



**GIDA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ISIL OLMAYAN İŞLEME YÖNTEMLERİNİN
ETKİLERİ**

Azime ÖZKAN KARABACAK



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**GIDA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ISIL OLMAYAN İŞLEME YÖNTEMLERİNİN
ETKİLERİ**

Azime ÖZKAN KARABACAK

Prof. Dr. Ömer Utku ÇOPUR

(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2015

TEZ ONAYI

Azime ÖZKAN KARABACAK tarafından hazırlanan “Gıda Bileşenleri Üzerine Isıl Olmayan İşleme Yöntemlerinin Etkileri” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR

Başkan : Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR
U.Ü. Ziraat Fakültesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Üye : Doç. Dr. C. Ece TAMER
U.Ü. Ziraat Fakültesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

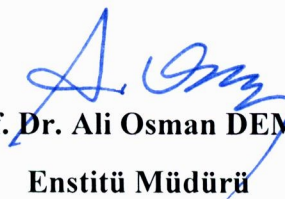


Üye :Yrd. Doç Dr. Elif SAVAŞ
Balıkesir Üniversitesi
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

27/07/2015

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

24 / 07 / 2015

Azime ÖZKAN KARABACAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GIDA BİLEŞENLERİ ÜZERİNE ISIL OLMAYAN İŞLEME YÖNTEMLERİNİN ETKİLERİ

Azime ÖZKAN KARABACAK

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR

Isıl işlemler, mikrobiyolojik ve enzimatik inaktivasyonu sağlayarak, gıdaların muhafazasında kullanılan en temel yöntemlerdir. Ancak, kullanılan yüksek sıcaklık, gıdaların renk, besin değeri, lezzet ve duyuşsal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bundan dolayı son yıllarda üreticiler ve tüketiciler, daha besleyici ve doğal haline yakın gıda elde etme arayışı içerisinde girmişler ve bu noktadan hareketle ısı olmayan alternatif yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Bu teknikler, bilinen ısı işlemlere göre daha düşük sıcaklıklarda uygulanabilme ve dolayısıyla kalitenin iyileştirilebilmesi açısından avantajlara sahiptir. Isıl olmayan bu teknolojiler, gerektiği durumlarda, ısı işlemlerle kombine edilerek kullanıldığında, mikroorganizma ve enzim inaktivasyonu üzerine etkileri daha da artırılabilir.

Tez kapsamında ele alınan ve son yıllarda gıda muhafaza süresini arttırmaya yönelik olarak uygulama bulan söz konusu teknikler; yüksek hidrostatik basınç, ultrases, vurgulu elektrik alan, ışınlama, vurgulu ışık, mikrodalga ve ohmik ısıtmadır. Günümüzde üzerinde önemle durulmaya başlanan bu yöntemlerin uygulanışı ve gıda bileşenlerine etkileri üzerine yapılan çalışmalar hızla artmaktadır. Aynı zamanda bu yöntemlerden bazılarının üretim kayıplarını azaltması ve mikrobiyolojik açıdan gıdalarda istenen güvenilirliği sağlaması açısından daha da önem taşıdığı görülmektedir.

Bu çalışmanın amacı, ısı işlemlere alternatif olarak uygulanabilecek ısı olmayan bu tekniklerin detaylarının açıklanması, gelecekte kullanım olanaklarıyla ilgili üreticilere ve tüketicilere öneriler getirilmesi ve bu sistemlerin kullanımı ile ilgili mevcut çalışmaların bir araya getirilmesi yoluyla konu ile ilgilenenlere ışık tutmaktır.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlemler, besin değeri, gıda muhafaza, ısı olmayan teknolojiler

2015, viii + 68 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECTS OF NON-THERMAL PROCESSING METHODS ON FOOD COMPONENTS

Azime ÖZKAN KARABACAK

Uludag University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR

Thermal processes are the main methods used in food preservation which enable the microbiological and enzymatic inactivation. However, high process temperatures have negative effects on colour, nutritional value, taste and sensorial properties of foods. Therefore, manufacturers and consumers demand to obtain more nutritious and natural food by an alternative non-thermal processing techniques in recent years. These non-thermal techniques have more advantages than thermal processes in terms of lower processing temperatures and improved quality. Also they have greater effects on microorganisms and enzyme inactivation when used in combination with thermal processes.

High hydrostatic pressure, ultrasound, pulsed electrical field, irradiation, pulsed light, microwave and ohmic heating are the techniques which have increased effect on storage life of foods are discussed in this thesis. Nowadays, application of these methods and their effects on food components have studied rapidly. At the same time, some of these methods have more importance to reduce production loses and provide microbial safety on foods.

The aim of this study is to explain the details of these techniques which may be applied as an alternative of thermal processing, make proposals to producers and consumers about application of these methods and also, collect the present studies about these systems.

Key Words: Thermal processes, nutritional value, food preservation, non-thermal techniques

2015, viii + 68 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tezin her aşamasında büyük emeği geçen, her konuda bana yol gösteren, yardımcı olan ve destekleyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Ö. Utku ÇOPUR'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tezin yazımında yardım ve ilgilerini esirgemeyen Gıda Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerinden Doç. Dr. Canan Ece TAMER ve Yard. Doç. Dr. Bige İNCEDAYI'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez boyunca değerli katkılarını aldığım hocalarım Araş. Gör. Gülşah ÖZCAN SİNİR ve Araş. Gör. Dr. Senem SUNA'ya teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen hayatımın her döneminde yanımda olan babam Mehmet ÖZKAN'a, annem Belkıs ÖZKAN'a, kardeşlerime ve eşim Serkan KARABACAK'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. GIDA MUHAFAZA YÖNTEMLERİ	3
2.1. Genel Muhafaza Yöntemleri	3
2.1.1. Isıl Uygulama İle Muhafaza.....	3
2.1.1.1. Pastörizasyon	3
2.1.1.2. Sterilizasyon.....	4
2.1.2. Soğukta Muhafaza.....	5
2.1.3. Dondurarak Muhafaza.....	5
2.1.4. Kurutarak Muhafaza.....	6
2.1.5. Asitlerle Muhafaza	7
2.1.6. Tuz ile Muhafaza.....	7
2.1.7. Şeker ile Muhafaza.....	8
2.1.8. Gaz Atmosferinde Muhafaza	8
2.2. Isıl Olmayan Gıda Muhafaza Yöntemleri	8
2.2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç.....	8
2.2.1.1. Yüksek Hidrostatik Basınç Sistemleri	10
2.2.1.2. Yüksek Hidrostatik Basıncın Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları	12
2.2.1.2.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu.....	12
2.2.1.2.2. Protein Denatürasyonu, Enzim Aktivasyonu veya Denatürasyonu	14
2.2.1.2.3. Tat, Koku, Renk, Tekstür Gibi Kalite Özelliklerinin ve Besin Değerlerinin Korunması	16
2.2.2. Ultrases.....	16
2.2.2.1. Ultrases Sistemi.....	19
2.2.2.2. Ultrases İşleminin Etki Mekanizması	20
2.2.2.3. Ultrases İşleminin Gıda Saniyinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar	21
2.2.3. Vurgulu Elektrik Alan (PEF)	23
2.2.3.1. Vurgulu Elektrik Alan İşlemi Parametreleri	24
2.2.3.1.1. Elektrik Alan Şiddeti.....	24
2.2.3.1.2. Darbe Şekli.....	24
2.2.3.1.3. Darbe Sayısı ve Uygulama Süresi.....	25
2.2.3.2. Vurgulu Elektrik Alan Sistemi.....	26
2.2.3.3. Vurgulu Elektrik Alanın Hücreye Etkisi.....	27
2.2.3.4. Vurgulu Elektrik Alan İşleminin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar.....	28
2.2.4. Mikrodalga	30
2.2.4.1. Mikrodalga Sistemi	31
2.2.4.2. Mikrodalganın Gıda Sanayinde Kullanım Alanları	32
2.2.4.2.1. Mikrodalga ile Gıdaların Kurutulması	33
2.2.4.2.2. Mikrodalga İle Gıdaların Haşlanması	35

2.2.4.2.3. Gıdaların Mikrodalga ile Çözündürülmesi	36
2.2.5. Ohmik Isıtma.....	38
2.2.5.1. Ohmik Isıtma Sistemi.....	38
2.2.5.2. Ohmik Isıtmanın Özellikleri	39
2.2.5.3. Ohmik Isıtmanın Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar ..	40
2.2.6. Işınlama	42
2.2.6.1. Işınlamada Kullanılan Radyasyon Kaynakları.....	44
2.2.6.1.1. Gamma Işınları.....	44
2.2.6.1.2. X-Işınları	45
2.2.6.1.3. Elektron Demetleri	45
2.2.6.1.4. Ultraviyole (UV) Işınları.....	45
2.2.6.2. Işınlamanın Etki Mekanizması.....	46
2.2.6.2.1. Radurizasyon.....	47
2.2.6.2.2. Radisidasyon	47
2.2.6.2.3. Radapertizasyon	47
2.2.6.3. Işınlamanın Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar	48
2.2.7. Vurgulu Işık	50
2.2.7.1. Vurgulu Işık Sistemi	51
2.2.7.2. Vurgulu Işığın Gıda Sanayinde Uygulamaları ve Yapılmış Çalışmalar	52
2.2.7.2.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu.....	53
2.2.7.2.2. Besin Değerlerinin Korunması.....	53
3. SONUÇ	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

°C	Santigrat Derece
%	Yüzde Değer
dak.	Dakika
log	Logaritma
mL	Mililitre
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
GHz	Gigahertz
MHz	Megahertz
W	Watt
g	Gram
kg	Kilogram
cm	Santimetre
mm	Milimetre
V	Volt
kV	Kilovolt
J	Joule
kob	Koloni oluşturan birim
⁶⁰ CO	Kobalt-60
¹³⁷ CS	Sezyum-137
mEV	Milyon elektron volt
I	Elektrik akımı
R	Direnç
NaCl	Sodyum klorür
Gy	Gray
kGy	Kilogray

Kısaltmalar

Açıklama

YHB	Yüksek hidrostatik basınç
TMAB	Toplam mezofilik aerobik bakteri
PEF	Vurgulu elektrik alan
MW	Mikroalga
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
IAEA	Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
USFDA	Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) Sisteminin Şematik Gösterimi	11
Şekil 2.2. Laboratuvar ölçekli yüksek hidrostatik basınç sistemi	12
Şekil 2.3. Sesin frekans aralığı	17
Şekil 2.4. Ultrases cihazının şematik gösterimi	19
Şekil 2.5. PEF sisteminde uygulanan bazı vurgu modelleri.....	25
Şekil 2.6. Vurgu oluşturan PEF sistemi	26
Şekil 2.7. Hücre zarının elektroporasyonu	27
Şekil 2.8. Elektromanyetik dalga spektrumu	30
Şekil 2.9. Mikrodalga devrenin şematik gösterimi	31
Şekil 2.10. Mikrodalga destekli hava kurutma sistemleri	34
Şekil 2.11. Ohmik ısıtma sisteminin şematik gösterimi.....	39
Şekil 2.12. Gıdanın ışınlanmış olduğunu gösteren radura sembolü	43
Şekil 2.13. Güneş ışığı ve vurgulu ışığın dalga boylarının karşılaştırılması.....	51
Şekil 2.14. Vurgulu ışık sisteminin başlıca kısımları.....	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Ultrases tekniğinin gıda endüstrisindeki uygulamaları ve kullanım avantajları.....	21
Çizelge 2.2. Gıda ışınlamada kullanılan radyasyon kaynaklarının penetrasyon etkinlikleri	44
Çizelge 2.3. Gıdalarda izin verilen ışınlama doz miktarları.....	48



1. GİRİŞ

Günümüz gıda sektöründe tüketiciye ulaşmak adına en sık kullanılan reklam teriminin “güvenli gıda” olduğu görülmektedir. Tüketiciler için en önemli faktörlerin başında gıdanın dayanıklı olması gelmektedir. Bu nedenle üretilen gıdalar tüketiciler için daha uzun süreli bir kullanım olanağına sahip olmalıdır. Bunun yanında, özellikle bilinçli tüketiciler güvenilir, besleyici, sağlıklı, lezzetli, doğal, çevre dostu, pratik ve ekonomik gıdaları talep etmektedir. Bu durum gıda endüstrisinde rekabetçi bir ortam oluşmasına neden olmaktadır.

Gıdaların muhafaza edilmesinde bozulmanın önlenmesi için iki temel amaç mevcuttur. Bunlardan birincisi mikrobiyolojik aktivitenin durdurulması, diğeri ise kimyasal veya biyokimyasal olayların (enzimatik reaksiyonlar, oksidatif değişimler vb.) kontrol altına alınmasıdır. Bu amaçla kaliteli, sağlıklı ve güvenilir gıdaların üretilmesinde yaygın olarak kullanılan proses aşamalarından biri ısıl işlemdir. Isıl işlem dendiğinde, genellikle gıdalarda bulunan mikroorganizma ve enzimlerin inaktivasyonu amacıyla kullanılan sterilizasyon ve pastörizasyon teknikleri akla gelmektedir.

Gıda muhafazasında bozulmanın önlenmesinin yanında diğeri bir amaç; depolama sürecinde gıdanın besin değeri, aroma, renk ve duyuşsal niteliklerini de korumaktır. Gıdaların muhafazasında ve özelliklerinin geliştirilmesinde kullanılan çeşitli katkı maddelerinden bir kısmının insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri bulunabilmektedir. Gıda konusunda bilinçlenmeye başlayan tüketiciler, gıdaların daha güvenilir bir şekilde üretilmesini ve mümkün olduğunca doğal olmasını amaçlamaktadır.

Gıdanın muhafazası amacıyla kullanılan ısıl işlem yöntemlerinde, aşırı veya uzun süreli sıcaklık uygulamalarından dolayı önemli besin kayıpları meydana gelebilmekte, sağlık açısından risk taşıyan serbest radikaller oluşabilmekte veya tat-aroma kayıpları görülebilmektedir. Isıl işlemlerin yetersiz olması durumunda ise, mikrobiyolojik tehlikeler meydana gelebilmektedir. Isıl işlem uygulamalarının gıdaların özellikle besinsel ve duyuşsal özellikleri üzerinde oluşturduğu bu olumsuzluklar, üreticileri, alternatif yeni tekniklerin geliştirilmesine ve uygulanmasına yönlendirmiştir.

Bu yeni gıda işleme metotları arasında; yüksek hidrostatik basınç, ultrases, vurgulu elektrik alan, vurgulu ışık, ohmik ısıtma, ışınlama ve mikrodalga yer almaktadır. Bu işlemler düşük sıcaklık derecelerinde çalışılabilen ve böylece yüksek sıcaklık uygulamalarından kaynaklanan olumsuzlukların en aza indirildiği muhafaza teknikleridir. Bu işlemlerde oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda çalışılabilmekte ve gıdaların lezzet, tekstür, besin değerleri daha iyi korunarak, mikroorganizmalar inaktive edilebilmektedir. Bu çalışmada, güvenilir gıda üretiminde yaygın olarak uygulanan ısıtma işlemlere alternatif olan yeni ısıtma olmayan uygulama tekniklerinin detaylarının açıklanması, uygulamaların gıdanın kalitesine olan etkilerinin karşılaştırılması ve konuyla ilgili bilgi kirliliklerini ortadan kaldırarak tüketicilere öneriler getirilmesi amaçlanmıştır.

2. GIDA MUHAFAZA YÖNTEMLERİ

2.1. Genel Muhafaza Yöntemleri

2.1.1. Isıl Uygulama İle Muhafaza

Gıdaların bozulmasına neden olan mikroorganizmaların ısı etkisiyle faaliyetlerini engelleme ve bu yolla gıdalara dayanıklılık kazandırma işlemine “ısı uygulayarak muhafaza” yöntemi ve bu amaçla uygulanan ısıtmaya ise, “ısıl işlem” denir. Isıl işlemlerle gıdaların muhafazasında amaç:

- Enzimlerin faaliyetlerini durdurmak,
- Gıdalardaki tüm patojen mikroorganizmaları öldürmek,
- Patojen olmasa bile normal depolama koşullarında gıdada bozulmaya neden olan tüm mikroorganizmaları yok etmek,
- Tüm bu amaçları gerçekleştirirken, gıdanın kalitesinde ve beslenme değerinde en az olumsuzluğa neden olmaktır (Yaralı 2014).

Isıl işlemler sırasında gıdaların beslenme değerini veya duyuşal özelliklerini etkileyen bazı değişimler de olmaktadır. Bu değişimlere örnek olarak gıdanın bileşiminde bulunan vitaminlerin parçalanması veya renk, tat ve yapısında gerçekleşen istenmeyen değişimler verilebilir (Ünlütürk ve Turantaş 2003).

2.1.1.1. Pastörizasyon

Pastörizasyon, mikroorganizmaları inaktive etmek amacıyla pH değeri 4,5’in altında olan gıdalara 100°C ve altındaki sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemdir. Hedefi vejetatif hücreleri öldürmektir. Ancak, pastörizasyon işleminden sonra termofilik bakteriler canlılıklarını korurlar. Bu işlemin bugüne kadar yapılan uygulamalarında gözlenen avantajları; kontrollü ve standart ürün yapılması, randıman artışı sağlamasıdır (Üçüncü, 2004; Özsoy 2012).

Pastörizasyon işleminde kullanılan pastörizatörler, 100°C sıcaklığa kadar çalıştırılan ekipmanlar olduklarından, sistemde herhangi bir basınca gerek yoktur ve bu nedenle kapağı açık düzenler olarak da isimlendirilebilir. En basit pastörizasyon düzeni, buharla doğrudan veya dolaylı olarak ısıtılan uygun şekil ve büyüklükte, su ile dolu bir kazandır. Büyük kapasiteli işletmelerde kullanılan pastörizasyon kazanları içinde, hareketli metal bantlar bulunur. Ambalajlı gıda maddeleri bu bant yardımıyla sıcak su ile doldurulmuş kazana alınır ve belli bir süre burada tutulduktan sonra yine aynı bant kullanılarak soğutucuya ulaştırılır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Asitli gıdaların ısıt işlemlerinde tünel pastörizatörler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu cihazlar konserve kutularının ve kavanozların pastörizasyonuna uygun olduğu gibi, meyve suyu endüstrisinde de kullanılmaktadır. Kutu veya kavanozlar tünel pastörizatörlere hareketli ve hasır şeklinde olan bantlar yardımıyla alınıp, sıcak su banyosundan geçirilerek veya üzerlerine su püskürtülerek pastörize edilir. Soğutma işlemi ise tünel çıkışında tekrar soğuk su püskürtülmek suretiyle yapılır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Meyve suyu gibi gıdalar yüksek asitli oldukları için ısıt işlem olarak pastörizasyon uygulanmaktadır. Bu amaçla aseptik dolum ve sıcak dolumda, plakalı veya borusal ısı değiştiricilerden yararlanılmaktadır. Borusal ısı değiştiriciler çoğunlukla, şeftali, kayısı nektarı gibi meyve eti içeren içeceklerin pastörizasyonunda kullanılmaktadır (Cemeroğlu ve Karadeniz 2001).

