (Gracheva ve Alimova, 2019).

$$W = P_{xt} \quad (3.4)$$

olarak formülize edilmektedir. W = yapılan iş, joule, t = işin yapılması için geçen zaman, saniye P = Güç, Watt olarak isimlendirilmektedir.

Enerji maliyetleri ise;

Harcanan güç x Birim güç maliyeti (3.5)
olarak ifade edilmektedir.



BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada fındık meyvesinin kavrulması için bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Tasarlanan sistem içerisine fındıklar yerleştirilmeden önce dış kabuğundan uzaklaştırılmış ve yakma kabında desikatöre bırakılmıştır. Sistem içerisinde yerleştirilmeden fındık ağırlığı tartılarak kayıt edilmiştir. Ardından desikatörden çıkan fındıklar yakma kabı içerisinde sistem içerisine yerleştirilmiştir. Kavurma işlemi süresince sistemin kapağı açılmadan ortam sıcaklığı ve kavurma sonrası fındık ağırlığı not edilmiştir. Low ve Med Low parametrelerinde gerçekleştirilen deneylerde bir değişim görülmemiştir. Med 3 dakika ön ısıtma ve Med 3 dakika işlem sonrası fındıkta neredeyse ısınma olmadığı tespit edilmiştir. Fındık Med 4 dakika ön ısıtma ve Med 4 dakika kavurma işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sonrası züruflarda hafif bir parçalanma görüldüğü tespit edilmiştir. Med 5 dakika ön ısıtma ve Med 5 dakika işleme tabi tutulmuş ve kavurma sonucunda yakma kabı içerisindeki fındığın 1/3 ünde züruflarda hafif bir ayrışma olduğu gözlemlenmiştir. Med 6 dakika ön ısıtma ve Med 6 dakika kavurma işlemi sonrası fındıklarda hafif bir ısınma ve züruflarda az da olsa ayrışma olduğu tespit edilmiştir. Med 9 dk ön ısıtma ve Med 9 dk işlem sonrası yakma kabının sıcaklığı ve fındık züruflarında ayrışma olduğu gözlemlenmiştir. Med 10 dk ön ısıtma ve Med 10 dk işlem sonrası yakma kabı dokunulmayacak kadar sıcak bir hal aldığı görülmüştür. Yapılan tadım testlerinde ise fındıkta hafif bir kavrulma tadına yatkınlık göstermiştir. Fakat çiğlik tadının hala var olduğu ve bir süre sonra o çiğlik tadının biraz daha azaldığı dikkatlerden kaçmamıştır. Med 15 ön ısıtma Med 15 işlem sonrası fındık ve yakma kabı oldukça sıcak bir hal almıştır. Denemeler sırasında oluşabilecek sistem hataları göz önüne alınarak ön ısıtma süreleri 10 dakika olarak devam edilmiştir. Med 10 dakika ön ısıtma Med 35 dakika işlem sonrası fındık tadının kavrulmuş fındığa biraz daha yakınlaştığı ve züruflarından kolayca ayrıldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca mikrodalga fırın sonrası işlem görmüş fındık numunesi ile üzerinden 15 dakika geçmiş fındık numunesi arasında tat farkı olduğu ve dinlendikçe çiğlik tadının azaldığı tespit

edilmiştir. Med parametresi bitiminde High Med parametresine geçilmiştir. Yapılan ön testler sonucunda süre kaybının önüne geçilmek için en yüksek derecede işlem görmesi gerektiğine karar verilmiştir. High 10 dakika ön ısıtma 10 dakika ısınma sonrası fındık zuruflarında kolaylıkla ayrışma olmuş ve fındık dış yüzeyinde kavrulma belirtileri oluşmuştur. İşlem sonrası dinlenmeye bırakılan fındıklarda yapılan tadım testleri sonucunda numunelerin kavrulmuş fındık tadına ulaştığı tespit edilmiştir. Deney süreçleri boyunca işlem sonrası fındık kavurma kokusunun olmadığı tespit edilmiştir. Bu durumun mikrodalga fırınların ürünü içeriden dışarı doğru ısıtma gerçekleştirildiği için dışarıya kavurma kokusu vermediği düşünülmektedir.

Tablo 4. 1. Oluşturulan Sistemde Ortalama Giriş, Ortalama Ön Isıtma ve Ortalama İşlem Sonrası Sıcaklık Tablosu

Ön Isıtma ve İşlem Parametreleri	Ortalama Sistem İçi Başlangıç Sıcaklığı	Ortalama Sistem İçi Ön Isıtma Sonrası Ortam Sıcaklığı	Ortalama Sistem İçi İşlem Sonrası Ortam Sıcaklığı
Med 3 Ön Isıtma Med 3 Dk Ön İşlem	23,4 °C	29,6 °C	36 °C
Med 4 Dk Ön Isıtma Med 4 Dk İşlem	28,5 °C	36,4 °C	47,6 °C
Med 5 Dk Ön Isıtma Med 5 Dk İşlem	29,5 °C	41,1 °C	45,9 °C
Med 6 Dk Ön Isıtma Med 6 Dk İşlem	21,6 °C	36,4 °C	41,4 °C
Med 9 Dk Ön Isıtma Med 9 Dk İşlem	44,8 °C	59,8 °C	76,4 °C
Med 10 Dk Ön Isıtma Med 10 Dk İşlem	44,0 °C	68,1 °C	76,2 °C
Med 15 Dk Ön Isıtma Med 15 Dk İşlem	22,6 °C	48,7 °C	73,6 °C
Med 10 Dk Ön Isıtma Med 35 Dk İşlem	21,1 °C	41,3 °C	85,7 °C
High Med 10 Dk Isıtma High Med 10 Dk İşlem	20,0 °C	47,4 °C	64,6 °C
High Med 10 Dk Isıtma High Med 15 Dk İşlem	20,6 °C	59,9 °C	83,2 °C
High Med 10 Dk Ön Isıtma High Med 20 Dk İşlem	22,0 °C	49,4 °C	82,7 °C
High 10 Dk Ön Isıtma High 10 Dk İşlem	23,0 °C	73,8 °C	90,9 °C

İşlem görmemiş fındıkta aflatoksin Analizi, nem tayini, kül tayini, renk analizi, su aktivitesi, fenolik madde analizi ve serbest yağ analizi yapılmıştır. Kavrulan fındıklarda ise öncelikle nem tayini, kül tayini, renk tayini, su aktivitesi, serbest yağ asitliği, fenolik madde tayini ve enerji maliyeti hesabı yapılmıştır. Mikrodalga kavrucu fırında ürünler kabin içeirisine yerleştirilmedne önce fırın içi ısıtılarak sistemin denge sıcaklığına gelmesi sağlanmıştır. Tasarlanan sistem beraberinde çalışma high parametresinde 10 dk ön ısıtma işlemi yapılmasının ardından 10 dk high parametresinde kavurma işlemine tabii tutulmuştur. Ürün olarak 2020 yılı fındık mahsulü kullanılmıştır. Aynı sezona ait aynı tür fındık numunelerinde kavrucu fırın şartları aynı olacak şekilde altı farklı deney gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulguların optimum şartlardaki kavurma işlemi ortalama bulgulara 10 dakika ön ısıtma ve 10 dakika kavurma sürelerinden önce 0-5-10 dakika Med ve High Med paretmetrelerinde farklı sürelerde çalışmalar yapılmıştır. Deneylerde kullanılan mikrodalga fırın kullanım kılavuzu doğrultusunda (Awox H20, 2021), sistemin %55 ve %77 güç durumları olan Med ve High Med parametrelerinde istenilen kavurma performansı uzun sürelerde elde edileceği anlaşıldığından High güç parametresinde deneyler yapılmıştır. Kavurma deneyleri sonunda çiğ fındığın kavrulması sonucunda elde edilen numunelere ait gerçek görsel Şekil 4.1’de yer almaktadır.



Şekil 4. 1. High 10 Parametresinde İşlenmiş Fındık

Gıda ürünlerinin hepsinde olduğu gibi fındıkta da aflatoksin miktarı önemli bir parametredir. Bahçelerde başlayan mikotoksin oluşumu hasat işlemi ve kurutma işlemi gerçekleştirirken devamlılığını koruyarak ilerleme kaydetmektedir. Bu durum

aflatoksin oluşumuna neden olabilmektedir. Kurutma ise tarımsal ürünlerde meydana gelebilecek biyokimyasal reaksiyonları ve mikroorganizmaların tarımsal ürünü bir besin kaynağı olarak kullanan mikroorganizmaların tarımsal üründe yaşamalarını önlemektedir. Etkin ve hızlı kurutma beraberinde bu durumun önüne geçilebilmektedir. Kurutma işlemi sonucunda ürünlerin içerisindeki nem miktarının azalması ile ürünler hem hacimce küçülecek hem de raf ömürleri uzayacaktır (Özçakmak ve Dervişoğlu, 2007; Dorouzi ve ark., 2018; Abdulmalek ve ark., 2018). Depolama koşulları fındıkta aflatoksin oluşumunda oldukça büyük bir rol oynamaktadır. İnsan sağlığına karşı tehdit oluşturduğundan TS3075 iç fındık standartlarına göre Aflatoksin B1 8,0 µg/kg, Aflatoksin B1+ B2 +G1 +G2 15,0 µ/kg'dır (İç fındık standardı, 2012). Yapılan çalışmada kullanılan fındık örneğinin B1 standartlarına uymadığını fakat toplam aflatoksin standartlarına uygunluk sağladığı Tablo 4.2'de yer almaktadır.

Tablo 4. 1. Giresun Fiskobirlik Efit Tarafından Yapılan Aflatoksin Analiz Sonucu

	Met. Time	Arca	Height	Conc.
G ₂	0,000	0	0	0,000
G ₁	0,000	0	0	0,000
B ₂	0,000	0	0	0,000
B ₁	11,553	1666	72	0,007

Fındıklarda nem tayini oldukça önemlidir. TS 3074 standartına göre kabuklu fındık nem oranı en çok %12 ile sınırlandırılırken iç fındık nem oranı en %7 ye kadar sınırlandırılmıştır (İşlenmiş fındık standardı, 1993; İç fındık standardı, 2012; Kabuklu fındık standardı, 2015). Beyazlatılmış ve bunlardan yapılmış tiplerde nem muhtevası %5 iken kavrulmuş ve bunlardan yapılan diğer tiplerde nem muhtevası %3'tür (İşlenmiş fındık standardı, 1993). Buna dayanarak tasarlanan sistemde işlenmiş fındık ürünleri bu koşullara uygunluk göstermektedir. Tablo 4.3'de işlem görmemiş (naturel) fındık numunesinin nem tayini, işlem görmüş numunenin nem tayini ve işlem görmüş fındık numunelerinin ortalama sonucuna yer verilmektedir.