2.1.2.2. Sterilizasyon

Gıdaların ısısal işlemlerle muhafazasında sterilizasyonun anlamı ve uygulaması, mikrobiyolojik anlamda sterilizasyondan farklıdır. Mikrobiyolojide sterilizasyon; ortamda bulunan tüm canlıların öldürülmesini ifade ederken, buna karşın sterilize edilen konserve gıdalarda özellikle yüksek sıcaklığa dayanıklı bazı termofilik bakteri sporları canlılıklarını koruyabilir. Bu nedenle de gıda endüstrisinde uygulanan sterilizasyon “ticari sterilizasyon” olarak adlandırılmaktadır (Ünlütürk ve Turantaş 2003).

100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan sterilizasyon işlemi, otoklav olarak adlandırılan ve atmosferik basınç üzerindeki basınçta çalışan kapalı sistemlerde gerçekleştirilebilir. Otoklavlarda 100°C'nin üzerindeki sıcaklık derecelerine ulaşmak için, içindeki suyun yüzeyine yapılan buhar basıncı artırılarak suyun kaynama noktasını yükseltilir. Otoklava verilen buharla, otoklav içindeki su önce ısınır ve daha sonra oluşan buhar içeride hapsedilerek basınç yükseltilir. Otoklavlar sterilizasyon sırasında uygulanan basınç açısından genellikle normal otoklavlar, basınçlı soğutmalı normal otoklavlar ve yüksek basınçlı otoklavlar olarak sınıflandırılmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Otoklavlarda ısıtma işlemi doğrudan buhar veya su kullanılarak gerçekleştirilir. Isıtma amacıyla su kullanıldığı durumda, otoklav içinde ısı iletimini engelleyen hava paketlerinin oluşumu söz konusu değildir. Buhar kullanılması durumunda ise, otoklavda suyun ayrıca ısıtılması zorunluluğu ortadan kalkacağından daha az enerji harcanır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.1.2. Soğukta Muhafaza

Bu yöntemle düşük sıcaklık derecelerinde, gıdalardaki mikroorganizmaların gelişmeleri yavaşlatılmakta ve sıcaklık düştükçe tamamen durdurulmaktadır. Soğukta muhafaza temel olarak 0°C veya bunun biraz üzerindeki sıcaklık derecelerinde gıdaların dayandırılması olarak ifade edilmektedir. Soğukta muhafaza esnasında gıdalar kısa bir süre saklanabilmekte ve dayanma süresi çeşitli faktörlere bağlı olarak birkaç günden 5-6 aya kadar değişebilmektedir. Depolamada koşullar ne kadar iyi ayarlansada her ürünün belli bir süre dayanma olanağı vardır. Soğukta muhafazanın dondurarak muhafazadan farklı yanı, depolama sırasında ürünün asla donmamasıdır (Cemeroğlu ve Acar 1986; Anonim 2010).

2.1.3. Dondurarak Muhafaza

Dondurarak muhafaza işleminin ilkesi, düşük sıcaklık derecelerinde gıdalarda bulunan mikroorganizmaların çoğalma ve faaliyetlerinin kesin olarak durdurulmasına, kimyasal

ve biyokimyasal reaksiyonların olabildiğince yavaşlatılmasına dayanmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

Dondurma işlemi sayesinde gıdaların içerdikleri serbest su, buz kristallerine dönüşünce su aktivitesi azaldığı için bozulmaya yol açan mikroorganizmalar yaşayamamakta, kimyasal ve biyokimyasal değişimler en aza indirilerek gıdaların doğal haline en yakın olarak korunması sağlanmaktadır. Gıdalara uygulanan dondurma işlemi hızlı yapılmalıdır. Bu işlemin yavaş olması durumunda; iri buz kristalleri oluşmakta ve bu kristaller hücreler arası boşluğa geçmektedir. Bu durum, hücre suyunun dışarı çıkmasıyla birlikte hücre duvarının zedelenmesine neden olmaktadır. Bu şekilde dondurulmuş gıda maddeleri çözülünce sulanır, şekli değişir ve daha çabuk bozulur (Yaralı 2014). Hızlı dondurma ile daha kaliteli donmuş ürün elde edilir. Hızlı dondurmanın yavaş dondurmaya göre en avantajlı yönü; depolama esnasında olası sıcaklık değişimleri ile meydana gelen rekristalizasyon kayıplarının az olmasıdır (Demiray ve Tülek 2010).

İşlenmiş ürünler içerisinde tazesine en yakın nitelikte olanlar, dondurulmuş ürünlerdir. Dondurma işlemi; soğuk hava ile, indirekt kontakt metoduyla, daldırarak ve kriyojenik sıvılarla olmak üzere 4 farklı yöntemle gerçekleştirilebilmektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.1.4. Kurutarak Muhafaza

Kurutarak muhafaza tekniği çok eski çağlardan bu yana uygulanan bir yöntem olup, gıdalarda bulunan suyun belli bir seviyesinin altına kadar uzaklaştırılmasını kapsamaktadır (Erbay ve Küçüköner 2008). Kurutma, hava ile ürün arasında gerçekleşen eş zamanlı ısı ve kütle taşınımı işlemidir (Kaya ve ark. 2015). Kurutulmuş bir ürün eğer yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip ise kaliteli ürün olarak kabul edilmektedir (Üstün ve ark. 1999).

Kurutma ile gıdalardaki su içeriği azaltılarak, etkin bir muhafaza gerçekleştirilmektedir (Ayan 2010). Günümüzde uygulanan en geleneksel kurutma yöntemi açık havada güneş

ışığı altında yapılandır. Ancak, açıkta kurutulan ürünlerde kirlilik ve hijyen gibi sorunların yanında, her mevsim uygulanamama gibi dezavantajlar da vardır. Bu nedenle ısıtılmış hava ile çalışan kurutucular güneşte kurutmaya alternatif hale gelmiştir (Tuğrul ve ark. 2001; Cesur 2013). Bu kurutuculardan bazılarına örnek olarak; tepsili, tünel, vakum, dondurarak, püskürterek uygulananları verilebilir.

Kurutma en ucuz dayandırma yöntemidir. Gıdaları kurutarak muhafaza işleminde, daha az işçilik ve daha az ekipman gerektiği gibi, bunların depolanması ve taşınmasında da daha az masraf yapılır (Erbay ve Küçüköner; Ayan 2010).

2.1.5. Asitlerle Muhafaza

Bu muhafaza tekniğine en yaygın örnek turşulardır. Meyve ve sebzelere ilave edilen belli orandaki mutfak tuzu (%4-6) laktik asit fermentasyonuna olanak sağlamaktadır. Oluşan laktik asit, ortamın pH derecesini düşürerek mikroorganizmaların faaliyetini engellemektedir. Laktik asit belli bir konsantrasyona erişince, laktik asit bakterilerinin faaliyeti durur ve bir süre sonra oluşan asitin gıdayı korumada yetersiz kalmasından dolayı ürün, bazı mayalar ve küfler tarafından bozulmaya başlar. Bu noktaya erişilmeden önce ürünün tüketilmesi gerekmektedir. Bu şekilde fermentasyona dayalı asit ilavesinin yanı sıra ayrıca yapay asitlendirme ile muhafaza da mümkündür. Yapay asitlendirme pastörizasyon ile desteklendiğinde güvenilirlik kazanmaktadır (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.1.6. Tuz ile Muhafaza

Tuz ile gıdaların su aktivitesi düşürülerek, mikroorganizmaların üremesinin engellenmesi prensibine dayanan bir muhafaza işlemi gerçekleştirilmektedir. Gıdalara katılan tuz, ortamdaki serbest suyu çekerek mikroorganizmalar için elverişsiz bir ortam yaratmaktadır (Altan 1998).

Tuz çözeltisi içine konan hücrenin içerisindeki su moleküllerinin yoğunluğu dış ortamdaki su moleküllerinin yoğunluğundan yüksek olduğu için, ozmoz nedeniyle su

molekülleri hücre içinden dışına çıkarak plazmolize uğrar. Bu sisteme dayanarak gıdaların tuz ile muhafazası mümkün olabilmektedir (Öner 1996).

2.1.7. Şeker ile Muhafaza

Şeker kullanılarak meyvelerden elde edilen reçel marmelat ve şurup gibi ürünler, meyvelerin dayanıklı hale getirilmiş şeklidir. Bu ürünlerin üretiminde sadece meyve değil, sebze, çiçek (ör: gül), kabuk (ör: portakal kabuğu) gibi bazı bitkisel kısımlar da kullanılabilir. % 68 oranında kurumadde içeren gıda ürünleri bozulmadığı için reçel vb. ürünler şekerle muhafaza edilmiş gıdalar olarak düşünülmektedir. Yüksek şeker içeren bu ürünlerde, yüzeyin nemlenmesi ile birlikte şeker konsantrasyonu düşerek bazı ozmofilik mayalar ve küfler tarafından bozulma gerçekleşebilir (Cemeroğlu ve Acar 1986).

2.1.8. Gaz Atmosferinde Muhafaza

Bu muhafaza tekniğinde, ortamdaki oksijen uzaklaştırılarak mikroorganizmaların faaliyeti ve gıda dokularının aerobik solunumu yavaşlatılmakta ve bu sayede ürünün raf ömrü artırılmaktadır (Erdinç ve Acar 1996). Ortamdan oksijenin uzaklaştırılmasının dışında, ortam atmosferine başka bir gaz eklenilmesi suretiyle de muhafaza sağlanabilmektedir. Bu amaçla ozon, karbondioksit, nitrojen gibi gazlar ürünün niteliğine göre seçilerek farklı kombinasyonlarda uygulanabilmektedir (Cemeroğlu ve Acar 1986). Bu gazların yanında ayrıca karbonmonoksit, neon, hidrojen, argon, etanol, propilen oksit, etilen oksit, klorin gibi diğer gazlar da gıdaların raf ömrünü artırmak için kullanılmaktadır. Ancak, bunlar ekonomik olmamakla birlikte, duyuşal açıdan da kalite kayıplarına neden olabilmektedir (Kılınç ve Çaklı 2004).

2.2. Isıl Olmayan Gıda Muhafaza Yöntemleri

2.2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç

Hite gıda işleme sistemlerinde yüksek hidrostatik basınç uygulamasının kullanımıyla ilgili olarak yapılan ilk başarılı çalışmaları gerçekleştirmiştir (Knorr 1999). Özcan ve

Obuz (2006) tarafından Hite (1899)'nin çiğ sütün oda sıcaklığında bir saat boyunca 600 MPa basınca maruz bırakılması sonucunda raf ömrünün 4 gün artırılabilceğini ispatladığı bildirilmiştir. Bu yöntem, 1990'lı yılların başında Japonlar tarafından soğukta depolanan asitli gıdaları pastörize etmek amacıyla ticari olarak kullanılmaya başlanmıştır (Knorr 1999). Yaldagard ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada yüksek hidrostatik basınç teknolojisinin ticari olarak ilk defa 1991'de Japonya'da uygulandığını ve şu anda meyve suları, reçeller, soslar, kek ve tatlılara uygulanabilir hale geldiğini belirtmektedir.

Gıdalara uygulanan ısıt işlemlerde, yüksek sıcaklıklar enzimleri ve mikroorganizmaları inaktive ederken, gıdaların duysal özelliklerini ve besin değeri de olumsuz yönde etkilemektedir. Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) (100-1000 MPa) uygulaması gıdaları oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda işleme ve koruma metotlarının en önemlilerinden biridir (Trujillo ve ark. 2002). Bu yöntem, ısıt işlemlerin tersine ürünün büyüklüğünden ve şeklinden bağımsız ve gecikmesiz olarak etki göstermektedir. Yüksek basınç uygulaması oda sıcaklığında gerçekleştirildiğinden, konvansiyonel yöntemlerdeki gibi termal enerjiye ihtiyaç duymamakta ve ürün yapısında yüksek sıcaklığın neden olduğu olumsuz durumlar gerçekleşmemektedir (Gökmen ve Acar 1995).

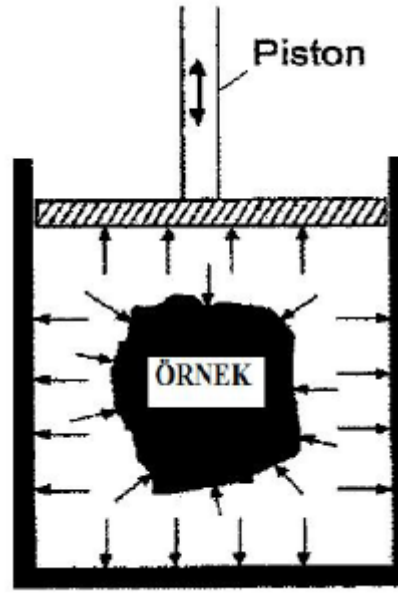
YHB uygulaması, bozulmaya neden olan mikroorganizmaları ve zararlı patojenleri basınç uygulaması ile inaktive edebilen bir ısısal olmayan koruma yöntemidir. Yaklaşık 400-600 MPa (58000-87000 psi) basınç aralığında düşük veya orta işlem sıcaklıklarında (<45°C) uygulanır (İcier 2012).

Yüksek basınç uygulamasının gıdalardaki sporların öldürülmesine, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonuna, proteinlerin yapısına, besinlerin vitamin içeriği ve duysal niteliklerine (aroma, renk, lezzet) etkisiyle ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır (Hsu ve Ko 2001; Hugas ve ark. 2002; Akyol 2004; Perrier-Cornet ve ark. 2005; Mclnerney ve ark. 2007; Mecnun 2010; Nunez-Mancilla 2013; Ilgaz 2014; Kim ve ark. 2014; Polat Kılıç 2014).

2.2.1.1. Yüksek Hidrostatik Basınç Sistemleri

Yüksek hidrostatik basınç sistemlerinin temel prensibi gıdayı çevreleyen suyu sıkıştırmaktır. Basınçlı kaba konan paketlenmiş haldeki gıda maddesi, çevresindeki suya uygulanan basınç ile her noktadan eşit olarak etkilenmektedir. Suyun basınç ileten ortam olarak kullanılmasının nedenleri; yüksek basınçlara çıkıldığında bile hacim azalmasının ihmal edilebilir olması, gıdalar için güvenilir, saf ve ucuz olmasıdır (Tülek ve Filizay 2006).

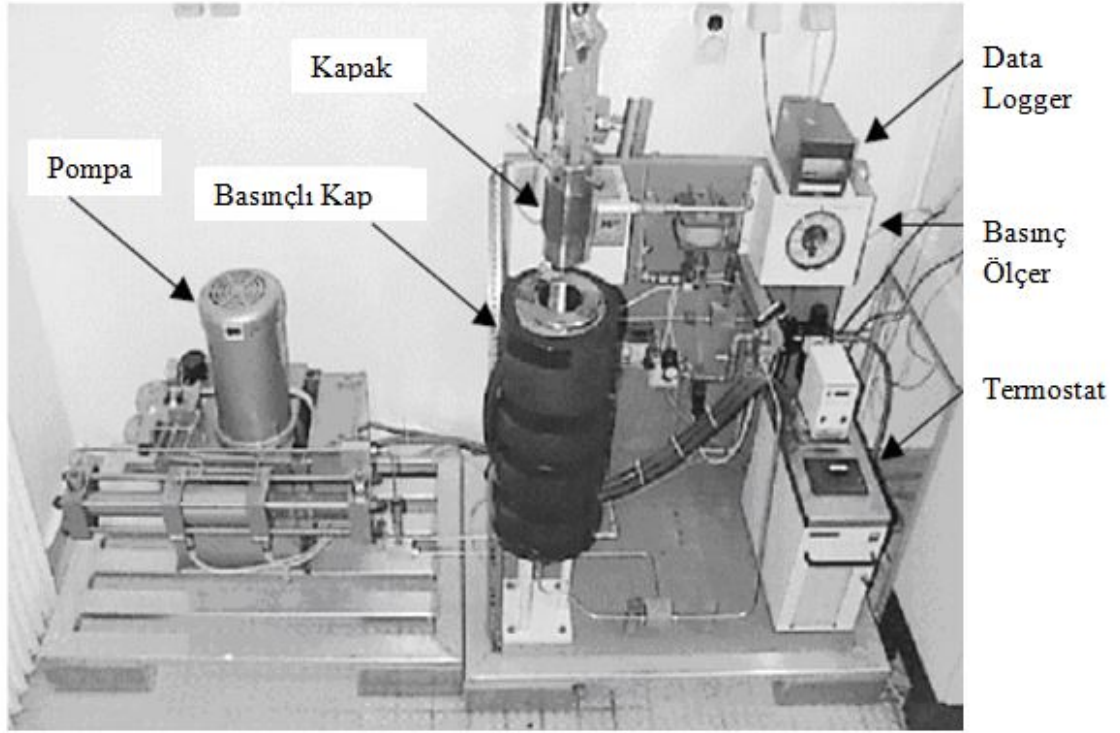
Yüksek basınç sistemlerinde basınç doğrudan veya dolaylı olarak gerçekleştirilir. Basıncın doğrudan gerçekleştiği sistemlerde piston bulunur ve gıda piston üzerinde oluşturulan basınçla sıkıştırılır (Şekil 2.1). Çok hızlı bir basınç artışı sağlayan bu yöntem, pratikte sadece küçük ölçekli çalışmalara uygundur (Yaldagard ve ark. 2008). Dolaylı basınç işleminde ise gıda, basınç pompası ile bir kaba bastırılarak istenilen basınca dolaylı olarak ulaşılır. Basınç iletici ortam ile birlikte ortamı istenen basınca yükselten ve kapalı basınç kabına pompalamak için kullanılan bir yükseltici kullanılır (Tülek ve Filizay 2006). Bu yöntem, endüstriyel soğuk, sıcak ve çok sıcak izostatik basınç uygulamalarında kullanılmaktadır (Gökmen ve Acar, 1995; Oğuzhan, 2013a).



Şekil 2.1. Yüksek Hidrostatik Basınç (YHB) Sisteminin Şematik Gösterimi (Yaldagard ve ark. 2008)

Tipik bir YHB sistemi; sıcaklık kontrol cihazı, basınç üretim sistemi, yüksek basınç tankı ve kapağından oluşmaktadır (Şekil 2.2). YHB sisteminin kalbi yüksek basınç kabıdır. Basınç kabının kalınlığı çalışma kapasitesine ve çalışılan yüksek basınca göre değişmektedir (Gökmen ve Arcar 1995). Kabin iç çapına bağlı olarak, tek gövdeli kaplar en fazla 400-600 MPa basınç aralığında kullanılmaktadır (Yaldagard ve ark. 2008).

Uygulamada yüksek basınç uygulanacak örnek basınçlı tanka doldurulur ve başlangıç sıcaklığı ayarlanır. Tankın dışını çevreleyen izole ceket, ısıl dengeyi sağlar. Ekipmana bağlanan pompa, sıvı gıdaların basınçlandırılmasına olanak sağlar. Tüm başlangıç koşulları ayarlandıktan sonra tank içindeki hava uzaklaştırılır. Yüksek basınç sistemi çalıştırılarak, sistemin istenilen basınca çıkması sağlanır. Gıda maddesi bu basınçta istenilen süre (genellikle 1-5 dak.) tutulur (İçier 2012).