Tablo 4. 2. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındıkların Nem Tayini Tablosu

	Nem Tayini
İşlem Görmüş Fındık	0,875*
İşlem Görmemiş Fındık	1,471*

*Ortalama değer

Fındıklar için kül tayini kalite açısından önemli bir yere sahiptir. Matematiksel işlemler formülü aşağıda verilmiştir. Yapılan deneyler sonucunda işlem görmemiş fındıkta ortalama kül miktarı %1,957 iken işlem görmüş fındıkta kül miktarı %1,999 bulunmuştur. İşlem görmemiş fındıklarda kül miktarı literatürde yer alan çalışmalarda 1,85-2,72 aralığında olduğunu tespit edilmiştir (Alasalvar ve ark., 2003; Özdemir ve Akinci, 2004; Köksal ve ark., 2006; Güneş ve ark., 2010). İşlem görmüş fındık numunesi kül miktarı ise Trabzon, Giresun, Ordu ve Samsun'dan alınan tombul fındık numunelerinin kavurma sonrası kül miktarı %1.97-2.65 arasında olduğu yine literatürde yer alan çalışmalar doğrultusunda tespit edilmiştir (Şahin ve ark., 1990; Şimşek, 2004). Tablo 4.4'de tasarlanan sistem sonra işlem görmüş fındık üzerinde yapılan kül tayini sonucu gösterilmektedir. Tez kapsamında yapılan deneyler sonucunda işlem görmemiş fındık kül miktarı %1,957 işlem görmüş fındık kül miktarı ise %1,999 dur.

Tablo 4. 3. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındıkların Kül Tayini Tablosu

	Kül Tayini
İşlem Görmüş Fındık	1,999*
İşlem Görmemiş Fındık	1,957*

*Ortalama değer

Fındık müşteri speklerine göre göze de hitap etmelidir. Tasarlanan sistemde kavru lan fındıklarda 3 tekerrürlü olarak fındığın renkleri ölçülmüştür. Ayrıca işlem görmemiş(naturel) fındık için de renk analizi yapı lıp karşılaştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada Saklar ve ark. (2001), kavurma sıcaklık artışına bağlı sistem içerisindeki hava akışı ve sistem içerisindeki işlem süresi göz önüne alındığında L değerinde azalma meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tablo 4.5'de işlem görmemiş fındık L değeri ile işlem görmüş fındık l değeri karşılaştırıldığında L değerinde azalma olduğu

tespit edilmiştir. Isıl işlem görmemiş fındık a değeri ısıtılmış işlem görmüş a değeriyle karşılaştırıldığında a değerinde artış söz konusu olmuştur. Fakat b değerinde bu durum tam tersi sonuç vermiştir.

Tablo 4. 4. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındığın Renk Analizi Tablosu

	Renk Analizi Değerleri	
İşlem Görmüş Fındık	L	45,74*
	a	4,00*
	b	14,37*
İşlem Görmemiş Fındık	L	60,16*
	a	3,69*
	b	15,14*

*Ortalama değer

Tasarlanan sistem de işlem görmüş fındıklar üzerinde ve naturel fındık üzerinde su aktivitesi oranlarına bakılmıştır. Ortalama kavrulmuş ürün su aktivitesi 0,2865 a_w iken naturel numune su aktivitesi 0,4367 a_w dir. Fiskobirlik tarafından yapılan araştırmalarda işlem görmemiş(naturel) fındığın su aktivitesi 0,38 a_w iken kavrulmuş fındığın su aktivitesi 0,24 a_w 'dir (FKB, 2021). Tablo 4.6 de tasarlanan sisteme tabi tutulan fındıkların işlem sonrası su aktivite değerleri verilmiştir.

Tablo 4. 5. Tasarlanan Sistemde İşlem Görmüş Fındık Numunelerinin Ve Naturel Fındık Numunesinin Su Aktivitesi Tablosu

	Su Aktivitesi
İşlem Görmüş Fındık	0,2865* a_w
İşlem Görmemiş Fındık	0,4367* a_w

*Ortalama değer

Tasarlanan sistemde işlem görmüş fındıklarda serbest yağ asitliği tayini yapılmıştır. TS1917 işlenmiş fındık standartlarına göre kullanılan fındık numunesinin bir önceki yıla ait olması oldukça önemlidir. Standarta yer alan serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden ele alınmıştır. Ayrıca eski ürünlerde 1.sınıf işlenmiş fındığın sınırı en çok %1,4 iken 2. Sınıf işlenmiş fındıkta en çok %1,5 sınırında olduğu belirtilmiştir. Yapılan analiz sonucunda TS1917 standartlarına uygun olduğu kanıtlanmıştır

(İşlenmiş İç Fındık, 1993). Yapılan çalışmalarda serbest yağ asitliği farklı kavurma sıcaklıkları ve zaman değişkenlerinin fındık üzerinde büyük bir rol oynadığı vurgulanmıştır (Şimşek, 2004). Tablo 4.7’de tasarlanan sistemde yapılan işlem sonrası ve naturel fındık serbest yağ asitliği oleik asit cinsinden tablosu yer almaktadır.

Tablo 4. 6. Tasarlanan Sistemde Yapılan İşlem Sonrası Ve Naturel Fındık Serbest Yağ Asitliği Oleik Asit Cinsinden Tablosu

	Serbest Yağ Asitliği (Oleik Asit)
İşlem Görmüş Fındık	0,29*
İşlem Görmemiş Fındık	0,51* (Yağ Presleme Eldesi)

*Ortalama değer

Tasarlanan sistemde işleme tabi tutulan fındıklar üzerinde fenolik madde tayini yapılmış mg/100g cinsinden değeri verilmiştir. Yapılan araştırmada ısıtma işlem görmemiş fındık numuneleri ile ısıtma işlem görmüş fındık numuneleri fenolik madde miktarı karşılaştırılmış ve uygulanan ısıtma işlemin türü ve sıcaklık derecesi fenolik bileşenlerin miktarında artışa neden olabileceği bilgisine ulaşılmıştır.(Sakac ve ark, 2011; Meral, 2016). İşlem görmemiş fındıkta toplam fenolik madde miktarının 227-381 mg/100g arasında değişkenlik gösterdiği, ısıtma işleme tabi tutulan fındıklarda ise toplam fenolik madde miktarında ilk başta düşüş gerçekleştiği ardından arttığı literatürde yer alan çalışmalar doğrultusunda tespit edilmiştir (Artık, 2004). Tablo 4.8’de fenolik madde tayini sonucu elde edilen veriler yer almaktadır. Çalışma kapsamında fındık numunelerinde işlem görmemiş fındık toplam fenolik madde tayini 244,256* mg/100g işlem görmüş fındık toplam fenolik madde tayini ise 259,440* mg/100g olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4. 7. Tasarlanan Sistemde Yapılan İşlem Sonrası ve Naturel Fındık Fenolik Madde Tayini Tablosu

	Fenolik Madde Tayini
İşlem Görmüş Fındık	259,440* mg/100g
İşlem Görmemiş Fındık	244,256* mg/100g

*Ortalama değer

4.1. Enerji Maliyeti

Sistemde üç adet 700 Watt gücünde mikrodalga fırın kullanılmıştır. Bu fırınlar 10+10 olmak üzere bir kavurma işlemi için 20 dakika kullanılmıştır. Harcanan güç hesaplaması aşağıda verilmiştir.

$$700W \times 0,33h = 2,1 \text{ kWh}$$

Epdk internet sisteminden alınan 2022 yılı verilerine göre bir ticaret hazesinin elektrik tüketim maliyeti 2,7 TL /kWh düzeyindedir. Bu durumda bir kavurma işlemi için maliyet;

$$\text{Harcanan güç} \times \text{Birim güç maliyeti} = 2,1 \times 2,7 = 5,67 \text{ TL'dir.}$$

Mevcut mikrodalga kavurma sistemi yaklaşık 2 kg fındık olması mümkün olduğundan kg başına maliyet 2,5 TL düzeyindedir. Konveksiyonel kavurma sistemleri için birim maliyet toplam fiyatın %7,2 olarak kabuk edilir (Saka, 2013). Uluslararası olarak fındık satış fiyatı üç Euro olduğundan bu fiyatın %7,2 olan 0,216 cent kg başına birim maliyet olarak alınabilir. 2022 yılı TCMB Euro üzerinden bakıldığında 0,216 cent/Euro 3 TL'nin üzerinde bir değere karşılık gelmektedir. Bu yaklaşık hesaplama mikrodalga kavurmanın daha ekonomik olduğu söylenebilir. İlk yatırım maliyetler bakım onarım giderleri gibi detayların ve net kapasite hesaplarının yapıldığı ekonomik analizlerle sonraki çalışmaların konusu olacaktır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada fındık meyvesinin kavrulması için bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Çalışmada gerçekleştirilecek deneyler öncesinde ön hazırlık yapılmış ve ev tipi mikrodalga fırında fındığın ön ısıtmaya tabi tutulması gerektiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla tasarımı yapılan kavurucu fırında, proste ilk önce fındığın ön ısıtılması gerçekleştirilmiştir. Daha sonra high parametresinde deneyler gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında kurumuş fındıkların kavrularak kimyasal ve fiziksel özellikleri incelenmiştir. Yapılan çalışma sonunda elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Tasarlanan sistemin ortam sıcaklığı ortalama 22,6°C'dir. High 10 parametresi çalışma sonrası ön ısıtma sıcaklığı ortalama 65,6°C'dir. Ön ısıtma sonrası high 10 parametresinde tekrar çalıştırılan sistem ortalama 87,7°C ye ulaşmıştır.
2. İşlenmemiş fındık numunesi ön ısıtma sonrası 87,7°C'de 10 dakika high parametresinde kavrulduğu kanıtlanmıştır.
3. Çalışmada ısıl işlem görmemiş fındık numuneleri ile ısıl işlem görmüş fındık numuneleri nem oranları karşılaştırıldığında sırasıyla %1,957 ve %0,869 olduğu tespit edilmiştir. TS3075 iç fındık standartında yer alan nem oranı sınırlamasına ve TS1917 işlem görmüş fındık standartlarına uygun olduğu ispat edilmiştir.
4. Çalışmada işlem görmüş fındık numunelerinin kül tayinin sonucunda elde edilen ortalama veri %1,999'dur. Yapılan deneyde işlem görmemiş tombul fındık numunesinin kül miktarı %%1,957 olduğu tespit edilmiştir.