Şekil 2.2. Laboratuvar ölçekli yüksek hidrostatik basınç sistemi (Yaldagard ve ark. 2008)

2.2.1.2. Yüksek Hidrostatik Basıncın Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları

2.2.1.2.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu

Mikroorganizmaların öldürülmesi için uygulanan ısı işlem (sterilizasyon veya pastörizasyon) gıda maddelerinin besin değerinin değişmesine yol açmaktadır. Soğuk sterilizasyonun gıdaların tazeliğinin korunması açısından önemli olduğu bildirilmektedir (İbanoğlu 2002). Mikroorganizmaların yüksek basınca dayanıklılığı farklılık göstermektedir. Yüksek basınçtan en fazla etkilenen mikroorganizmalar küf ve mayalardır. Yüksek basınca en dayanıklı organizmalar ise bakteri sporlarıdır. Gram (-) bakteriler Gram (+) bakterilere oranla yüksek basınca daha fazla duyarlıdır.

Yüksek hidrostatik basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi, hidrojen bağlarının kırılmasıyla birlikte hücre membranlarının geçirgenliğinin artması, yüzeyin kabarcıklarla kaplanması ve hücrenin eriyip yok olması gibi olayların bileşimini

kapsamaktadır (Knorr 1999; Özcan ve Obuz 2006). Yüksek basınç kullanılarak mikroorganizma kontaminasyonunu etkin bir şekilde azaltmak için işlem parametrelerini kontrollü olarak uygulamak gerekmektedir. Farklı işlem parametrelerinin uygun kombinasyonları ve 400-700 MPa aralığındaki basınç seviyeleri mikroorganizma yükünü azaltabilmektedir (Perrier-Cornet ve ark. 2005).

Mikroorganizmaların inaktivasyonunda yüksek basıncın etkisi uygulama sıcaklığı ile ilişkilidir. Mikroorganizmaların yüksek basınca karşı dirençleri optimum sıcaklıkta artarken; optimum sıcaklığın üzerindeki sıcaklıklarda dirençleri azalmaktadır. Yüksek basınç işleminden önce hücreye soğuk şoklama uygulandığında hücrenin basınca karşı direnci artmaktadır (Hugas ve ark. 2002).

Yapılan bir çalışmada, 150-200-250 MPa basınçlarda uygulanan yüksek hidrostatik basıncın üzüm sularının mikrobiyal yükü üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçta artan sıcaklık ve basıncın beyaz ve kırmızı üzüm suyunun mikrobiyal yükünün azalmasına istatistiki olarak önemli katkı sağladığı ortaya konmuştur ($p<0,05$). Ayrıca araştırmacılar, YHB uygulaması ile işlem görmüş beyaz (200 MPa-40°C-10 dak.) ve kırmızı (250 MPa-40°C-10 dak.) üzüm sularında 25°C'de 90 günlük raf ömrü çalışması sonucunda mikrobiyal üremenin gözlenmediğini belirtmiştir (Mecnun 2010).

Geleneksel olarak üretilmiş boza örneklerine 150, 250, 350 MPa basınçlarda 5°C sıcaklıkta ve 5 dakika süreyle YHB uygulanmıştır. 350 MPa 5°C 5 dakika parametreleriyle uygulanan YHB işleminin bozada bakteriyel yükü yaklaşık olarak 3.0 log azalttığı ve bütün YHB kombinasyonlarında maya ve küflerin tamamen yok edildiği saptanmıştır (İlgaz 2014).

Poretta ve ark. (1995) domates suyu örneklerinde mikrobiyal kontaminasyon üzerine yüksek hidrostatik basıncın etkisini araştırmış ve taze domates suyunu kontrol olarak kullanmıştır. Sonuçta 500 MPa basınçta 3 dakika YHB uygulanmış örneklerde mikrobiyal stabilitenin sağlandığı belirlenmiştir.

Baptista ve ark. (2015) *Staphylococcus aureus*'un farklı suşlarına yüksek hidrostatik basınç uygulayarak, mikroorganizmanın farklı döngülerden sonraki canlılığını geri kazanmasını ve direnç gelişimini araştırmıştır. Bakterinin farklı suşlarına 600 MPa-30 dak.-20°C ve 600 MPa-15 dak.-20°C işlem parametrelerinde YHB uygulanmıştır. Yapılan işlemler ilk uygulamadan sonra 9 defa daha tekrar ettirilmiştir. Bu işlem parametrelerinin *S. aureus*'un toksik ve toksik olmayan suşlarını inaktive ettiği araştırmacılar tarafından gözlenmiştir. Canlı kalan bakterilerin ise 10. döngüden sonra direnç göstermediği ve inkübasyonun 14. gününden sonra canlılığını geri kazanmadığı bildirilmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada ise dilimlenmiş ve *Salmonella* inoküle edilmiş biberlere YHB uygulanmıştır. 500 MPa-25°C ve 5 dakika işlem parametreleriyle yüksek basınca tabi tutulan örneklerin 1 mL'lik süspansiyonlarında *Salmonella* saptanmamıştır. Yüksek basınç uygulanan taze biber örnekleri 25°C ve 4°C'de 7 gün muhafaza edilmiştir. Muhafaza sonunda 4°C'deki örneklerde TSA (Tryptone Soy Agar) üzerinde hiçbir koloni gözlenmezken, 25°C'de *Salmonella* kolonileri gelişmiştir. 500 MPa'da YHB uygulanmış taze biberlerin buzdolabı sıcaklığında tutularak güvenle tüketilebileceği bildirilmiştir (Polat Kılıç 2014).

2.2.1.2.2. Protein Denatürasyonu, Enzim Aktivasyonu veya Denatürasyonu

Proteinler üzerine yüksek basıncın etkisi; protein yapısına, proteinin bulunduğu ortama (sıcaklık, pH, iyonik kuvvet) ve uygulanan basınç miktarına bağlıdır. YHB uygulaması proteinlerin hacmini değiştirecek bir etki gösterebilmektedir. Yüksek basınç, protein hacmindeki artışa neden olan reaksiyonları engellerken, azalışa eşlik eden reaksiyonları hızlandırmaktadır (Hendrickx ve ark. 1998). Hacimde oluşan azalma (30-80 mL/mol) kovalent olmayan bağların meydana gelmesi veya kırılmasıyla ve denatürasyonla ortaya çıkmaktadır (Zorba ve Kurt 2005).

Proteinlerin jel oluşturabilme kabiliyeti gıdaların tekstürel özelliklerini etkilemektedir. Proteinlerin jel oluşturabilmesi ısıl işlemle gerçekleştirilmektedir. Ancak, ısıl işlem

sırasında meydana gelen besin kayıpları nedeniyle yüksek basınç, ısıtma işlemi alternatif bir teknik olarak aynı amaçla uygulanabilmektedir (Lullien-Pellerin ve Balny 2002).

Hsu ve Ko (2001) Tilapia kaslarından ekstrakte edilen miyosinin 500 atm'den 2000 atm'ye kadar olan yüksek basınçlarda önemli değişmeye uğradığını belirlemiştir. Yaptıkları çalışmada yüksek basıncın yapısal değişimlere yol açtığı ve proteinlerin çözünürlüğünü artırdığı sonucuna varılmıştır. 0°C'de 500 atm'lik basınç uygulamasından sonra myosin filamentlerinin açıldığı ve hacminin azaldığı belirlenmiştir. 1000 atm'den 1500 atm'ye kadar yapılan uygulamalarda ise miyosinlerin agregasyona uğradığı bildirilmiştir.

Enzimlere yüksek basınç iki şekilde etki etmektedir. Bunlardan birincisinde bazı enzimlerin aktivite gösterebilmesi için 100 MPa'dan daha düşük basınçlara ihtiyaç varken, diğerinde yüksek basınçlar enzimlerin inaktivasyonuna neden olabilmektedir. Enzimlerin inaktivasyonu geri dönüşümsüz veya kısmen geri dönüşümlü olabilmektedir. Basınçla enzimlerin inaktivasyonu enzimin tipine, ortamın bileşimine, sıcaklığa ve pH'ya bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Hendrickx ve ark. 1998).

Akyol (2004) yeşil fasulye, bezelye ve havuçta bulunan peroksidaz ve lipoksigenazın inaktivasyonu üzerindeki etkilerini araştırmak üzere bu örneklerle, 20-70°C'de 250 MPa YHB uygulamıştır. Bu amaçla sebze numuneleri 20°C'de 15-60 dakika boyunca 250 MPa basınca tabi tutulmuş ve daha sonra 40-70°C arasındaki sıcaklıklarda bulunan su ile haşlanmış. Yeşil fasulyeler için, 15 dakika boyunca 250 MPa basınç ve daha sonra 40°C'de 5 dakika haşlama sonucunda %22 lipoksigenaz inaktivasyonu elde edilmiştir. Bezelyeler için, 30 dakika boyunca 250 MPa basınç ve 50°C'de 30 dakika haşlama uygulaması %70 inaktivasyon yaratmıştır. Havuçlarda ise lipoksigenaz aktivitesi ölçülememiştir. Ancak, daha etkili inaktivasyon elde etmek için uygulanan basıncın artırılması gerektiği belirtilmiştir.

2.2.1.2.3. Tat, Koku, Renk, Tekstür Gibi Kalite Özelliklerinin ve Besin Değerlerinin Korunması

Isı uygulaması içermeyen yeni tekniklerden biri olan yüksek hidrostatik basınç, gıda maddelerinin renk, lezzet, tekstür ve besin değerleri üzerine olumsuz etki yapmayacak şekilde oda sıcaklığında uygulanmaktadır. Bu teknikle gıda maddelerinin raf ömrünü artırabilmek mümkündür (Ross ve ark. 2003).

McInerney ve ark. (2007) 400 MPa ve 600 MPa basınçlarda uygulanan YHB tekniğinin sebzelerin antioksidan aktivitesi ve toplam karotenoid miktarı üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmanın sonucunda, antioksidan aktivite ve toplam karotenoid içeriğinin YHB işleminden etkilenmediğini bildirmişlerdir.

Kim ve ark. (2014) sarımsak örneklerine 500 MPa basınçta YHB uygulamış ve örneklerde renk (L, a, b) ve tekstür değişimlerini incelemiştir. YHB uygulamasından sonra örneklerin sertlik ve L (açıklık), a (kırmızılık), b (sarılık) değerlerinde düşüş gözlenmesine rağmen, örneklerin çiğnenebilirliği artmıştır.

Başka bir çalışmada araştırmacılar, çilek örneklerine YHB altında ozmotik kurutma uygulamıştır. Depolama süresince çilek örneklerinde antioksidan kapasite, fenolik madde, renk ve askorbik asit analizleri yapılmıştır. Ozmotik çözelti olarak 40° briks şeker şurubu kullanılmış ve örneklerle 10 dakika süreyle 100-500 MPa aralıklarında YHB uygulanmıştır. En yüksek antioksidan aktivite 400 MPa basınçta kaydedilirken 400 MPa'a kadar basınç artışıyla birlikte fenolik bileşiklerin miktarı da artmıştır. Besin içeriği açısından bakıldığında en iyi sonuçlar 400 MPa'da 10 dakika YHB uygulanmış ve ozmotik kurutulmuş çilek örneklerinde görülmüştür (Nunez-Mancilla 2013).

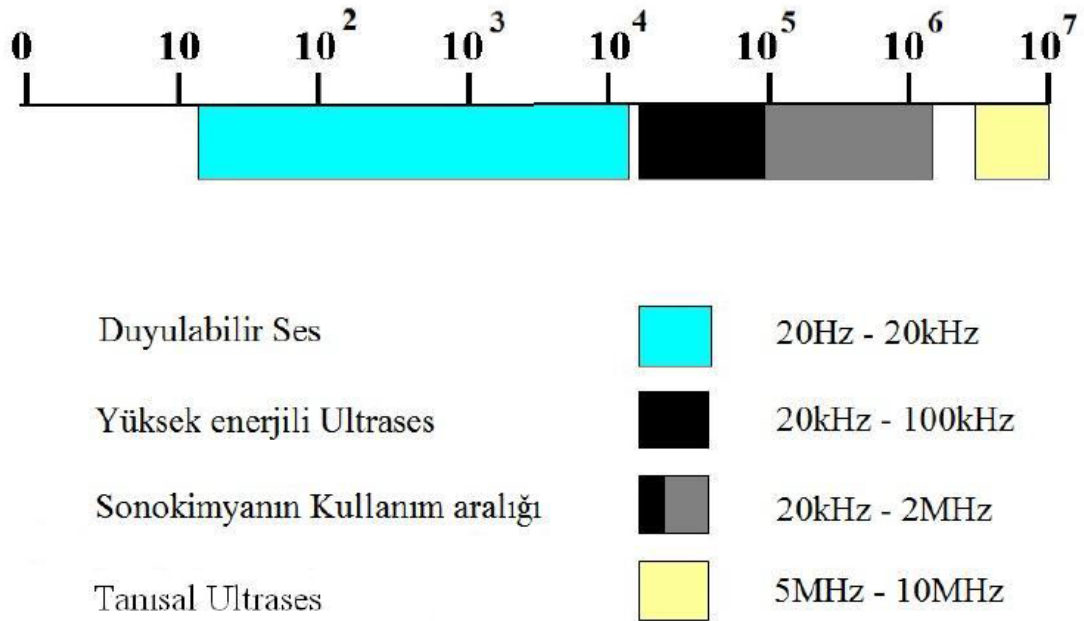
2.2.2. Ultrases

Ultrases ilk olarak 1900'li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Dünya savaşları sırasında deniz altılarının gönderdiği ses dalgalarının balıkların ölümüne sebep olması ile ultrasesin

varlığı anlaşılmıştır. Düşük frekanslı ve yüksek enerjili ultrasesin endüstride kullanılmaya başlanması 1960'lı yıllarda olmuştur (Earnshaw 1995; Yüksel 2013).

Ses dalgaları mekanik dalgalar olmakla birlikte katı, sıvı ve gazlar (homojen olan) içerisinde sabit hızlarda ilerler. Ses, gaz ve sıvılarda boyuna dalgalar şeklinde ilerlerken, katılarda hem boyuna hem de enine dalgalar şeklinde ilerlemektedir (Demirdöven ve Baysal 2012a).

İnsan kulağının işitme aralığı yaklaşık olarak 20 Hz ile 20 kHz arasında değişmektedir. Ultrases insan kulağının duyabileceği frekansın üzerinde (>20 kHz) katı, sıvı ve gaz ortamda ilerleyebilen mekanik titreşimli ses dalgaları olarak tanımlanmaktadır (Başlar 2011; Türkmen 2012; Uzunoğlu 2012). Başka bir deyişle ultrases, saniyede 20000 veya daha fazla ses dalgasından oluşan mekanik bir enerjidir. Ultrases frekansının üst limiti, kesin olarak ispatlanamamakla birlikte gazlarda 5 MHz ve katılarda 500 MHz olarak ifade edilmektedir (Mason 1998; Mason ve Lorimer 2002; Başlar 2011). Ultrasesin frekans aralığı, Şekil 2.3' te gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Sesin frekans aralığı (Mason 1998; Başlar 2011)

Ultrases uygulamaları gıda endüstrisinde kullanımı açısından 2 ana kategoriye ayrılmaktadır.

- Yüksek yoğunluklu (şiddetli), düşük frekanslı ultrases
- Düşük yoğunluklu (şiddetli), yüksek frekanslı ultrases

Düşük yoğunluklu ultrases; gıdaların fizikokimyasal özellikleri hakkında bilgi edinmek amacıyla kullanılmaktadır. Ortamdan geçen ses dalgaları materyal içinde önemli fiziksel ve kimyasal değişikliğe sebep olmamaktadır. Düşük yoğunluklu yüksek frekanslı ultrases işlemi, 100 kHz ve üzeri frekanslarda ve 1 W/cm^2 'nin altındaki enerji yoğunluklarında uygulanmaktadır (Türkmen 2012; Demirdöven ve Baysal 2012a; Yüksel 2013). Ultrases, gıda endüstrisinde; üretim prosesinin müdahalesiz izlenmesinde, havalandırılan gıdalardaki hava kabarcıklarının belirlenmesinde, etteki yağ oranının saptanmasında, meyve ve sebzelerin karakterizasyonunda, yumurtaların kalitesinin belirlenmesinde, peynirdeki yüzey çatlaklarında, bisküvilerin dokusunda, süt koagülasyonunda, şarap fermentasyonunun kontrolünde, hamurun karakterizasyonunda, şeker içeriği ve asitlik gibi farklı fizikokimyasal özelliklerin belirlenmesinde kullanılmaktadır (Uzunoğlu 2012; Soria ve ark. 2010; Kurt 2013).

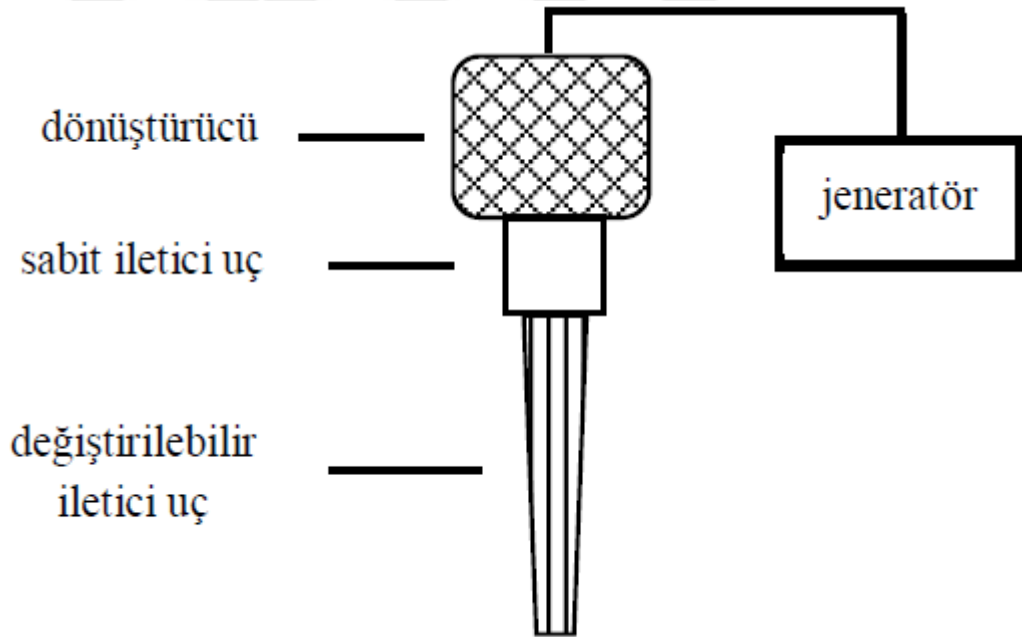
Yüksek yoğunluklu ultrases, 100 kHz' in altındaki frekanslarda ve 10 W/cm^2 'nin üzerindeki enerji yoğunluğunda uygulanmaktadır (Mason 1998). Yüksek yoğunluklu ultrases fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal etkilere sahiptir ve çeşitli gıdaların fizikokimyasal özelliklerini modifiye ederken proses aşamasında gıda sistemlerinin kalitesini arttırmaktadır. Düşük frekanslı ultrases işleminin ana etki mekanizması kavitasyon oluşumudur (Kurt 2013).