5. Çalışmada bir önceki yıl findık mahsulü kullanılmış olup ısıtım işlem görmemiş findık numuneleri ve ısıtım işlem görmüş findık numuneleri findık renkleri karşılaştırılmıştır. Sırasıyla $L=60,16$, $a=3,69$ $b=15,14$ iken işlem görmüş findık numune renkleri $L=45,74$, $a=4,00$, $b=14,37$ dir. Yapılan çalışma sonunda işlem görmemiş findık ve işlem görmüş findık arasında farklar oluşmuş fakat literatürde yer alan çalışmalarda elde edilen sonuçların ilgili sonuçlarla tutarsız olduğu tespit edilmiştir.
6. Çalışmada ısıtım işlem görmemiş findık numuneleri ile ısıtım işlem görmüş findık numuneleri su aktivitesi karşılaştırıldığında sırasıyla $0,4367 a_w$ ve tasarlanan sistemde işleme tabi tutulmuş 6 farklı zaman içerisinde aynı parametrelerle çalıştırılan numunelerin ortalama kavrulmuş ürün su aktivitesi $0,2865 a_w$ dir. Elde edilen kavrulmuş findık numunesi sonucu Fiskobirlik verilerine uygun olduğu ispat edilmiştir.
7. Çalışmada ısıtım işlem görmemiş findık numuneleri ve ısıtım işlem görmüş findık numuneleri serbest yağ asitliği karşılaştırıldığında sırasıyla $\%0,51$ ve $\%0,29$ olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen sonuç TS1917 İşlenmiş İç Findık Standartlarına uygun olduğu kanıtlanmıştır.
8. Çalışmada ısıtım işlem görmemiş findık numuneleri ve ısıtım işlem görmüş findık numuneleri fenolik madde miktarı karşılaştırıldığında sırasıyla $244,256 \text{ mg}/100\text{g}$ ve $259,440 \text{ mg}/100\text{g}$ olduğu tespit edilmiştir. Kavrulmuş numunelerde fenolik madde miktarında artış olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak; bu çalışmada findık meyvesinin kavrulması için bantlı bir mikrodalga ürün kavurma sistemi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Sistem tasarımı, kurulumu ve yapılan deneyler sonucunda elde edilen tecrübeler doğrultusunda gelecekte yapılması planlanan çalışmalar için öneriler sunulmuştur. Deneysel çalışmalarda kurulan ölçüm sistemi, sistemin performansı ve güvenliği için hayati önem taşımaktadır. Bu noktada tasarlanan ve imal edilen mikrodalga ürün kavurma sisteminde ileride planlanan çalışmalarda ölçüm sistemi için bir otomatik kontrol ünitesinin tasarlanması, mevcut

sistemin geleneksel yöntemlere ve endüstriyel kavurma uygulamalarına göre etkinliğinin ekonomik ve enerji performansı açısından incelenmesi önerilmektedir. Ayrıca gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda sistem kontrol ayarlarının sistem dışında olması yapılan deneyler neticesinde sistem içerisinde fan yardımıyla soğutulması ve fındık zuruflarından kolayca uzaklaşması için karıştırıcı önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdulmalek S.H, Assadi M. K, Al-Kayiem H.H, Gitan, A.A. 2018. A comparative analysis on the uniformity enhancement methods of solar thermal drying. *Energy*, 148, 1103-1115.
- Açu M, Ocak, Ö.Ö. 2019. Gıdalarda aflatoksin düzeylerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, , 4(2): 168-181.
- Al Juhaimi, F, Özcan M. M, Uslu N, Doğu, S. 2017. Pecan walnut (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch) oil quality and phenolic compounds as affected by microwave and conventional roasting. *Journal of Food Science and Technology*, 54(13): 4436-4441.
- Alasalvar C, Shahidi F, Liyanapathirana C. M, Ohshima, T. 2003. Turkish tımbul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional Characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13): 3790-3796.
- Ali A, Islam A, Pal, T. K. 2016. The effect of microwave roasting on the antioxidant properties of the bangladeshi groundnut cultivar. *Acta Sci. Pol. Technol. Alimentaria*, 15(4): 429-438.
- Al-Juhaimi F.Y, Ghafoor K, Özcan M. M, Uslu N, Babiker E.E, Ahmed I. A. M, Alsawmahi, O. N. 2021. Phenolic compounds, antioxidant activity and fatty acid composition of roasted alıanak apricot kernel. *Journal of Oleo Science*, , 70(5): 607-613.
- Akçin Y, Bostan, S.Z. 2019. ‘Tımbul’ fındık çeşidinde renk değerlerinin sulama ve depolama süresine göre değişimi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 8(Özel Sayı): 85-90
- Altunbaş, N. 2018. Yer fıstığının depolanma sürecinde tuzlama, kavurma ve depolama sıcaklığının mikrobiyolojik kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Anonim, 2007. Fındık Yetiştiriciliği. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Çiftçi Eğitim Serisi, 34, 83.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, (15th ed.), Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC, USA.
- Artık, N. 2004. Türk Fındıklarının Fenolik Bileşik Dağılımı ve Kavurma Prosesinde Değişimi. Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Kesin Raporu.
- Başıyigit B, Hayoğlu İ, Dirik, A. 2017. Tane nar ilaveli lokum üretimi ve vakum ambalajlamanın raf ömrü üzerine etkisi. *Gıda The Journal of Food*, 42(5): 553-560.
- Bayrakçı, H.A. 2008. Buğdayın tavlınmasında mikrodalga uygulamasının öğütme ve ekmekçilik kalitesine etkisi üzerine bir araştırma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Beyhan, N. 2000. Değişik hasat zamanlarının fındıkta bazı meyve özellikleri üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(3): 1-6.
- Ceran, D. G. 2018. Türkiye’de üretilen farklı fındık çeşitlerinin fındık zarı ve fındık küspesinin bileşimi, fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi.

- Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çelen, S. 2010. Mikrodalga ve vakum kurutucuda bazı gıda ürünlerinin kurutulması ve modellenmesi. Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Çelen S, Buluş H. N, Moralar A, Haksever A, Özsoy, E. 2016. Mikrodalga bantlı kurutucunun gıda kurutmada kullanılabilirliği ve modellenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(4).
- Çetin Ö, Nazlı B, Bostan K, Alperden, İ. 2000. Depolamanın çiğ iç fındığın kalitesi üzerine etkileri. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 26(2): 413-419.
- Demir A. D, Cronin, K. 2005. Modelling the kinetics of textural changes in hazelnuts during roasting. Simulation Modelling Practice and Theory, 13(2): 97-107.
- Demir A. D, Celayeta J. M. F, Cronin K, Abodayeh, K. 2002. Modelling of the kinetics of colour change in hazelnuts during air roasting. Journal of Food Engineering, 55(4): 283-292.
- Demir B, Şahin, B. 2010. Ekmek fırınının dizaynı ve optimizasyonu. Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25(1-2): 105-111.
- Dorouzi M, Mortezaipoor H, Akhavan H.R, Moghaddam, A. G. 2018. Tomato slices drying in a liquid desiccant-assisted solar dryer coupled with a photovoltaic-thermal regeneration system. Solar Energy, 162, 364-371.
- Ekezie F. G. C, Sun D. W, Han Z, Cheng, J. H. 2017. Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments. Trends in Food Science and Technology, 67, 58-69.
- Ekin, S. 2013. Mikrodalga-fan destekli konveksiyon ısıtma ile kurutma. Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Gowen A, Abu-Ghannam N, Frias J, Oliveira, J. 2006. Optimisation of dehydration and rehydration properties of cooked chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing microwave-hot air combination drying. Trends in Food Science and Technology, 17(4): 177-183.
- Göktürk Baydar, N., Çetin, S., Hallaç, F., Babalık, Z. 2005. Üzümlerde Fenolik Madde İçeriklerinin Spektrofotometrik Yöntemlerle Belirlenmesi. Türkiye 6. Bağcılık Sempozyumu, 1, 329-334, Tekirdağ.
- Gracheva, E., Alimova, A. 2019. Calculation Methods And Comparative Analysis Of Losses Of Active And Electric Energy In Low Voltage Devices. In 2019 International Ural Conference on Electrical Power Engineering, Chelyabinsk, Russia.
- Güneş N. T, Köksal A. İ, Artık N, Poyrazoğlu, E. 2010. Biochemical content of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars from West Black Sea Region of Turkey. European Journal of Horticultural Science, 75(2): 77-84.
- Güleç F, Özdemir, G. D. T. 2017. Karayemiş (*Laurocerasus officinalis* Roemer) meyvesinin kuruma karakteristiğinin incelenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 6(1): 73-80.
- Gwarek, W.K., Celuch-Marcysiak, M. 2004. A review of microwave power applications in industry and research. In 15th International Conference on Microwaves, Radar and Wireless Communications, Warsaw, Poland.
- Harrison, D.L. 1980. Microwave versus conventional cooking methods: Effects on food quality attributes. Journal of Food Protection, 43(8): 633-637.