Sıvı bir ortamda yüksek güçlü ultrasesi etkileyen en önemli parametreler ultrases uygulanan ortamın özellikleri (viskozite, yüzey gerilimi, buhar basıncı, çözünmüş gazın konsantrasyonu ve doğası, katı partikül varlığı), işlem parametreleri (sıcaklık, basınç ve işlem uygulanan süre), ultrases üretici performansı (frekans ve güç girişi) ve işlem uygulanan kabın geometrisi ve büyüklüğüdür (Demirören ve Baysal, 2009; Kurt 2013). Gıda endüstrisinde; biyolojik hücrelerin dağıtılmasında, emülsiyon yapımında,

kurutmada, karıştırmada, enzim ve proteinlerin ekstraksiyonunda, enzim inaktivasyonunda ve mikrobiyal inaktivasyonda kullanılmaktadır (Knorr ve ark. 2004; Uzunoğlu 2012).

2.2.2.1. Ultrases Sistemi

Ultrases sistemini oluşturan ana parçalar; jeneratör, dönüştürücü ve iletici kısımdır (Mason 1998; Türkmen 2012; Demirdöven ve Baysal 2012a). Jeneratör, alternatif akımı dönüştürücünün kullanabileceği yüksek frekanslı alternatif akıma çevirmektedir. Dönüştürücü yüksek frekanslı elektrik akımını mekanik titreşimlere dönüştirmektedir. İletici kısımda ise mekanik titreşimler, ultrases işleminin uygulanacağı ortama iletilmektedir (şekil 2.4).



şekil 2.4. Ultrases cihazının şematik gösterimi (Mason 1998; Türkmen 2012)

Ultrases işleminde en fazla kullanılan, yüksek frekanslı sesi ortama iletmeye yarayan ileticiler, ultrasonik banyolar ve prob sistemleridir. Ultrasonik banyolarda dönüştürücü tankın altına yerleştirilmiştir ve örnek ile direk temas söz konusu değildir. Banyo sistemlerinde maliyet, prob sistemlerine göre düşüktür. Prob sistemlerinde

dönüştürücüye bağlı halde bulunan bir başlık bulunmaktadır. Başlığın uç kısmına farklı boyutlara sahip problar takılabilmektedir. Probların çapı değiştikçe uygulanan gücün yoğunluğu değişmektedir ve her prob için örnek hacmi farklı olmaktadır. Titanyum gibi aşınmaya dayanıklı maddelerle prob üretimi yapılmaktadır (Mason 1998; Türkmen 2012).

2.2.2.2. Ultrases İşleminin Etki Mekanizması

Ultrases işlemi ortama uygulandığı zaman; mekanik titreşim oluşumu, akustik dalga oluşumu ve akustik kavitasyon olmak üzere 3 temel etki meydana gelmektedir. Mekanik titreşim ve akustik dalga oluşumu kavitasyonel olmayan etkilerdir (Türkmen 2012; Uzunoğlu 2012; Kurt 2013).

Ultrases işleminin temel etki mekanizması kavitasyondur. Kavitasyon; sıvılarda bulunan mikro kabarcıkların kritik büyüklüğe ulaşması sonucunda patlamalarıyla meydana gelen önemli bir etkidir (Ashokkumar ve ark. 2010; Türkmen 2012; Uzunoğlu 2012; Kurt 2013).

Kavitasyon geçici ve kararlı kavitasyon olmak üzere 2 farklı şekilde oluşabilmektedir. Geçici kavitasyon prob sistemlerinde 20 kHz ve üzeri frekanslarda 10 W/cm^2 dalga şiddetinde oluşmaktadır. Geçici kavitasyonda, kabarcıkların birkaç akustik salınımla birlikte hacimleri genişleyerek hemen patlamaktadır. Oluşan yeni baloncukların boyutları çok küçük olmaktadır (Ashokkumar ve ark. 2010; Uzunoğlu 2012). Kararlı kavitasyonda ise, kabarcıkların büyümesi, 200 kHz ve üzerindeki frekanslarda yaklaşık 1000 akustik çevrim sonrasında gerçekleşmektedir. Baloncukların patlama şiddeti geçici kavitasyona göre daha yavaştır (Ashokkumar ve ark. 2010, Uzunoğlu 2012; Türkmen 2012).

Kavitasyon oluşumu için gerekli basıncın minimum salınımı, sıvı ortamın fiziksel ve kimyasal (buhar basıncı, gerilme kuvveti, katı konsantrasyonu gibi) özelliklerine ve ortamdaki çözünmüş gaz miktarına bağlıdır. Hidrostatik basınç ve sıcaklık da önemli diğer faktörlerdir. Aşırı yüksek hidrostatik basınç kabarcıktan dışarı gaz difüzyonunu

önler, kavitasyona zarar verir. Sıcaklık yükselmesiyle birlikte kavitasyon eşiği düşmekte ve kaynama noktasında sıfır olmaktadır (Uzunoğlu 2012).

2.2.2.3. Ultrases İşleminin Gıda Saniyinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar

Çizelge 2.1’ de ultrases tekniğinin gıda endüstrisindeki uygulamaları ve kullanım avantajları görülmektedir.

Çizelge 2.1. Ultrases tekniğinin gıda endüstrisindeki uygulamaları ve kullanım avantajları (Tavman ve ark. 2009; Demirdöven ve Baysal 2012a)

UYGULAMA	AVANTAJ
Mikrobiyal İnaktivasyon	Sıcaklık ve basınçla kombine edildiğinde daha düşük sıcaklıklarda ve daha kısa sürede inaktivasyon sağlar.
Enzim İnaktivasyonu	Daha düşük sıcaklıklarda enzim inaktivasyonu sağlar.
Ekstraksiyon	Ekstraksiyon hızı ve etkinliğini artırır.
Canlı hücrelerin uyarılması	Hücreye zarar vermeden hücre etkinliğinin artırılması (yoğurt, balık yumurtası oluşumu, tohum çimlenmesi)
Dondurma	Buz kristallerinin oluşumu için geçen sürede kısalma
Kurutma	Düşük sıcaklık ve düşük hava hızında kurutma sağlar.
Filtrasyon, seperasyon	Akış hızında ve ayırma etkinliğinde artış
Kristalizasyon	Katı yağ ve şekerlerin kristalizasyon akısını artırır.
Gaz uzaklaştırma	Fermentasyon sonrası CO ₂ gazını giderir.
Köpük kırma	Sıvıların doldurulması sırasında oluşan köpüğün giderilmesini sağlar.
Kesme	Yumuşak/ kırılğan ürünlerin kesilmesinde kayıpları azaltır.
Viskozite değiştirme	Katkı maddelerinin kullanımını azaltarak proses özelliklerini geliştirir.
Emülsiye etme ve homojenizasyon	Geleneksel uygulamalara göre maliyeti azaltır.
Temizleme ve yüzey dekontaminasyonu	Boru iç yüzeyi ve kesimhanelerde kullanılan sistemlerin temizliğinde kolaylık sağlar.

Kantaş (2007) ultrasesin elma, kereviz, havuç ve patatesin kurutma hızı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bu amaçla 24 kHz frekanslı ultrases üretici kullanılmıştır. Genlik değerleri %40-%70-%100 olarak ve vurum (pulse) değerleri de 0.4, 0.7, 1.0 olarak seçilmiştir. Kurutma 30, 40 ve 50°C sıcaklıklarda 3.9 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Ultrases yardımıyla kurutmanın seçilen meyve ve sebzelerin kuruma hızını, kullanılan tüm kurutma koşullarında, örneklerin yapısal özelliklerine de bağlı olacak şekilde arttırdığı gözlenmiştir. En uygun kurutma koşulları, kereviz için, %100 genlik, 1.0 vurum, 30°C; elma için %100 genlik, 1.0 vurum, 30°C; havuç için, %70 genlik, 0.7 vurum, 50°C ve patates için %70 genlik, 0.7 vurum, 50°C olarak bulunmuştur.

Yine ultrasesin kurutma hızına etkisi üzerine yapılan başka bir çalışmada, bamya ve elmalar materyal olarak kullanılmıştır. Ultrases ön işlemi için 20 kHz frekansa sahip prob kullanılmış ve ön işlem sonrasında sıcak hava ile kurutma gerçekleştirilmiştir. Ultrases ön işlemi 10, 20, 30 dakika süre ile, % 55 ve % 100 genlik değerlerinde uygulanmıştır. Kurutma 60 ve 70°C'de 0.3 m/s hava hızında gerçekleştirilmiştir. Sıcak hava ile kurutma öncesi gerçekleştirilen ultrases ön işleminin ürünün yapısal özelliklerine bağlı olarak kuruma hızını arttırdığı gözlenmiştir. Kuruma hızı en iyi gerçekleştiği koşullar bamya için, % 100 genlikte 20 dakika, elma için, % 100 genlikte 30 dakika olarak bulunmuştur (Tüfekçi 2014).

Kurt (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, yüksek güçlü ultrases işlemi uzun ömürlü fermente süt üretiminde, fermentasyondan sonra uygulanan ısıl işlem (70°C/ 10 dak.) yerine, kısa ömürlü fermente süt üretiminde ise süte uygulanan ısıl işlem (85°C/ 30 dak.) ve homojenizasyon yerine kullanılmıştır. Farklı güç (%25-100), sıcaklık (20-60°C) ve sürede (10-30 dak.) uygulanan ultrases işleminin, ısıl işleme göre en yakın sonuç veren parametreleri belirlenmiştir. Yağlı kısa ömürlü fermente süt üretiminde %25 güçte, 60°C'de 10 dakika uygulanan ultrases işlemi ısıl işlem uygulanan örneğe benzer fiziksel özellikler sağlamıştır. Yağsız örneklerde ise ultrases işleminin uygulanması ısıl işleme göre bir avantaj sağlamamıştır.

Martini ve ark. (2008) süt yağının kristalleri üzerine yüksek yoğunluklu ultrases uygulamasının etkisini araştırmış; sonuçta yüksek yoğunlukta ultrases uygulamasının süt yağının kristal oluşum süresini azaltmakla kalmadığı aynı zamanda daha kk kristallerin oluşmasını da sağladığını ortaya koymuştur.

Ultrases işleminin ayran üretiminde pastörizasyon işlemine alternatif olarak kullanılması amacıyla yapılan bir çalışmada; 24 kHz sabit frekans, 400 W güce sahip ultrases cihazı ve 22 mm çapında prob kullanılmıştır. Ayranlara farklı g, sıcaklık ve sürelerde ultrases işlemi uygulanmış, toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB), laktik asit bakterileri ve küf-maya açısından ısıl işlem uygulanmış örneklerle karşılaştırılmıştır. Uygulanan ultrases işlemlerinin yoğurt bakterileri ve küf-maya inaktivasyonunda ısıl işlem uygulamasına göre yetersiz kaldığı, TMAB sayısı açısından da fazla inaktivasyon sağlayamadığı ortaya konmuştur. Ultrases işlemi uygulanan örneklerde ayran tadı az bulunmuş, belirgin metalik, yanık tat ve kokusu hissedilmiştir (Uzunoğlu 2012).

2.2.3. Vurgulu Elektrik Alan (PEF)

Gıda materyalleriyle hücre bozulmasına yönelik vurgulu elektrik alan (pulsed electric field-PEF) uygulaması faz ayrılmasının iyileştirilmesi için ilk olarak Doevenspeck (1960) tarafından tanımlanmış ve patent alınmıştır (Doevenspeck 1960; Gürsul 2012). Sale ve Hamilton (1967) tarafından yapılan daha sonraki araştırmalarda yüksek voltajda vurgulu elektrik alana maruz kalan mikroorganizmaların inaktive olduğu belirlenmiştir (Bilek 2012). Bu alışmalar vurgulu elektrik alan teknolojisinin temellerini ortaya koymuş olup, günümüzde bile geçerliliğini korumaktadır (Ağçam 2011).

Vurgulu elektrik alan tekniği 2 elektrot arasına yerleştirilen gıda maddelerine kısa sürelerde (1-100 μ s) yüksek voltaj uygulanması (10-50 kV/cm) ile gerçekleştirilmektedir (Sağdıç ve ark. 2008; Demirdöven ve Baysal 2008).

2.2.3.1. Vurgulu Elektrik Alan İşlemi Parametreleri

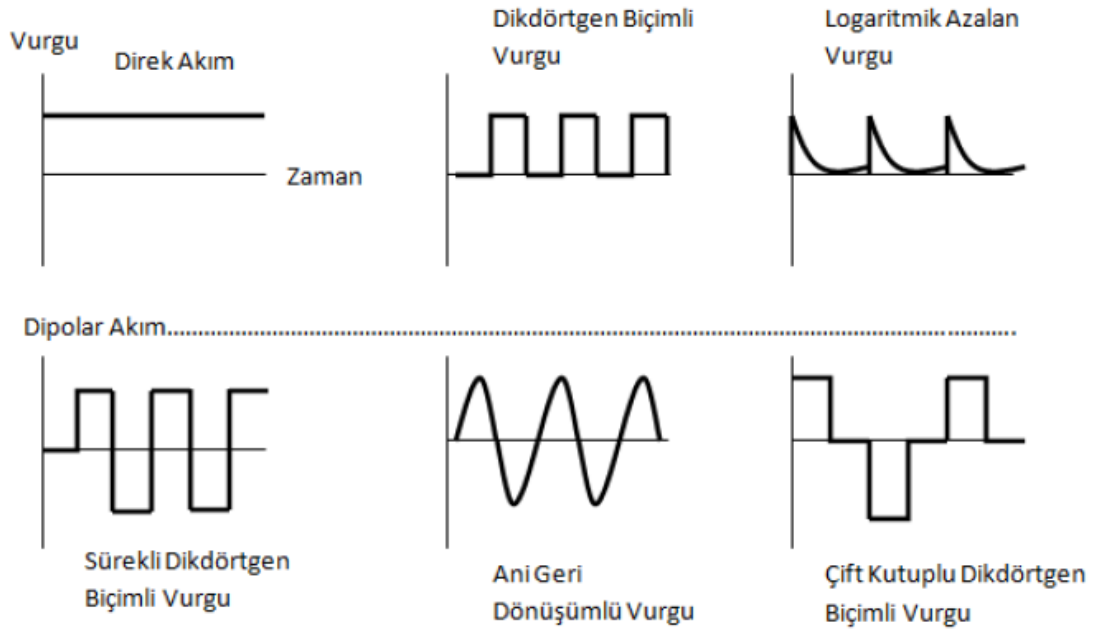
İşlemin etkinliği elektrik alan şiddetine, darbenin şekline, darbe sayısına ve uygulama süresine bağlıdır (Wesieska ve ark. 2007; Sağdıç ve ark. 2008; Gürsul 2012; Kakı ve ark, 2014).

2.2.3.1.1. Elektrik Alan Şiddeti

Elektrik alan şiddeti; iki nokta arasındaki potansiyel farkın noktalar arasındaki mesafeye oranı şeklinde ifade edilmektedir (Gürsul 2012). Antimikrobiyal etki elde etmek için kritik elektrik alan şiddetini aşmak gereklidir. Genelleme yapmak gerekirse şiddeti 4-8 kV/cm'in altında olan elektrik alanlar mikroorganizmalara etki etmemektedir. Genel olarak 12-45 kV/cm aralığındaki elektrik alanlar etkili sayılır (Kakı ve ark. 2014).

2.2.3.1.2. Darbe Şekli

Vurgu şekli genelde vurgu modülatörünün yapısına bağlıdır ve en çok logaritmik azalan, kare şeklinde olmakla birlikte titreşimli ve ani geri dönüşümlü dalga modelleri de kullanılmaktadır (Şekil 2.5) (Gürsul 2012). Darbenin şekli antimikrobiyal özelliğini doğrudan etkilemektedir (Kakı ve ark. 2014). Kare dalgalı darbelerin etkinliğinin çift üstel darbelere göre daha fazla olduğu bildirilmiştir. Ayrıca üstel darbelerin enerji verimliliği düşüktür. Bununla birlikte, iki kutuplu (bipolar) darbeler bir kutuplu darbelere göre daha iyi sonuç vermektedir. Bu sebeple endüstriyel uygulamalarda iki kutuplu kare dalga gerilim üreteçlerinin kullanılması fiyat dezavantajına ve tasarımlarının karmaşıklığına rağmen en iyi seçenek olarak görülmektedir (Kakı ve ark. 2014).

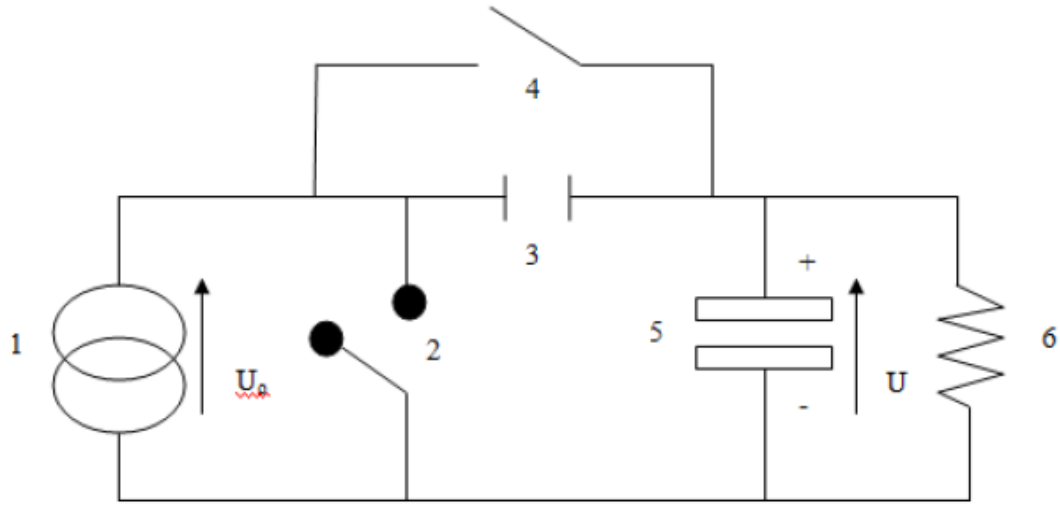


Şekil 2.5. PEF sisteminde uygulanan bazı vurgu modelleri (Gürsul 2012)

2.2.3.1.3. Darbe Sayısı ve Uygulama Süresi

Uygulanan darbe sayısının artması işlemin başarısını belli bir noktaya artırmaktadır. En büyük yıkıcı etki ilk 10-20 darbeye görülmektedir. Bu noktadan sonra uygulanan darbe sayısı arttıkça etkisi azalmaktadır. Bunun yanında yüksek frekansta uygulanan darbeler daha kısa işlem süresinde etkili sonuç vermektedir (Kaklı 2014).