- Hatamian M, Noshad M, Abdanan-Mehdizadeh S, Barzegar, H. 2020. Effect of roasting treatment on functional and antioxidant properties of chia seed flours. NFS Journal, 21, 1-8.
- <http://www.giresuntb.org.tr/findik.php?findik=turkfindik.>, Erişim tarihi: 09.09.2021.
- <http://www.kilavuzkonveyorbant.com.tr/Groups/Default.aspx?LanguageID=1&GroupID=2&ContentID=27.>, Erişim Tarihi: 16.09.2021.
- <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=34.>, Erişim Tarihi: 11.09.2021.
- <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=32.>, Erişim Tarihi: 11.09.2021.
- <https://www.awox.com.tr/awox--awx-h20-mikrodalga-firin.>, Erişim Tarihi: 15.09.2021
- <https://www.fiskobirlik.com.tr/findikdetay/Findikta-Aflatoksin.html.>, Erişim Tarihi: 15.09.2021.
- <https://www.fiskobirlikefit.com.tr/findikdetay/Findik-Nedir.html.>, Erişim Tarihi: 09.09.2021.
- <https://www.gursoy.com.tr/findik-yetistiriciligi.html.>, Erişim Tarihi: 10.09.2021.
- <https://www.labor.com.tr/tr/urun/isolab-porselen-yakma-kabi-dikdortgen-96-x-55-mm-16-mm.>, Erişim Tarihi: 15.09.2021.
- Ishii, T.K. 1995. Handbook of Microwave Technology, volume 2. Academic Press.
- İçier F, Baysal T, Taştan Ö, Özkan, G. 2014. Microwave drying of black olive slices: effects on total phenolic contents and colour. Gıda, 39(6): 323-330.
- İstanbul Fındık İhracatçıları Birliği, 2021. Fındık ve Mamulleri İhracat Değerlendirmesi Raporu, İİB - Fındık Kuru Meyve Birlikleri Koordinasyon şubesi.
- Jogihalli P, Singh L, Sharanagat, V. S. 2017. Effect of microwave roasting parameters on functional and antioxidant properties of chickpea (*Cicer arietinum*). LWT-Food Science and Technology, 79, 223-233.
- Kadayıfçılar S, Uslu, M. 1978. Memleketimiz şartlarına Uygun Fındık Harman Makinesi Geliştirilmesi. TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Proje Sonuç Raporu, 33 s.
- Karaaslan, S. 2008. Sebze ve endüstri bitkilerinin mikrodalgayla kurutulması üzerine çalışmalar. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Bölümü, Tarım Makineleri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Karaaslan, S. 2014. Trabzon hurmasının mikrodalga ile kurutulmasında uygun kuruma modelinin belirlenmesi. Ziraat Fakóltesi Dergisi, 9(1): 8-15.
- Karaaslan S, Erdem T, Sarı, M. 2016. Ayva dilimlerinin mikrodalga ile kurutulması. Ziraat Fakóltesi Dergisi, 11(1): 27-33.
- Kart, D. 2017. Eriğin kurutulmasında mikrodalga tekniğinin ürün kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Kayalak, S. 2009. Türkiye fındık piyasasındaki ekonomik değişkenlerin yapısal değişimi ve zaman serisi analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Kılıç, H. M. 2015. Endüstriyel bir atık olarak hurma çekirdeği; kavurma prosesinin hurma çekirdeği unu ve hurma çekirdeği kahvesinin antioksidan kapasitesi üzerine etkisi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Kırca, L., Bak, T., Kırca, S., Karadeniz, T. 2018. Fındığın Kullanım Alanları ve İnsan Sağlığına Etkileri. Bahçe 47 (Özel Sayı 2: Uluslararası Tarım Kongresi (UTAK 2018)): 292-299.
- Konak Ü.İ., Certel M, Helhel, S. 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 4(3): 20-31.
- Korkmaz, K. 2019. Yeni bir gıda atığı kullanarak sulu çözeltiden biyosorpsiyon metoduyla bazı kirliliklerin giderimi. Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Köksal A.İ., Artık N, Şimşek Atilla, Güneş, N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. Food Chemistry, 99(3): 509-515.
- Lambert, J.P. 1980. Biological hazards of microwave radiation. Journal of Food Protection, 43(8): 625-628.
- Lamberti C, Nebbia S, Antoniazzi S, Cirrincione S, Marengo E, Manfredi M, Smorgon D, Monti G, Faccio A, Giuffrida M. G, Balestrini R, Cavallarin, L. 2021. Effect of hot air and infrared roasting on hazelnut allergenicity. Food Chemistry, 342, 128174.
- Li S. K, Ali M.A, Muhammad I. I, Othman N. H, Noor, A. M. 2018. The effect of microwave roasting over the thermooxidative degradation of perah seed oil during heating. Journal of Oleo Science, 67(5): 497-505.
- Marzocchi S, Pasini F, Verardo V, Ciemniowska-Żytkiewicz H, Caboni M. F, Romani, S. 2017. Effects of different roasting conditions on physical-chemical properties of Polish hazelnuts (*Corylus avellana* L. var. Kataloński). LWT, 77,440-448.
- Mazaheri Y, Torbati M, Azadmard-Damirchi S, Savage, G. P. 2019. Effect of roasting and microwave pre-treatments of *Nigella sativa* L. seeds on lipase activity and the quality of the oil. Food Chemistry, 274, 480-486.
- Mekonnen, S. A. 2018. Endüstriyel amaçlı bir mikrodalga fırının tasarım optimizasyon adımlarının belirlenmesi ve analizi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Memiş S, Keskin, H. D. 2016. Fındık mamulü ihracatı yapan işletmelerin lisanslı depo yer seçimine yönelik algılarının faktör analizi yöntemiyle belirlenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 18(2): 83-113.
- Meral, R. 2016. Farklı ısıtma işlem uygulamalarının fenolik bileşenler üzerine etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21 (1): 55-67.
- Mulla M, Ahmed J, Al-Sharrah, T. 2018. Effect of hot oven and microwave roasting on garden cress (*Lepidium sativum*) seed flour quality and fatty acid composition, thermal and dielectric properties of extracted oil. International Journal of Food Science Technology, 53(12): 2770-2776.
- Mutlu C, Tontul S.A, Candal C, Erbaş, M. 2019. Bazı tahıl benzeri ürünlerin glutensiz kek üretiminde kullanımı. Gıda The Journal Of Food, 44 (5): 770-780.
- İzli, N. 2016. Kayısının (*Prunus armeniaca* L.) konvektif, mikrodalga ve mikrodalga-konvektif yöntemleriyle kurutulması ve matematiksel modellenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(3): 375-384.
- Ng S, Lasekan O, Muhammad K. S, Hussian N, Sulaiman, R. 2015. Physicochemical properties of Malaysian-grown tropical almond nuts (*Terminalia catappa*). Journal of Food Science and Technology, 52, 6623-6630.
- Okuroğlu M, Özüng, İ. 2000. Karadeniz Bölgesinde fındık depolama yapılarının planlama kriterlerinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 31(1): 43-49.
- Oliveira M. E. C, Franca, A. S. 2002. Microwave heating of foodstuffs. Journal of Food engineering, 53(4): 347-359.

- Özçağırın R, Ünal A, Özeker, E, İsfendiyoğlu, M. 2005. Ilıman iklim meyve türleri, sert kabuklu meyveler Cilt-III. Ege Üniversitesi Yayınları, Ziraat Fakültesi Yayın, 566.
- Özçakmak S, Dervişoğlu, M. 2007. Fındıkta aflatoksin oluşumuna etkili faktörler, Avrupa Birliğinin limit değerlerle ilgili düzenlemeleri ve Türk fındığı ihracatına etkileri. Gıda, 32(1): 33-40.
- Özdemir A, Akinci, I. 2004. Physical and nutritional properties of four major commercial Turkish hazelnut varieties. Journal of Food Engineering, 63(3): 341-347.
- Özdemir F, Topuz A, Doğan Ü, Karkacier, M. 1998. Fındık çeşitlerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. Gıda, 23(1): 37-41.
- Özdemir, M. 2003. Fındık hasatı ve hasat sonrası işlemleri ile fındık işleminde kritik kontrol noktaları tehlike analizi. Gıda, 28(1): 5-12.
- Özdemir, M. 2005. Fındık ve Yetiştiriciliği. Beşikçi Yayın Dağıtım, Trabzon.
- Parın, E. 2019. Fıstık ezmesinin mikrodalga ve radyo frekansı ile ısınma hızı ve homojenliğinin deneysel olarak karşılaştırılması. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Pekgözlü A.K, Özcan, K. 2018. Farklı kurutma yöntemlerinin kekik (Thymus sipyleus Boiss. var. sipyleus) uçucu bileşenleri üzerine etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20(2): 210-215.
- Raigar R.K, Upadhyay R, Mishra, H. N. 2017. Optimization of microwave roasting of peanuts and evaluation of its physicochemical and sensory attributes. Journal of Food Science and Technology, 54, 2145-2155.
- Saka, G. 2013. Türkiye'de fındık dış ticareti, sektör yapısı ve sorunları. Ordu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sakaç M, Torbica A, Sedej I, Hadnadev, M. 2011. Influence of breadmaking on antioxidant capacity of gluten free breads based on rice and buckwheat flours. Food Research International, 44(9): 2806-2813.
- Saklar S, Katnas S, Ungan, S. 2001. Optimum fındık kavurma koşullarının belirlenmesi. Uluslararası Gıda Bilimi ve Teknoloji Dergisi, 36(3): 271-281.
- Sarı M, Karaaslan, S. 2014. Ananasın mikrodalga ile kurutulması ve uygun kuruma modelinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(1): 42-50.
- Sharma P, Guiral, H.S. 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. Food Research International, 44(1): 235-240.
- Suri K, Singh B, Kaur A, Singh, N. 2022. Influence of dry air and infrared pre-treatments on oxidative stability, Maillard reaction products and other chemical properties of linseed (Linum usitatissimum L.) oil. Journal of Food Science and Technology, 59, 366-376.
- Süvari, M. 2015. Farklı kavurma sıcaklıklarının bazı kuruyemişlerde akrilamid oluşumuna etkisi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Şahin İ, Erkut A, Öztekin L, Üstün Ş, Oysun, G. 1990. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde yetiştirilebilir fındık çeşitlerinin teknolojik özellikleri üzerine araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, 63, 54.
- Şimşek, A. 2004. Değişik kavurma proseslerinin bazı fındık çeşitlerinde oluşturduğu biyokimyasal değişiklikler. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Şimşek A, Aslantaş, R. 1999. Fındığın bileşimi ve insan beslenmesi açısından önemi. Gıda, 24(3): 209-216.

- Şimşek, M. 2018. Bazı sebze ve meyvelerin mikrodalga kurutma davranışının deneysel araştırılması ve matematiksel modellenmesi. Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Şit, S. 2008. Gıda sektöründe kullanılan kakaonun kalitesinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Thostenson E.T, Chou, T.-W. 1999. Microwave processing: fundamentals and applications. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 30(9): 1055-1071.
- Turan A, İslam, A. 2016. Çakıldak fındık çeşidinde kurutma ortamları ve muhafaza süresine bağlı olarak meydana gele değişimler. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2): 272-285.
- Türk Standartları Enstitüsü, 1993. TS1917 İşlenmiş İç Fındık Standardı.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2012. TS3075 İç Fındık Standardı.
- Türk Standartları Enstitüsü, 2015. TS3074 Kabuklu Fındık Standardı.
- Türkkan A, Pala, K. 2009. Çok düşük frekanslı elektromanyetik radyasyon ve sağlık etkileri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 14(2): 11-22.
- Uysal N, Sumnu G, Sahin, S. 2009. Optimization of microwave–infrared roasting of hazelnut. Journal of Food Engineering, 90(2): 255-261.
- Ünal, A. 2007. Modern Fındık Tarımı. Burak Ofset Matbaacılık, Ankara.
- Venkatesh M.S, Raghavan, G.S.V. 2004. An overview of microwave processing and dielectric properties of agri-food materials. Biosystems Engineering, 88(1): 1-18.
- Wang J, Xiong Y.-S, Yu, Y. 2004. Microwave drying characteristics of potato and the effect of different microwave powers on the dried quality of potato. European Food Research and Technology, 219, 500-506.
- Wani I. A, Hamid H, Hamdani A. M, Gani A, Ashwar, B.A. 2017. Physico-chemical, rheological and antioxidant properties of sweet chestnut (*Castanea sativa* Mill.) as affected by pan and microwave roasting. Journal of Advanced Research, 8(4): 399-405.
- Yılmaz, M. S. 2015. Brokolinin mikrodalga kurutma karakteristiklerinin belirlenmesi ve modellenmesi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Zhang D, Li X, Cao Y, Wang C, Xue, Y. 2020. Effect of roasting on the chemical components of peanut oil. LWT, 125, 109249.

ÖZGEÇMİŞ

Merve BAHADIR İlk ve orta öğrenimini Giresun Mehmet Akif Ersoy İlköğretim okulunda tamamladı. Liseyi Aksu Anadolu Lisesi'nde 2012 yılında bitirdi. 2016 yılında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2017 yılında Giresun Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı.

Yayın Çalışmaları

Bahadır, M., Güner, F. 2018. An Efficient Hazelnut Roasting Alternative: Microwave Roasting. International Conference on Agriculture, Technologies, Engineering and Sciences, Lviv, Ukraine.