2.2.3.2. Vurgulu Elektrik Alan Sistemi



Şekil 2.6. Vurgu oluşturan PEF sistemi 1- yüksek voltaj jeneratörü, 2- yüksek voltaj anahtarı, 3- kapasitör, 4- güvenlik anahtarı, 5- paralel plaka elektrotları ile işlem odacığı, 6- kapasitör şarj indüktansı (Barsotti ve ark. 1999; Gürsul 2012)

PEF sistemi temel olarak; vurgu oluşturan sistem, işlem odacıkları ve osiloskop kısımlarından oluşmaktadır. Şekil 2.6'daki 1 numara ile gösterilen yüksek voltaj DC jeneratörü, elektrik gücünü düşük voltajlı seviyeden yüksek yoğunluklu voltaja dönüştürmek için kullanılmaktadır. Bunun için 3 numara ile gösterilen kapasitörlerde depo edilen düşük seviyeli voltaj yüksek seviyeli voltaja çevrilip elektrik akımı üretilmektedir. Bu enerji, 2 numara ile gösterilen yüksek voltaj anahtarı kapatılır kapatılmaz anahtar üzerinden devreye ve işlem odacığına (5) geçmektedir (Barsotti ve ark. 1999; Gürsul 2012).

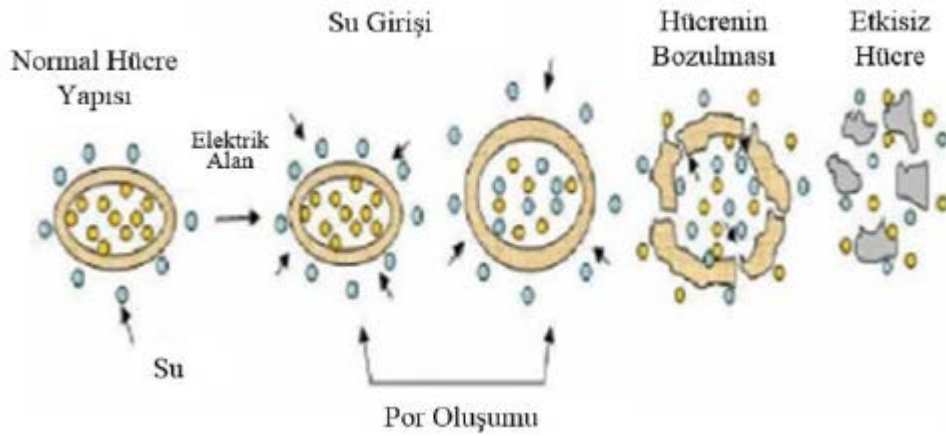
PEF sisteminin diğer bir kısmı olan işlem odacıkları, sürekli veya kesikli sistemlere göre dizayn edilebilir. Bu odacıklarda gıda materyali elektrik akımına maruz bırakılır. Odacıklara seri halde bağlı bulunan iki elektrottan biri yüksek voltaj üzerindeyken diğeri topraklama potansiyelindedir. Kesikli sistemler küçük miktarlarda materyale ihtiyaç duymakla birlikte laboratuvar ölçümleri için de uygundur. Ayrıca manuel ayarlanabilir olduğu için sıcaklık kontrolleri kolaylıkla yapılabilmektedir. Endüstriyel

üretimlerde ise yüksek kapasiteye sahip sürekli sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır (Gürsul 2012).

PEF sistemine sonradan dahil edilebilen kısım ise osiloskoptur. Osiloskop elektrotlardan geçen akımı ölçmek için kullanılır. Bu amaçla düşük değerlerde bir direnç uygulama odacığı ile birlikte serilere konulması gerekir (Gürsul 2012).

2.2.3.3. Vurgulu Elektrik Alanın Hücreye Etkisi

Canlı bir hücre vurgulu elektrik alana maruz bırakılırsa, elektrik alan darbeleriyle hücre zarının yağ ve protein yapısı zarar görerek parçalanır. Bu olaya “elektroporasyon” denir. Şekil 2.7’de görüldüğü gibi elektroporasyon sonrası hücrenin ozmotik dengesi bozulduğu için su ve küçük moleküllerin geçişi hızlanır. Suyun hücreye girmesiyle hücre şişer ve parçalanır (Bilek 2012; Kakı ve ark. 2014). Belli bir kritik seviyeye kadar PEF uygulanması sonucunda hücre zarında porların açılıp kapanması geri dönüşümlü elektroporasyon, kritik seviye üzerindeki uygulamalarda ise hücre zarının parçalanması geri dönüşümsüz elektroporasyon olarak adlandırılır (Zimmermann 1986; Baysa ve İçier 2012).



Şekil 2.7. Hücre zarının elektroporasyonu (Kakı ve ark. 2014)

2.2.3.4. Vurgulu Elektrik Alan İşleminin Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar

Vurgulu elektrik alan gıda sanayinde ön işlem olarak kullanılabilir. Bu konu ile ilgili pek çok araştırma yapılmış ve vurgulu elektrik alanın mikroorganizmaların inaktivasyonu, kütle taşınımının iyileştirilmesi, enzimlerin inaktivasyonu, ekstraksiyon, kurutma gibi alanlarda başarıyla kullanılabildiği bildirilmiştir (Bilek 2012).

Damar (2000), yüksek voltajlı vurgulu elektrik alan tekniğinin canlı hücre sayısının azaltılması üzerindeki etkisini incelediği çalışmada, 20 kV voltaj üretebilen ve 100 mikrosaniyelik artı ve eksi polariteli logaritmik azalan vurgular veren bir PEF uygulama sistemi kullanmıştır. Sistemin etkinlik çalışmaları için *Escherichia coli* 0157:H7 ve *Staphylococcus aureus*, G(+) ve G(-) modeller kullanılmıştır. Sonuçta *S. aureus* hücrelerinin *E. coli* 0157:H7 hücrelerine oranla daha dirençli olduğu saptanmıştır. Ayrıca mikroorganizmalara 20 kV/cm elektrik alan şiddetinde 60 vurguya kadar PEF uygulanmış ve her iki mikroorganizma canlı hücre sayısında 2 loga yakın değerde azalma elde edilmiştir.

Yapılan başka bir araştırmada greyfurt suyuna vurgulu elektrik alan işlemi ultrases ile kombine edilerek uygulanmıştır. Uygulamayla birlikte örnekte asitlik, pH, briks ve elektriksel iletkenlik bakımından önemli bir değişiklik gözlenmemiş, viskozite değerinde önemli bir düşüş belirlenmiştir (Aadil ve ark. 2015).

Sanchez-Vega ve ark. (2015), yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan işleminin, brokoli içeceğinde karotenoid, vitamin C, toplam fenolik, antioksidan kapasite üzerinde etkileri incelemiş ve sonuçları 90°C'de 60 saniye ısıtma işlemi uygulanmış brokoli örnekleriyle karşılaştırmıştır. Sonuçta, yüksek yoğunluklu vurgulu elektrik alan uygulamasının, ısıtma işlemi göre biyoaktif bileşenler üzerinde daha iyi sonuç verdiği ortaya konmuştur. Vurgulu elektrik alan işleminin brokoli içeceğinde antioksidan özelliklerin korunması açısından ısıtma işlemi iyi bir alternatif olabileceği vurgulanmıştır.

Diğer yandan, sıvı gıdaların pastörizasyonu amacıyla da vurgulu elektrik alan kullanılabilir. Bu amaçla ilk ticari tesis, 2005 yılında ABD’de kurulmuştur (Mohamed ve Eissa 2012; Kakı ve ark. 2014). Kakı ve ark. (2014) vurgulu elektrik alan uygulamasıyla sıvı gıdaların pastörizasyonu amacıyla yaptıkları bir çalışmada, *Escherichia coli* içeren, iletkenlikleri farklı üç elma suyu numunesine elektrik alan uygulamış; farklı darbe süreleri için işlemler tekrarlanmış ve elma suyundaki bakteri sayısındaki değişimler ölçülmüştür. Uygulanan darbeleri alandan sonra numunedeki bakteri sayısında azalma gözlemlendiği bildirilmiştir.

Enzimlerin, gıdalarda bozulma ve istenmeyen reaksiyonlara neden olması sebebiyle aktivitesinin azaltılması istenmektedir. Bazı araştırmacılar enzim inaktivasyonunun PEF ile mümkün olabileceğini bildirmektedir (Ağçam 2011; Bilek 2012). Pirinç tanelerinden elde edilen kepek oldukça besleyici niteliklerde olduğu için tüketiciler tarafından tercih edilmektedir. Ancak, içerdiği enzimlerin neden olduğu reaksiyonlardan dolayı uzun süre depolanamamaktadır. Qian ve ark. (2014) esmer renkli pirinç tanelerinde lipaz aktivitesi üzerine vurgulu elektrik alan uygulamasının etkisini araştırmıştır. PEF işlemiyle örneklerde lipaz enziminin önemli ölçüde inaktive edildiği ortaya konmuştur.

Vurgulu elektrik alan, ısı ve kütle transferinin artmasını sağlayarak kurutma etkinliğinin gelişimine neden olmaktadır (Knorr ve ark. 2001; Ağçam 2014). Hindistan cevizi üzerine yapılan bir çalışmada PEF uygulandıktan sonra kurutulan örneklerin kuruma hızında % 22’lik bir artış olduğu belirtilmiştir (Ade-Omowaye ve ark. 2001).

Hücre içi bileşenlerinin ekstraksiyonu PEF ile birlikte geliştirilebilmektedir. Elektrik alan uygulayarak hücre zarının yarı geçirgen yapısı bozulabilmektedir (Ağçam 2014). Eshtiaghi ve Knorr (2002) şeker pancarı ekstraksiyonunu PEF ile desteklemek amacıyla 1.2 ile 2.5 kV/cm elektrik alan uygulamış; elde edilen kuru madde konsantrasyonunun, geleneksel yöntemle yapılan ekstraksiyondan iki kat daha fazla olduğunu belirlemiştir. Ekstrakte edilen ürünün kurutma maliyetleri açısından da üstün olduğu bildirmiştir.

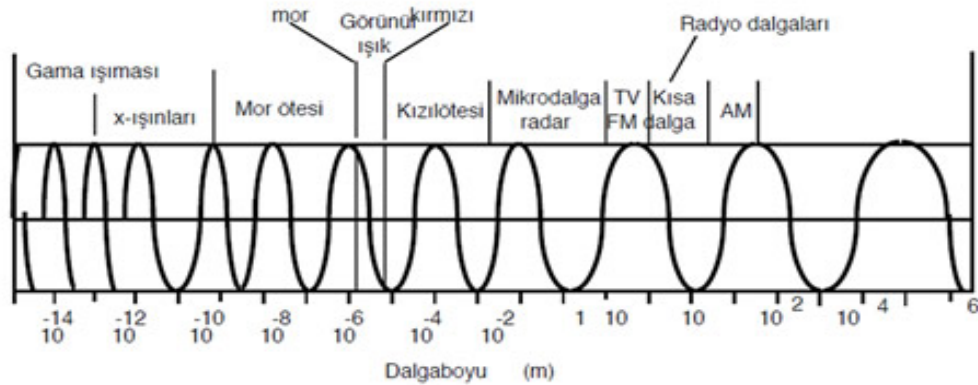
Elma püresine vurgulu elektrik alan uygulayan Barsotti ve ark. (1999), püreden elde edilen meyve suyu veriminin %67'den %73'e kadar yükseldiğini ve rengin daha iyi korunduğunu ortaya koymuştur.

2.2.4. Mikrodalga

Mikrodalga tekniği ve uygulamaları, II. Dünya Savaşı sırasında başlayıp geliştirilmiştir. İlk mikrodalgayı üreten elektrik tüpleri 1940 yılında İngiltere'de Sir John Randall ve Dr. H. A. Boot tarafından icat edilmiştir (Anonim 2005; Dadalı 2007).

Bundan 6 yıl sonra ise Percy Spencer adındaki bir mühendis, mikrodalga laboratuvarına giderken yanında götürdüğü çikolatayı laboratuvardaki bir cihazın yanına bırakmış ve kendiliğinden eridiğini gördüğünde mikrodalga teknolojisinin gıda sektöründe kullanılabileceğini tesadüf ile keşfetmiştir (Anonim 2005; Dadalı 2007).

Mikrodalgalar (microwave-MW), sürekli ya da kesikli dalga salınımları yapan, magnetron ve klistron olarak bilinen cihazlar kullanılarak üretilmektedir. Mikrodalgalar kızıl ötesi ile radyo frekansları arasındaki bölgede 1 mm'den 1 m dalga boyuna kadar ve 300 MHz-300 GHz frekans aralığında bulunmaktadır (Şekil 2.8). Genel olarak ev tipi MW fırınlarda 2.45 GHz frekans, endüstriyel proseslerde, laboratuvar ve araştırma projelerinde ise 2.45 GHz ya da 915 MHz frekansları kullanılmaktadır (Seyhun 2008; Gölcü ve Şen 2014).

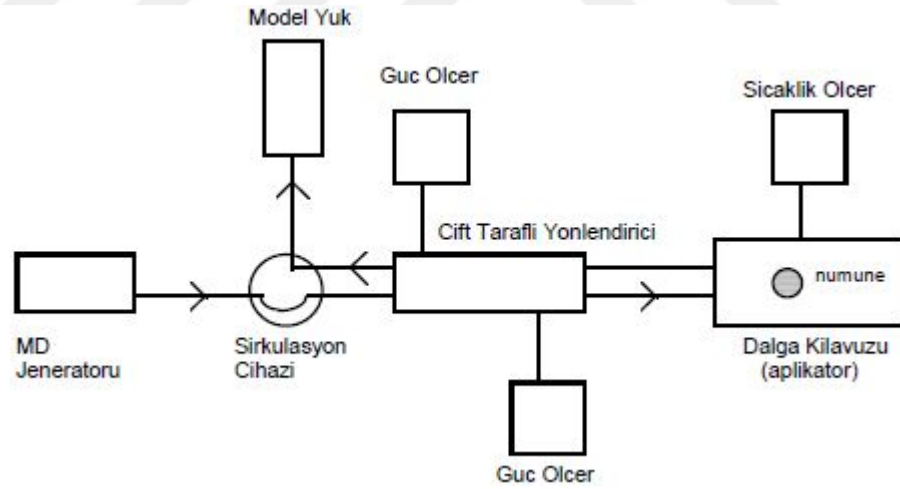


Şekil 2.8. Elektromanyetik dalga spektrumu (Palamutcu ve Dağ 2009)

2.2.4.1. Mikrodalga Sistemi

Bir mikrodalga ısıtma ünitesini oluşturan sistem parçaları; ısıtma ünitesi iç haznesi, kapak, mikrodalga jeneratörü (magnetron), dalga yönlendiricisi, mod karıştırıcı, dalga yayıcı ve güç kaynağıdır (Baysal ve ark. 2011).

Deneyisel çalışmalarda mikrodalga devreleri oluşturulmaktadır. Materyaller, devrede aplikatör olarak adlandırılan kısımda ışığa maruz bırakılır. Aplikatör, bir boşluklu dalga kılavuzu veya boşluk yankılatıcısı olabilir. Magnetron ise, içinde vakum olan izole bir bakır tüp içeren silindirik çiftli elektrottur (Baysal ve ark. 2011). Enerjinin tamamı materyal tarafından emildiğinde işlem tamamlanmış olur. Sürekli ya da kesikli dalgalar vasıtasıyla elektrik alan materyallere iletilir. Üretim esnasında tek bir değerle çalışılabilmesi, sistemin sürekli çalıştığını ifade etmektedir. Ancak, verilecek enerji değerleri değişiyorsa bu durum sistemin darbe halinde yani kesikli çalıştığını gösterir (Ulcay ve ark. 2002). Mikrodalga devresi, Şekil 2.9’ da şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Mikrodalga devrenin şematik gösterimi (Ulcay ve ark. 2002)

MW sisteminin verimliliği, elektromanyetik dalgaların etkisindeki bir malzemenin bazı fiziksel ve termal özelliklerinin yanı sıra, temel olarak malzemenin dielektrik özelliklerine, kullanılan magnetron gücüne ve frekansına, aplikatör boyutları ile ilgili büyüklüklere bağlı olarak değişmektedir (Gölcü ve Şen 2014).

Mikrodalga hacimsel ısıtma sağlayan dielektrik ısıtma tekniklerindendir. Dielektrik sabiti, maddenin elektrik enerjisini depolama kabiliyetini, dielektrik kayıp faktörü ise elektrik enerjisini kullanma kabiliyetini gösterir. Dielektrik kayıp faktörünün düşük olması, materyalin mikrodalgaya karşı daha çok geçirgen olduğunu gösterir. Penetrasyon kalınlığı ise, dielektrik sabiti ve dielektrik kayıp faktörüne bağlıdır. Mikrodalga gıdalardaki penetrasyon kabiliyeti sınırlıdır. Su içeriği yüksek gıdalarda penetrasyon derinliği 2450 MHz’de 1-2 cm’dir (Baysal ve ark. 2011).

Hacimsel ısıtma nedeni ile ısının materyalin içinde oluşturulması, mikrodalga ürün penetrasyonunun fazla olmasından ve su molekülleri tarafından absorbe edilmesi nedenlerinden dolayı, ürünler geleneksel yöntemden daha kısa sürede istenilen sıcaklık düzeylerine getirilebilmektedir (Ramesh ve ark. 2002). Bu nedenle mikrodalga tekniğinde, geleneksel yöntemlerden 3 kat daha hızlı ısınma sağlanabilmekte, enerji gereksinimi düşük; fakat enerji verimi yüksek olmaktadır. Ayrıca ekipmanlarının kolay temizlenebilmesi, az yer kaplaması, ambalajlı gıdalara da uygulanabilir olması ve besin öğelerini korumasından dolayı geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılmaktadır (Sezer ve Demirdöven 2015).

2.2.4.2. Mikrodalga Gıda Sanayinde Kullanım Alanları

Mikrodalga enerjisi ile gıda maddesinin ısıtılmasında, gıdanın nem içeriği, kütlesi, fiziksel geometrisi, ısı iletkenlik özellikleri, spesifik ısı, mikrodalga çalışma frekansı ve gücü, başlangıç sıcaklığı gibi birçok parametre etkili olmaktadır. Gıdaların mikrodalga ile ısıtılmasına frekans, mikrodalga gücü-ısıtma hızı, sıcaklık, gıdanın kütlesi, su içeriği, yoğunluk, fiziksel geometri, termal özellikler, elektriksel iletkenlik, dielektrik özellikler etki etmektedir (Demirkol 2007; Konak ve ark. 2009).

Mikrodalgalar gıda endüstrisinde değişik amaçlarla kullanılmaktadır ve gıda endüstrisi mikrodalga enerjisinin en çok kullanıldığı alandır. Bu enerji kurutma, yemek pişirme, pastörizasyon, sterilizasyon, buz çözme, temperleme ve ısıtma işlemlerinde kullanılmaktadır (Demirkol 2007; Konak ve ark. 2009).

2.2.4.2.1. Mikrodalga ile Gıdaların Kurutulması

Gıdaların kurutulması için gerekli ısı enerjisi ürüne konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon olmak üzere üç farklı şekilde aktarılabilmektedir. Bu üç iletim şeklinde kuruma süresi ısı kaynağının sıcaklığıyla ürün sıcaklığı arasındaki farkın büyüklüğünden ve ürünün dışından içeriye doğru gerçekleşen ısı iletim yeteneğinden etkilenir (Karaaslan 2008).

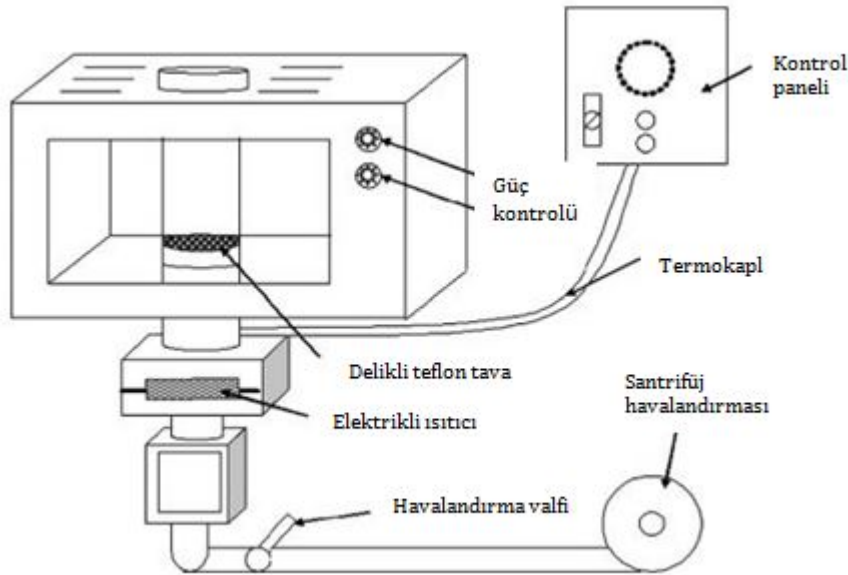
Endüstriyel bir proses olan kurutma işlemi gıda sanayinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Günümüzde kurutma ihtiyacı duyan birçok endüstri alanında halen yaygın olarak geleneksel (sıcak hava) kurutma tekniği kullanılmaktadır. Geleneksel sıcak hava ile kurutma tekniği üründe homojen olmayan bir kurutma meydana getirir. Bunun başlıca sebebi, konveksiyonla ürünün yüzeyine transfer edilen ısının, ürünün düşük termal iletkenliğinden dolayı iç kısımlara aynı verimlilikle iletilememesidir.

Bu problemlerin ortadan kaldırılması için, gıdaların kurutulmasında alternatif bir yöntem olarak mikrodalga ile kurutma uygulanmaktadır. Mikrodalga kullanılarak kurutma yöntemi pek çok avantajlara sahiptir (İzli ve Işık 2015). Bu işlemde yüksek frekanslı dalgalar kurutulan materyalin içinden hızla geçerken absorblanarak ısı enerjisine dönüşmekte ve materyal içindeki suyu buharlaştırmaktadır. Kurutma sırasında ürün içindeki su moleküllerinin titreterek sürtünme sonucu ısı oluşturmaları nedeniyle, tüm ürün ısıtılmaktadır (Karaaslan 2008). Mikrodalga kullanılarak kurutulan gıda maddesinin iç sıcaklığı yüzey sıcaklığından daha yüksek olup, konveksiyonel kurutmaya göre daha dinamik bir nem transferi gerçekleşmektedir (Yoğurtçu 2014). Mikrodalgalar meyveler, tahıl ürünleri ve başlangıç nemi yüksek olan birçok gıdanın başarılı bir şekilde kurutulduğu sistemlerdir (Erbay ve Küçüköner 2008).

Mikrodalga ile meyve ve sebzelerin kurutulmasına ilişkin pek çok çalışma mevcuttur. Özkan ve ark. (2007) %9.01 neme sahip ıspanak yapraklarını (50 g) mikrodalga fırında %0.1 neme kadar kurutmuştur. Kurutmada kullanılan mikrodalga fırında; 90 W ile 1000 W arasında değişen 8 farklı güç seviyesi ve mikrodalga güç seviyesine bağlı olarak 290-4005 saniye arasında değişen kurutma süreleri uygulanmıştır. Renk ve askorbik asit

içeriği açısından en iyi sonuçlar 750 W mikrodalga gücündeki kurutma sürecinde elde edilmiştir. En düşük enerji tüketimi 350. saniyede 750 W mikrodalga gücünde gerçekleşmiştir.

Geleneksel kurutma sistemlerinde karşılaşılan sorunları çözmek için diğer tekniklerle birlikte mikrodalga destekli kurutma işlemleri uygulanmaktadır. Mikrodalga, birçok kurutma sistemi ile birlikte kullanılmasına rağmen, kurutucunun tipi ve kurutma sıcaklıkları, kuruma hızı ve ürün kalitesi ile bağlantılıdır (Reyes ve ark. 2007). Kurutma için ayarlanmış mikrodalga ısıtma ünitesi Şekil 2.10’ da şematik olarak gösterilmiştir. Geleneksel kurutma tekniklerinin aksine, mikrodalga ısıtmada enerji, elektromanyetik alan ile moleküller arası etkileşim yoluyla doğrudan iletilir (Moses ve ark. 2014).



Şekil 2.10. Mikrodalga destekli hava kurutma sistemleri (Reyes ve ark. 2007)

Maskan (2001), sıcak hava, mikrodalga ve mikrodalga destekli sıcak havada kurutma işlemlerinin kivi meyvesinin (5.03 ± 0.236 mm kalınlıkta) özelliklerine etkisini araştırmıştır. Kurutma sisteminin, kuruma hızına, fireye ve kurutma kapasitesine etkisi karşılaştırılmıştır. Mikrodalga ve mikrodalga destekli kurutma işlemlerinde kurutma süresinde %40-89 oranlarında azalma meydana gelmiştir. Mikrodalga enerjisi ile kuruma hızında artış sağlamıştır. Mikrodalga kurutma sırasında kivi meyvesinde

görülen fire oranı, sıcak hava ile kurutmadakinden daha fazla bulunmuştur. Mikrodalgada kurutulmuş kivi dilimlerinin, diğer kurutma yöntemlerine göre daha düşük kurutma kapasitesine ve daha hızlı su absorblama özelliğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Mikrodalga kurutucuların vakum kurutucularla kombine edilerek kullanılmaları ürün kalitesi ile enerji verimliliğini arttırmaktadır (Erbay ve Küçüköner 2008). Yapılan bir çalışmada, farklı yöntemlerle kurutulmuş *Arania melanocarpa* meyvelerinin Page modeli ile kuruma kinetikleri, mikro yapısı ve duyusal özellikleri incelenmiştir. En kısa kurutma süresi (54 dak.) mikrodalga destekli vakum kurutmada bulunmuştur. En yüksek derecede gözenekliliğe neden olan uygulamalar; dondurarak kurutma (%76) ve mikrodalga destekli vakum kurutma (%39) olarak belirlenmiştir. Ayrıca 360 W'ta mikrodalga destekli vakum kurutma en iyi duyusal sonuçları vermiştir (Calin-Sanchez ve ark. 2015).

2.2.4.2.2. Mikrodalga İle Gıdaların Haşlanması

Enzimatik reaksiyonlar meyve ve sebzelerde taşıma, depolama ve işleme aşamalarında kayıplara neden olmaktadır. Haşlama esas olarak, enzimleri inaktive etmek amacıyla uygulanan bir ön işlemdir ve enzimatik esmerleşme ile birlikte tekstürdeki değişimleri önlemek amacıyla uygulanmaktadır (Dorantes-Alvarez ve ark. 2011). Diğer amaçlar, muhafaza süresini artırmak için ürünün mikrobiyal yükünü azaltmak, pişirme süresini kısaltmak, oksidasyonu önlemek için hücre içindeki havayı uzaklaştırmaktır (Ruiz-Ojeda ve Penas 2013).

Buhar uygulaması veya kaynayan suya daldırma gibi geleneksel yöntemlerin haşlama işleminde hala yaygın bir şekilde kullanılıyor olmasına rağmen, son yıllarda yeni bir yöntem olarak daha az işlem görmüş ve yüksek kaliteli ürün isteğini karşılamak amacıyla mikrodalga ile haşlama işlemi de uygulanmaktadır. Bu işlem ile çok az su kullanılarak veya hiç suya gerek duymadan etkili bir şekilde ısı transferi gerçekleştirilmektedir (Konak ve ark. 2009).

Mikrodalga ile haşlama uygulanmış kuşkonmazda yapının iyi korunduğu, daha sonra dondurma uygulanması halinde de hücrelerde parçalanmanın fazla olmadığı bildirilmektedir. Yeşil fasülye, bezelye gibi sebzelerde ise mikrodalga ile haşlamanın organoleptik değerlerin düşmesine neden olduğu, daha sonra uygulanan dondurma yönteminin de kaliteyi etkilediği saptanmıştır (Drake ve ark. 1981). Mikrodalga ile haşlamanın, meyve ve sebzelerde renk bozulması, dokunun yumuşaması, besin maddesi kayıpları gibi olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Ayrıca mikrodalga ile haşlanan sebzelerde renk ve askorbik asit miktarındaki kayıpların geleneksel yöntemlere göre daha fazla olduğu bildirilmektedir (Ercan ve ark. 1989).

Yapılan bir çalışmada, havuç dilimlerinin haşlanmasında kullanılan geleneksel ve mikrodalga teknolojisinin örneklerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri karşılaştırılmıştır. MW teknolojisinin, pektin metil esteraz ve peroksidaz inaktivasyonunu sağlamak, fiziksel ve kimyasal açıdan daha kaliteli ürün elde etmek için, havuç dilimlerinin haşlanmasında geleneksel yöntem alternatif olarak kullanılabileceği belirlenmiştir (Sezer 2014).

2.2.4.2.3. Gıdaların Mikrodalga ile Çözdürülmesi

Dondurulmuş gıdaların geleneksel yöntemlerle çözdürülmesi esnasında, ısı iletkenliği buza göre daha düşük olan su, ısı transferinin hızını azaltmaktadır. Buz formuna geçen suyun dielektrik sabiti düşmekte ve buzun sıcaklığı azaldıkça dielektrik sabiti de azalmaya devam etmektedir. Bu nedenle, buzun suya göre daha fazla mikrodalga geçirgen olduğu düşünülmektedir. Dondurulmuş gıdalar çözdürüldükçe mikrodalga enerjisi daha kuvvetli absorbe etmektedir (Buffer 1992; Tuta 2009).

Mikrodalga çözdürme işleminde gıdanın köşe ve kenar noktaları daha yoğun mikrodalga enerjisine maruz kalmakta ve ilk olarak çözünmektedir. Bu nedenle gıdanın köşeleri, yan kısımlarına göre oldukça sıcaktır ve gıdanın merkezi bu bölgelere göre daha soğuktur. Gıdanın yüzeyindeki buz su formuna geçtikçe dielektrik özellikleri artar. Gıdanın iç kısmı hala buz formundayken mikrodalga enerjisi uygulanmaya devam

ederse, çözünen kısımlardaki su aşırı ısınır. Bu durum ısıl kaçak (thermal runaway) olarak adlandırılmaktadır (Buffer 1992; Tuta 2009).

Seyhun (2008) dondurulmuş patates püresine mikrodalga ile çözündürme işlemi uygulamış ve bunun çözülme süresine olan etkisini araştırmıştır. Mikrodalga ile çözündürme çalışmaları için %30, %40 ve %50 olmak üzere 3 farklı güç seviyesi kullanılmıştır. Mikrodalga güç seviyesindeki artışın, çözülme süresini kontrol örneğine göre %90 oranında kısalttığı sonucuna varılmıştır.

Holzwarth ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, çilekleri konvansiyonel (4°C) yöntemle çözdürmenin 24 saate yakın sürdüğü, buna karşın 700 W mikrodalga gücü kullanıldığında, mikrodalga çözündürme süresinin 10 dakika olduğunu saptamıştır. Örneklerin antosiyanin ve askorbik asit içeriğinin mikrodalga çözündürme ile daha iyi korunduğu ortaya konmuştur.

Baygar ve ark. (2004) tarafından yapılan bir çalışmada donmuş hamsi ve çinekop balıklarına mikrodalga çözündürme uygulanmıştır. Mikrodalga çözündürme (180 W) işlemi için gerekli çözünme süresi 15 dakika, konvansiyonel çözündürme ise akan musluk altında ($21\pm1^{\circ}\text{C}$) 120 dakika olarak bulunmuştur.

Tuta (2009) dondurulmuş patates dilimlerine mikrodalga ile ön-çözündürme işlemi uygulamış ve kızartma sırasında oluşan akrilamid miktarının bu sayede azaldığını saptamıştır. Mikrodalga ile ön-çözündürme uygulanmış patates dilimlerinde kızartma sırasında yüzey sıcaklığının azaldığı ve patates diliminin kütle transferine direncinin azaldığı bildirilmiştir. Bu nedenle yağdan patates dilimine aktarılan enerji daha fazla olmuş ve iç kısımdan daha fazla su buharlaştığı için dilimin yüzey sıcaklığında artış görülmüştür.

2.2.5. Ohmik Isıtma

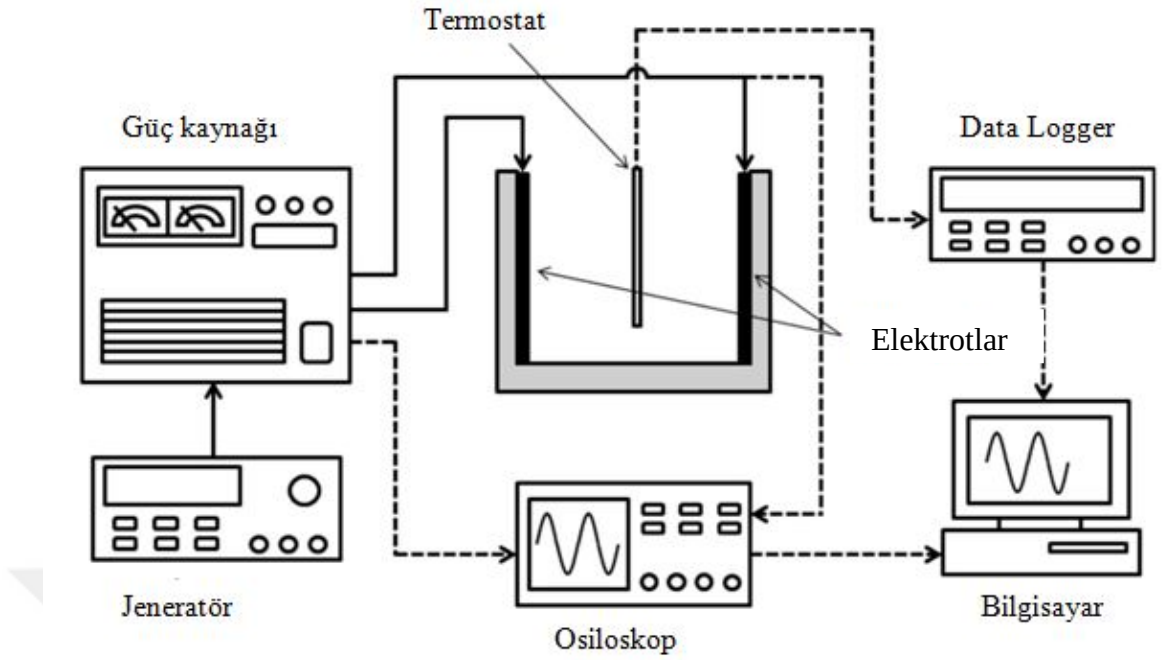
Ohmik ısıtma, 1987 yılında UK Elektrik Araştırma ve Geliştirme Merkezi'nde geliştirilmiş ve APV Baker tarafından ticari lisansı alınmıştır. Daha öncesinde de ohmik ısıtma prensibine benzer çalışmalar yapılmış olmasına rağmen, bu çalışmaların çoğunda sistemin endüstriyel boyutta kullanılmasından kaynaklanan birçok problemden bahsedilmiştir. Daha sonraki yıllarda ise sistem gıda sanayinde kullanılmaya başlamıştır (İçier 2003; İçier 2005).

Ohmik ısıtma literatürde, elektriksel direnç ısıtma, joule ısıtma, elektro-iletim ısıtma, elektro ısıtma, gibi adlarla da anılmaktadır. Akım, direnç ve voltaj arasındaki ilişki Ohm Kanunu olarak bilinmektedir (Denklem 2.1). Belli bir dirence (R) sahip gıda maddesinden bir elektrik akımı (I) geçirildiğinde enerji dönüşümü ile sıcaklık artışı olmakta yani ohmik ısıtma (I^2R) meydana gelmektedir (Tosun ve Artık 1998).

$$I = \frac{V}{R} \quad (2.1)$$

2.2.5.1. Ohmik Isıtma Sistemi

Ohmik ısıtma işlemi, gıda maddesinin ısıtılması veya mikroorganizmaların öldürülmesi amacıyla iki elektrot arasına yerleştirilen gıda maddesi içerisinden kesikli veya sürekli sistemle doğru ya da alternatif akım geçirilmesi tekniğidir (Şekil 2.11). Ohmik ısıtmada; gıda maddesi direnç vazifesi görür. Elektrik enerjisi ısıya dönüşerek hızlı ve homojen bir ısıtma meydana gelir. Ohmik ısıtma hacimsel bir ısıtma yöntemi olduğu için bütün gıda maddesi eşit bir şekilde ısıtılabilir ve dolayısıyla elde edilen ürün kalitesi daha yüksektir (İçier 2003; Wesierska 2007; Sastry 2008; Eroğlu ve Yıldız 2011).



Şekil 2.11. Ohmik ısıtma sisteminin şematik gösterimi (Park ve Kang 2013)

Ohmik ısıtmada gıdalar içindeki elektrokimyasal reaksiyonların en az gerçekleştiği bölge olan, düşük frekanstaki alternatif akım aralığında (50 veya 60 Hz) ve genellikle 20-80 V/cm voltaj gradyanında çalışılmaktadır (Vorobiev ve Lebovka 2010; Eroğlu ve Yıldız 2011). Sistem iyi tasarlandığında ve izolasyon yapıldığında verilen elektrik enerjisinin %90-100 oranındaki kısmı gıda maddesinde ısı oluşması için kullanılmaktadır (İçier ve Bozkurt 2010).

2.2.5.2. Ohmik Isıtmanın Özellikleri

Oldukça yüksek sıcaklıklara daha kısa sürede çıkılabilmesi, ohmik ısıtmanın farklı alanlarda kullanılabilmesini sağlamaktadır. Geleneksel ısıtma yöntemlerinden farklı olarak, ohmik ısıtma ile elektriksel iletkenlik değerine bağlı olarak katıların sıvılara göre daha çabuk ısınması mümkün olabilmektedir (Skudder 1989; İçier 2005; Baysal ve ark. 2011).

Ohmik ısıtmanın etkisi, gıdaya uygulanan elektrik enerjisinin, gıdanın yapısında termal enerjiye dönüştürüldüğü bir uygulama olarak bilinen mikrodalga teknolojisine

benzemektedir. Ancak, ohmik ısıtma mikrodalga ile kıyaslandığında, penetrasyon derinliğinin sınırlı olmaması ve ısıtmanın ürünün elektriksel iletkenliği ve elektrik alanında kalış süresiyle belirlenebilmesi bakımından avantajlıdır (Çopur ve Tamer 1998).

Ohmik ısıtma, karıştırma işlemine gerek duyulmadan gerçekleştirilmektedir. Sistemde hareketli parçalar bulunmadığı için mekanik etkilere hassas olan gıda karışımları için uygundur. Ayrıca sistemin yatırım ve işletme maliyeti, diğer ısı transfer ekipmanlarına oranla daha düşüktür (İcier 2005; Baysal ve ark. 2011).

Ohmik ısıtma sistemi, diğer ısıtma ekipmanlarına göre çok daha az yer kaplar, sessizdir ve kullanımı pratiktir (Skudder 1989; Baysal ve ark. 2011).

Ohmik ısıtma sisteminin tasarımında; elektriksel direnç, voltaj, akım yoğunluğu, uygulanacak güç, elektroliz, gıda maddesinin özellikleri, ısıtma hızı, sıcaklık kontrolü, elektriksel özellikler, mekaniksel özellikler ve bekletme süresi gibi faktörlere dikkat edilmesi gerekmektedir (İcier 2003; İcier 2005).

2.2.5.3. Ohmik Isıtmanın Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar

Gıda sanayinde ohmik ısıtma yöntemi; haşlama, pişirme, pastörizasyon, enzimlerin inaktive edilmesi, donmuş ürünlerin çözündürülmesi, sterilizasyon, ön ısıtma, kurutma, ekstraksiyon işlemlerinde kullanılmaktadır (Bozkır ve ark. 2014).

Demirdöven ve Baysal (2012b) ısıl işlem olarak uygulanan ohmik ısıtma ve verim artışı sağlamak amacıyla ön işlem olarak uygulanan elektroliz tekniklerinin portakal suyu kalitesine (viskozite, berraklaşma değeri, esmerleşme düzeyi ve renk değerlerindeki değişim) etkisini incelemiştir. Sonuçta, portakal suyu üretiminde elektroliz uygulamasıyla %8'in üzerinde verim artışı sağlanmıştır. Elektroliz ve ohmik ısıtma uygulamalarının kombinasyonları ile pastörizasyona kıyasla kalite özelliklerinin daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Yapılan bir başka araştırmada, domateste kabuk soyma işlemi sırasında karşılaşılan olumsuzlukları gidermek için, domatesler NaCl özeltisi ile birlikte ohmik ısıtılma işlemine tabi tutulmuştur. En iyi sonuçlar; 0.01 g/100 ml NaCl çözeltisinde 8060 ve 9680 V/m voltaj gradyanında elde edilmiştir. Ohmik ısıtmanın domateste kabuk soyma işleminin süresini kısalttığı saptanmıştır (Wongsa-NGasri ve Sastry 2015).

Loypimai ve ark. (2015) önemli düzeyde antosiyanin içeriğine sahip pirinç kepeğine ohmik ekstraksiyon işlemi uygulayarak pirinç kepeğinden renklendirici elde etmiş ve kalite özelliklerini değerlendirmiştir. Sonuçta, ohmik ekstraksiyon yöntemiyle hazırlanmış renklendiricide renk değerlerinin, antioksidan içeriklerinin ve biyoaktif bileşenlerin konsantrasyonunun daha iyi korunduğu belirlenmiştir.

Seyhun (2008) dondurulmuş patates püresinin ohmik ısıtma yöntemi ile özdürölme sürelerini incelemiştir. Ohmik özdürme yönteminde üç farklı frekans (10 kHz, 20 kHz ve 30 kHz) ve üç farklı tuz konsantrasyonu (%0.50, %0.75 ve %1.00) kullanılmıştır. Frekans ve tuz konsantrasyonlarındaki artışın özdürme süresini kontrole göre %75 oranında kısalttığı belirlenmiştir.

İçier ve Bozkurt (2010) yaptıkları çalışmada, yağ ve kuru madde içeriğine sahip tam yağlı süt ve rekonstitüe süt örneklerinin ohmik ısıtma (30 V/cm voltaj seviyesinde 20°C'den 80°C'e kadar) sonrasında reolojik özelliklerini incelemiştir. Ohmik ısıtmanın ve örnek çeşidinin; viskozite değerlerindeki değişim üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Sarkis ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada; ohmik ısıtma ve geleneksel ısıtma uyguladıkları yaban mersini pulpundaki antosiyanin değerlerinin değişimini incelemiştir. Voltaj seviyesinin ve kurumadde içeriğinin artmasıyla birlikte örneklerin antosiyanin değerlerinde azalma gözlenmiştir. Daha düşük voltaj seviyeleri kullanıldığında ise, ohmik ısıtma sonucu görölen antosiyanin azalışı geleneksel ısıtmaya yakın bulunmuştur.

Ito ve ark. (2014) tavuk göğsüs etine ısıtma işlemi olarak 10-100 V aralığındaki voltaj değerlerinde çalışabilen 20 kHz frekansta ohmik ısıtma uygulamış ve sonuçta kontrol örneğine göre daha hızlı ısıtma etkinliği sağlanmıştır. Araştırmacılar ohmik ısıtma ile ısıtma süresinin kısaltılabileceğini ispatlamıştır. Duyusal açıdan değerlendirildiğinde ohmik ısıtılmış ürünler kontrol örneklerine benzer sonuçlar vermiştir. Ancak, ohmik ısıtmanın raf ömrünü uzatmadığı, sonuçların geleneksel ısıtmaya yakın bulunduğu belirtilmiştir.

2.2.6. Işınlama

Işınlamanın tarihi 1895 yılında Alman fizikçi W. Konrad Röntgen'in X ışınlarını ve 1896'da Fransız fizikçi Antoine Henry Becquerel'in de radyoaktiviteyi keşfetmesine dayanmaktadır. Daha sonraki yıllarda gıdaların patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalardan ısınlama ile arındırılabilceği düşünülerek iyonize edici radyasyonun mikroorganizmalar üzerine etkisi ile ilgili ilk araştırma 1898 yılında yayınlanmıştır (Topuz 2002; Demirdöven ve Baysal 2012c).

Gıda ısınlamada kullanılan ışınlar; gamma ışınları, x-ışını ve elektron demetleridir. Ultraviyole, mikrodalga ve kızılötesi gibi diğer elektromanyetik ışınlar da gıda endüstrisinde kullanılabilmektedir. Ancak, bu ışınların enerjileri ve gıdaya nüfuz etme güçleri daha zayıf olduğu için gıda ısınlama denilince genellikle gamma ışını, x-ışını ve elektron demetleri ile uygulanan ısınlama anlaşılmaktadır (Topuz 2002).

Gıda ısınlama teknolojisi, gıdaların muhafaza sürelerinin korunması, kaliteli ve hijyenik gıda üretilmesi için geliştirilen bir teknolojidir. Diğer muhafaza yöntemlerinden farkı, ısınlamada kullanılan enerjinin ısı enerjisi değil iyonlaştırıcı enerji olmasıdır (Hacıoğlu 2010).

Işınlama işleminde gıdanın aldığı enerji, absorblanmış ısınlama dozu olarak adlandırılır ve birim olarak Gray (Gy) veya rad kullanılır. 1 Gy 100 rad ve 1 rad 100 erg/g'dır. Gray, iyonize ısınlamanın etkisinde kalan homojen bir maddenin 1 kg'ına verilen 1

joule' lük enerji miktarıdır (Topal 1988; Manuel ve Lagunas, 1995; Durmaz ve Sancak 2014).

Işınlama, gıdaların muhafaza edilmesi amacıyla uygulanan alternatif bir yöntem olmasına rağmen, tüketicilerin çoğu bu yöntemi güvenilir bulmamaktadır. Ancak, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı (IAEA) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) toksikolojik, mikrobiyolojik açıdan ve beslenme yönünden gıdalara 10 kGy'e kadar uygulanan dozların güvenilir olduğunu bildirmiştir (Lara ve ark. 2002; Topuz 2002; Aylangan 2010; Başbayraktar 2012).

Bu endişeleri yönetmek ve tüketicileri bilinçlendirmek amacıyla Ortak Uzmanlar Komitesinin kararıyla 1980 yılında ışınlanmış gıdaların etiketlerinde “radura” olarak bilinen sembolün kullanılması yasal bir zorunluluk haline gelmiş ve ilk kez Hollanda'da kullanılmıştır. Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve İlaç Dairesi (USFDA) ışınlanmış gıdaların ambalajlarında radura sembolünün yanında “ışınlanmıştır” veya “ışınlama işlemi yapılmıştır” ibarelerinin kullanılması gerektiğini bildirmiştir (Abbas 2003; Atasever ve Atasever 2007; Oğuzhan 2013b). Işınlanmış gıdayı ifade eden radura sembolü Şekil 2.12'de gösterilmektedir.



Şekil 2.12. Gıdanın ışınlanmış olduğunu gösteren radura sembolü (Topuz 2002)

2.2.6.1. Işınlamada Kullanılan Radyasyon Kaynakları

İyonlaştırıcı radyasyon, bir atomdan bir veya daha fazla elektron uzaklaştırılması sonucunda oluşmakta ve gamma ışınları, x-ışınları ve elektron demeti olmak üzere üç ayrı teknik ile üretilmektedir (Yücel 2010; Demirdöven ve Baysal 2012c). Radyoaktif maddelerin çevreye yaydıkları alfa, beta, gamma ve x ışınları çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonların oluşmasına neden oldukları için bu ışınlara iyonize edici ışınlar adı verilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş 2003; Çolak 2006). Gıda ışınlamada kullanılan radyasyon kaynaklarının penetrasyon etkinlikleri Çizelge 2.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.2. Gıda ışınlamada kullanılan radyasyon kaynaklarının penetrasyon etkinlikleri (Aymerich ve ark. 2008; Yücel 2010).

	Gamma ışınları	X-ışınları	Elektron demeti
Güç kaynağı (kW)	~ 50	25	35
Kaynak enerjisi (MeV)	1.33	5	5-10
İşlem hızı (ton/saat)^a	12	10	5-10
Penetrasyon derinliği (cm)	80-100	80-100	8-10
Doz dağılım oranı	~ 1.7	~ 1.5	Orta
Doz hızı (kGy/saat)	Düşük	Yüksek	Yüksek

^a 4kGy doz hızına ulaşılması için işlem hızı

2.2.6.1.1. Gamma Işınları

Gıdaların muhafazasında en yaygın kullanılan iyonize ışın gamma ışınlarıdır (Ünlütürk ve Turantaş 2003; Çolak 2006). Gıda ışınlama işleminde gamma ışın kaynağı olarak en çok 5.26 yıl yarılanma ömrüne sahip olan Kobalt-60 (⁶⁰Co) çekirdeği kullanılmaktadır. Bunun yanında 30.19 yıl yarılanma ömrüne sahip Sezyum-137 (¹³⁷Cs) radyoizotopu da diğer bir gamma ışın kaynağıdır (Yücel 2010; Demirdöven ve Baysal 2012c).

Birim zamanda absorbe edilen enerjiye doz hızı denmektedir. Gamma ışınları, elektron demetlerine göre daha düşük doz hızına sahiptir. Bu nedenle gamma ışınlamada ürünün istenilen dozu absorbe edebilmesi için daha uzun süre ışınlanması gerekmektedir (Öztürk 2008).

2.2.6.1.2. X-Işınları

X-ışınları, gamma ışınlarından farklı olarak cihazlar tarafından üretilmektedir. Gamma ışınları ise radyoaktif izotopların doğal olarak parçalanmasıyla oluşmaktadır. X-ışınları, yüksek enerjili elektronların metal bir nesneye çarpmasıyla üretilir. X ışını üreten kaynaklar, 5 MeV (milyon elektron volt) ve daha düşük enerjide çalışan, doz hızları yüksek ve ışınlama süresi kısa sistemlerdir. Ayrıca radyoaktif madde kullanımı olmamakla birlikte ürünler tek tek bağımsız olarak ışınlatabilmektedir (Yücel 2010; Demirdöven ve Baysal 2012c). X-ışınlarının maddeye penetrasyonu ve hızı yüksek olduğu için ışınlama süresi kısadır (Açu ve ark. 2014).

2.2.6.1.3. Elektron Demetleri

Bu elektronların penetrasyonu düşük olmasına rağmen, enerjisi yüksektir. Üretildikleri cihazın istenildiği zaman çalıştırılıp durdurulabilmesi önemli bir avantajdır (Tosun 2002; Demirdöven ve Baysal 2012c). Bu ışınlar, genellikle yüzey sterilizasyonunda ve düşük doz gerektiren ürün gruplarında tercih edilmektedir (Tosun 2002). Elektron demetlerinin penetrasyon aralığı enerji seviyesine bağlıdır. Ayrıca gamma ışınlarına göre penetrasyon derinliği daha düşüktür (Öztürk 2008).

2.2.6.1.4. Ultraviyole (UV) Işınları

Ultraviyole (UV) veya mor ötesi ışınlar, görünen ışın ile X-ışınları arasındaki bölgede kalan ve dalga boyları 10 ile 400 nm arasında değişen elektromanyetik ışınlardır. UV ışınlarının temel kaynağı güneştir. Ancak, endüstriyel boyutta yapay olarak da oluşturulmaları mümkündür. UV kaynağı olarak kullanılabilen çok sayıda lamba vardır. Bu amaçla en çok ark lambaları kullanılmaktadır (Ünlütürk 2012).

Mor ötesi UV (Far-UV) radyasyonu 200-300 nm

Yakın UV (Near-UV) radyasyonu 300-380 nm

Görülebilir ışık (Visible light) 380-750 nm dalga boyuna karşılık gelir (Temur 2012).

UV, penetrasyon gücünün zayıf olması nedeniyle genel olarak yüzey sterilizasyonunda kullanılmaktadır. Özellikle mikrobiyolojik çalışmaların yapılacağı ortam ya da laboratuvarların yüzeylerinin sterilizasyonunda uygulandığı gibi, gıda sanayinde en çok içme sularını sterilize etmek için kullanılmaktadır (Kılıç 1994).

UV ışınlamada kullanılan sistemler, çevre dostu, enerji gereksinimi ve işlem maliyeti düşük, zararlı kimyasallara ihtiyaç duymayan sistemlerdir (Green ve ark. 1995; Tchobanoglous ve ark. 1996). Ancak, UV ışınların gıdalardaki besin değerleri üzerinde olumsuz etkileri, renk, tekstür ve istenmeyen lezzet oluşumu gibi olumsuz özellikleri de bulunmaktadır (Ünlütürk 2012).

2.2.6.2. Işınlamanın Etki Mekanizması

Işınlama, gıdaların kontrollü iyonlaştırıcı radyasyon enerjisine maruz bırakıldığı bir uygulamadır. Radyasyon dozu Gray (Gy, 1 Gy=100 rad) olarak ifade edilmektedir. Uygulanacak işlem yöntemine göre değişmekle birlikte gıdalar, genelde 50 Gy ile 10 kGy doz aralığında ışınlanmaktadır (Shea 2000; Yücel 2010).

Yüksek dozda radyasyon uygulaması, gıdalarda protein, yağ, karbonhidrat gibi bileşenlerine etki ederek yapılarını bozmaktadır. Fazla dozay aynı zamanda ambalaj materyalinin özelliklerini de değiştirmektedir. Bu seviyedeki dozlar gıdalarda pastörizasyon ve sterilizasyon için gerekli olan dozların üzerindedir (Kılıç 1994).

Işınlamanın etkisi doğrudan ve dolaylı etki olmak üzere iki mekanizma ile açıklanmaktadır. Doğrudan etkide, yüksek enerjili ışınlar moleküllerin yapısındaki kimyasal bağların kırılmasına yol açarak moleküllerin parçalanmasına neden olur. Dolaylı etkide ise, yüksek enerjili ışınların etkisi ile açığa çıkan reaktif bileşikler gıdada değişik bileşenlerle reaksiyona girmektedir (Gezgin ve Güneş 2003; Öztürk 2008).

Gıda ışınlama uygulamaları esas olarak üç grup altında toplanmaktadır.

2.2.6.2.1. Radurizasyon

1 kGy'den daha düşük dozlarda uygulanan, ürünün olgunlaşmasının geciktirilmesi, böceklerin öldürülmesi ve diğer yüksek yapılı organizmaların öldürülmesi veya zayıflatılması amacına yönelik olan ışınlama radurizasyon olarak ifade edilmektedir (Shea 2000; Yücel 2010). Radurizasyon ile taze ve kurutulmuş meyve ve sebzeler, kıyma, derisi yüzülmüş tavuk karkasları ve gıda katkıları gibi ürünlerin raf ömürleri önemli miktarlarda arttırılabilmektedir (Vural ve Aksu 2003). Taze et, meyve ve sebzeler için 0.75-2.5 kGy ışınlama dozları kullanılmaktadır (Vural 2003).

2.2.6.2.2. Radisidasyon

1-10 kGy arasındaki dozlarda uygulanan ve gıdaların pastörizasyonu amacıyla kullanılan orta doz ışınlama radisidasyon olarak adlandırılmaktadır (Shea 2000; Yücel 2010). Bu uygulamada vejetatif bakterilerin (virüsler hariç) ve parazitlerin sayısını azaltarak hijyenik açıdan kaliteyi sağlamak amaçlanmaktadır. Radisidasyonda genellikle 2.5-10.0 kGy ışınlama dozu kullanılmaktadır (Vural 2003).

2.2.6.2.3. Radapertizasyon

10 kGy'den daha yüksek dozlarda uygulanan yüksek doz ışınlama olarak bilinen radaperdizasyon uygulamasında ise, gıdaların sterilizasyonu amaçlanmaktadır (Shea 2000; Yücel 2010). Gıdadaki tüm mikroorganizmaları yok etmek amacıyla 25.0-45.0 kGy arasında ışınlama dozuna ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, uygulanan yüksek doz üründe renk ve koku gibi duyuşal özelliklerde istenmeyen değişikliklere neden olabileceği için; yüksek doz ışınlama yerine ışınlamanın ısıtma, soğutma ve dondurma gibi yöntemlerle kombine edilerek uygulanması tavsiye edilmektedir (Vural 2003).

Gıdalarda izin verilen ışınlama dozları Çizelge 2.3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2.3. Gıdalarda izin verilen ışınlama doz miktarları (Demirdöven ve Baysal 2012c)

Kullanım amacı	Doz (kGy)	Ürün
Düşük doz ≤ 1		
Filizlenmenin engellenmesi	0.05-0.15	Patates, soğan, sarımsak, zencefil vb.
Böcek ve parazit dezenfeksiyonu	0.15-0.50	Tahıllar, baklagiller, taze ve kurutulmuş meyveler, kurutulmuş balık ve et
Fizyolojik işlemlerin geciktirilmesi (olgunlaşma gibi)	0.50-1.0	Taze meyve ve sebzeler
Orta doz ≤ 10		
Raf ömrünü uzatma	1.0-3.0	Taze balık, çilek vb.
Patojen mikroorganizma inaktivasyonu ve bozulmanın önlenmesi	1.0-7.0	Taze ve dondurulmuş deniz ürünleri, çiğ ya da dondurulmuş et ve tavuk eti vb.
Gıdanın teknolojik özelliklerinin geliştirilmesi	2.0-7.0	Üzüm (ekstraksiyon veriminde artış), kurutulmuş sebzeler (azalan pişirme süresi vb.)
Yüksek doz (>10)		
Endüstriyel sterilizasyon	30-50	Et, kümes hayvanları, su ürünleri, hazır gıdalar, sterilize edilmiş hastane gıdaları
Belirli gıda katkı maddeleri ve bileşenlerinin dekontaminasyonu (uygun sıcaklık kombinasyonunda)	10-50	Baharatlar, enzim karışımları, doğal sakız vb.

2.2.6.3. Işınlamanın Gıda Sanayinde Kullanım Alanları ve Yapılmış Çalışmalar

Işınlama işlemi gıdalarda; pastörizasyonu ve sterilizasyonu sağlamak, raf ömrünü uzatmak, filizlenmeyi engellemek, olgunlaşmayı geciktirmek, böcek ve parazit gelişimini engellemek gibi değişik amaçlarla ambalajlı veya ambalajsız olarak her türlü gıdaya uygulanabilen bir işlemdir (Topuz 2002; Demirdöven ve Baysal 2012c).

Yapılan bir çalışmada, mikrobiyolojik sorunları gidermek amacıyla uygulanan gamma ışınlama ve buhar sterilizasyonu yöntemlerinin çam fıstığının duyu, fiziksel ve kimyasal karakteristiklerine olan etkisi araştırılmıştır. İşlem sonrasında ve 3 ay boyunca yapılan analizler sonucunda, ışınlama dozları ve buhar sıcaklıklarına bağlı olarak nem

ve peroksit değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim olmadığı saptanmıştır ($p<0.05$). Duyusal olarak her iki işlemin de örneklerde doku, lezzet ve diğer özellikler açısından olumsuz bir etki yaratmadığı belirlenmiştir (Gölge 2006).

Yapılan başka bir çalışmada bebek mamalarına 0.5, 1.5, 6, 10, 30, 50 kGy dozlarında gamma ışınları (Co-60) uygulanmıştır. Işınlamadan hemen sonra örneklerde HPLC ile aminoasit analizleri yapılmıştır. Işınlanmış örneklerin aminoasit içerikleri kontrol örneğine yakın bulunmuştur (Matloubi ve ark. 2004).

Hacıoğlu (2010), yaptığı çalışmada taze karides ve midye etlerine 0, 1, 3, 5 kGy ışınlama uygulamış ve örnekleri buzdolabı (+4°C) ve derin dondurucu (-18°C) koşullarında depolayarak, uygulamanın raf ömrüne etkisini araştırmıştır. Çalışmada karides ve midye örneklerinde meydana gelen mikrobiyolojik ve fizikokimyasal değişimler incelenmiş ve sonuçta, 5 kGy ışınlama dozunda yağ oksidasyonunun olabileceği, aynı dozda protein oksidasyonu ve mikroorganizma gelişiminin durdurulabileceği belirlenmiştir.

Havuçlarda ışınlamanın etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, örneklere 0, 0.5, 1.0, 2.0, 2.5, 3.0 kGy dozlarında ışınlama uygulanmış ve örnekler 5°C'de 2 hafta depolanmıştır. Araştırma sonucunda, 2 kGy ışınlama dozunda maya ve toplam canlı mikroorganizma gelişiminin tamamen kontrol edildiği ve koliform grubu bakterilerin gözlemlenmediği bildirilmiştir. Bu düzeyde ışınlanan havuçların duyusal olarak da kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir (Chaudry ve ark. 2004).

Çileklerin ışınlanması üzerine yapılan bir çalışmada, 3.6 kGy doz seviyesinde ışınlanmış örneklerin, tüketiciler tarafından kabul edilebilirliklerinin istatistiksel olarak önem taşıdığı ortaya konmuştur ($p\leq 0.05$) (Filho ve ark. 2014).

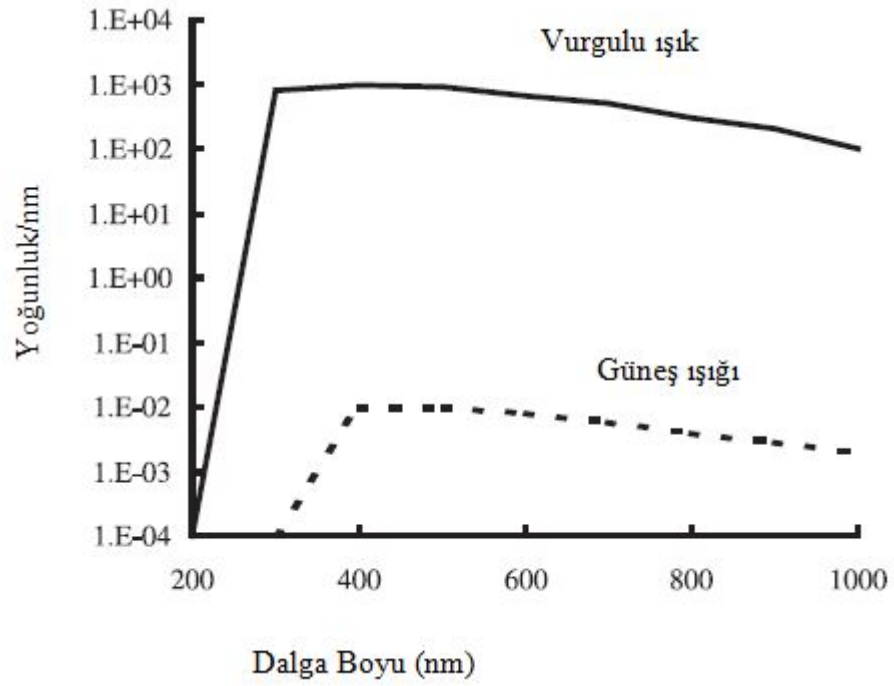
Chatterjee ve ark. (1998), kuru zerdeçal ve 3 farklı kırmızı biber örneğine 0, 1, 5, ve 10 kGy dozlarında ışınlama uygulamış ve 1 yıla kadar oda koşullarında depolanan örneklerin renk değişimlerini araştırmıştır. Sonuçta, zerdeçal ve kırmızı biberin renk değerleri üzerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim olmamıştır ($p\leq 0.05$).

Sung (2005), pirinç unu ve pirinç ürünlerine 1 kGy dozunda ışınlama uygulamış ve gamma radyasyonunun pirinçten yapılan gıdaların raf ömrünü kısalttığını, işlem şartları geliştirilirse pirinç ürünlerinin kalitesinin ışınlama ile arttırılabileceğini ortaya koymuştur.

2.2.7. Vurgulu Işık

1970 yılında Japon bilim adamları vurgulu ışığın sterilizasyon amacıyla kullanılabileceğini keşfetmiş ve ardından 1984 yılında patent başvurusu yapmıştır (Chen ve ark. 2015). Söz konusu teknik, 1996 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) tarafından gıda işlemede kullanılabilecek bir yöntem olarak kabul edilmiştir (Yıldız 2012).

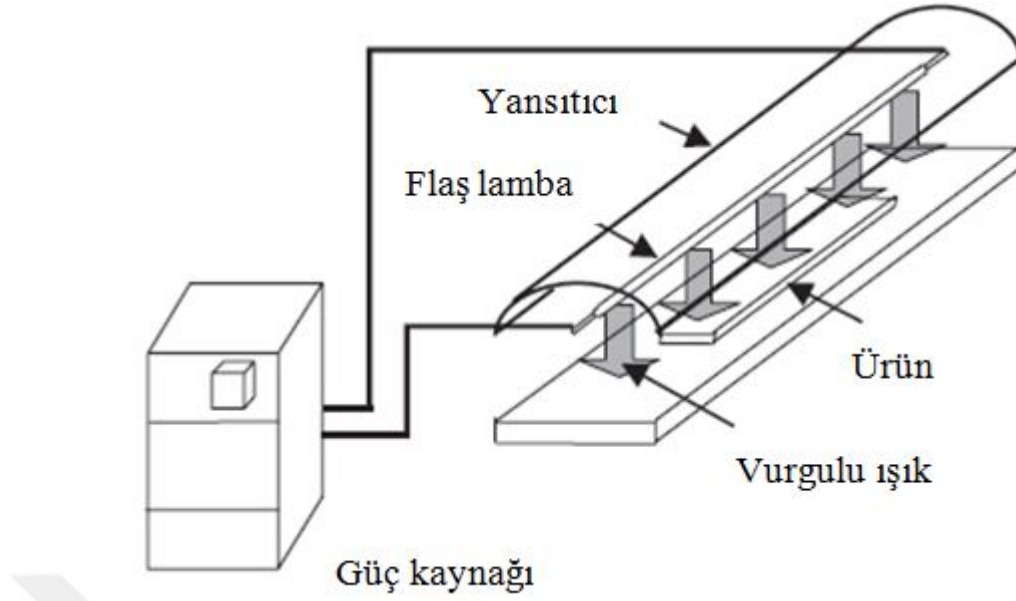
Vurgulu ışık teknolojisi; gıda maddelerinin sterilizasyonu amacıyla geniş spektrumlu beyaz ışığın yüksek güçte çok kısa sürelerde vurgular şeklinde uygulanmasıdır. Vurgulu ışık yönteminde, infrared bölgeye yakın olan UV bölgedeki geniş spektrumlu dalga boyları (200 nm-1 mm) kullanılmaktadır (Senorans ve ark. 2003; Takeshita ve ark. 2003; Açı ve ark. 2014). Şekil 2.13'te güneş ışığı ile vurgulu ışığın dalga boylarının karşılaştırılması verilmiştir. İşlem sırasında üründe önemli bir sıcaklık artışı gerçekleşmediği için, bu yöntem ısıl olmayan muhafaza yöntemi olarak kabul edilmektedir (Yıldız 2012).



Şekil 2.13. Güneş ışığı ve vurgulu ışığın dalga boylarının karşılaştırılması (Takeshita ve ark. 2003)

2.2.7.1. Vurgulu Işık Sistemi

Vurgulu ışık sisteminde, vurgulu elektrik alandan farklı olarak elektrik enerjisi ışığa dönüştürülerek gıdaya uygulanmaktadır (Yıldız 2012). Vurgulu ışık sistemlerinde Şekil 2.14'te görüldüğü gibi güç ünitesi, lamba ünitesi, işlem hücresi ve yardımcı birimler olmak üzere 4 ana kısım bulunmaktadır.



Şekil 2.14. Vurgulu ışık sisteminin başlıca kısımları (Takeshita ve ark. 2003)

Güç ünitesinde alternatif akım doğru akıma çevrilerek enerji kaynağında depolanmaktadır. Yüksek voltaj ve yüksek enerjili elektrik akımı, lambalar vasıtasıyla sağlanmaktadır (Keener ve Krishnamurthy 2014; Chen ve ark. 2015). Yüksek güçte üretilen elektrik vurguları, lamba ünitesinde ışığa dönüştürülmektedir. Bu sistemde kullanılan lambalarda genellikle tungstenden yapılan elektrotlar kullanılmaktadır. Çoğunlukla lambalar ksenon, kripton ya da inert gaz karışımları ile doldurulmaktadır (Chung ve ark. 2008).

Vurgulu ışık, UV lambaları tarafından üretilen UV ışınlarına göre daha az enerji tüketerek, daha ileri düzeyde bir sterilizasyon etkinliği sağlamaktadır (Chen ve ark. 2015).

2.2.7.2. Vurgulu Işığın Gıda Sanayinde Uygulamaları ve Yapılmış Çalışmalar

Vurgulu ışık teknolojisinde ışığın çok derinlere nüfuz edememesi nedeniyle bu sistem ancak gıdaların yüzeyindeki mikrobiyal yükü azaltmak, ambalaj ve işletme sterilizasyonu sağlamak gibi alanlarda kullanılmaktadır (Yıldız 2012).

2.2.7.2.1. Mikroorganizmaların İnaktivasyonu

Vurgulu ışık teknolojisi kullanılarak gıdaların yüzeyindeki bakteri, küf sporları ve virüslerin inaktive edilebildiği birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Oms-Oliu ve ark. 2010; Keener ve Krishnamurthy 2014).

Krishnamurthy ve ark. (2004) vurgulu ışık uygulaması ile *Staphylococcus aureus*'un inaktive edilebildiğini saptamıştır. Araştırmacılar 5 saniye boyunca 5.6 J/cm^2 vurgulu ışık ile muamele edilmiş agarlarda *S. aureus*'un 7-8 log kob mL^{-1} düzeyinde azaldığını bildirmiştir.

Wekhof ve ark. (2001) vurgulu ışığın küfler üzerindeki etkisini incelemiş ve 5 flaş, 1 J/cm^2 vurgulu ışık uygulamasının *Aspergillus niger* sporlarını 4.8 log düzeyinde inaktive ettiğini belirtmiştir.

Yapılan başka bir çalışmada, vurgulu ışık uygulamasının *Saccharomyces cerevisiae* üzerine etkisi incelenmiş; uygulamanın maya hücresinin DNA'sına zarar verdiği ve bu mikroorganizma için etkili bir sterilizasyon tekniği olabileceği saptanmıştır (Takeshita ve ark. 2003).

Orta nemli gıdalardan badem üzerine yapılan bir çalışmada 30 saniye vurgulu ışık uygulaması ile bademlerin yüzeyindeki *Salmonella spp.*'nin 4 log kob/g düzeyinde azalma gösterdiği ortaya konmuştur (Keener ve Krishnamurthy 2014).

2.2.7.2.2. Besin Değerlerinin Korunması

Gıda bileşenleri üzerine vurgulu ışığın etkisinin araştırıldığı çalışmalarda çoğunlukla olumlu sonuçlar saptanmıştır. Gıdaların besin değerinin ve kalite özelliklerinin vurgulu ışık uygulaması ile daha iyi korunduğu araştırmacılar tarafından ortaya konmuştur (Elmnasser ve ark. 2008; Chung ve ark. 2008; Aguilo-Aguayo ve ark. 2014).

Süt proteinleri üzerine yapılan bir araştırmada, vurgulu ışık uygulamasının süt proteinlerindeki aminoasit kompozisyonu ve lipid oksidasyonu üzerine önemli bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır (Elmnasser ve ark. 2008).

Taze kesilmiş avakado dilimlerindeki renk, klorofil stabilitesi ve lipid oksidasyonu üzerine vurgulu ışığın etkisinin incelendiği diğer bir çalışmada, örnekler 200-1100 nm dalga boyu spektrumunda ışık veren bir sistemde muamele gördükten sonra 4°C’de 15 gün boyunca depolanmıştır. Vurgulu ışık uygulanmış örneklerin depolama süresince renk değerlerinin ve klorofil stabilitesinin kontrol örneğine göre daha iyi korunduğu ortaya konmuştur. Ayrıca 15 gün boyunca depolanmış örneklerde lipid oksidasyonu gözlenmemiştir (Aguilo-Aguayo ve ark. 2014).

Chung ve ark. (2008) yerfıstığındaki alerjen bileşikler üzerine vurgulu ışığın etkisini araştırmıştır. Vurgulu ışık 200-1100 nm dalga boyunda 4 dakika boyunca saniyede 3 vurgu olacak şekilde uygulanmış ve sonuçta yerfıstığı ekstraktı ve sıvı yerfıstığı yağındaki bazı alerjenlerin azaldığı saptanmıştır. Yapılan çalışma ile düşük alerjenli yerfıstığı ürünlerinin üretiminin mümkün olabileceği, ancak bu konuda klinik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.

Ramos-Villarroel ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada, kavun dilimlerinin renk ve tekstür gibi kalite faktörleri ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine vurgulu ışığın etkisini incelemiştir. 180-1100 nm dalga boyu spektrumunda ışık veren bir sistem kullanılmıştır. 6 ve 12 J/cm² uygulanan 15 ve 30 adet vurgunun mikrobiyal aktivite dışında, renk ve tekstür gibi kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir. Renk açısından vurgulu ışık uygulanmış örneklerin değerleri kontrol örneğine istatistiksel olarak benzer bulunmuştur (p<0.05). Tekstür açısından incelendiğinde vurgulu ışık uygulanmış örneklerde kontrol örneğine göre sertliklerinde olumsuz sonuçlar gözlenmiştir.

3. SONUÇ

Son yıllarda, tüketici taleplerinin değişmesi ile birlikte gıdaların işlenmesinde, ısıl işleme alternatif olarak yeni teknikler ortaya çıkmıştır. Tez çalışması kapsamında; ele alınan ısıl olmayan tekniklerin (yüksek hidrostatik basınç, ultrases, vurgulu elektrik alan, mikrodalga, ohmik ısıtma, ışınlama, vurgulu ışık), güvenilir gıda üretimi veya gıda proseslerinde ön işlem olarak kullanım olanakları üzerine yapılmış uygulamalara yer verilmiştir. Elde edilen araştırma sonuçlarına göre, oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda çalışılabildiği için ısıya duyarlı gıdaların korunmasında, kurutma, ekstraksiyon gibi temel gıda proseslerinde ön işlem olarak ısıl olmayan bu tekniklerin kullanılabileceği ve bu sayede kalite ve besin özelliklerinin korunabileceği belirlenmiştir. Bu tekniklerin, gıdalardaki bazı mikroorganizmaları inaktive edilebileceği, dolayısıyla bunların sterilizasyon amacıyla kullanılabileceği, ayrıca enzimlerin inaktivasyonu amacıyla uygulanabileceği yapılan araştırmalar sonucunda ortaya konmuştur. Isıl olmayan bu teknikler tek başına kullanılabileceği gibi aynı zamanda diğer ısıl işlem yöntemleriyle birlikte de uygulanabilmektedir. Bu sayede ürün kalitesini ve enerji verimliliğini daha da arttırmak mümkündür.

Gıda endüstrisinde ısıl olmayan tekniklerin çok farklı amaçlarla kullanılabilmesi nedeniyle, gelecekte bu tekniklere değişik gıda işleme alanlarında da yer verilebileceği düşünülmektedir. Bu tekniklerin gelecekte sadece muhafaza süresini arttırmak ve kaliteyi geliştirmek amacıyla değil, aynı zamanda fonksiyonel özellikleri yüksek güvenilir gıdaların üretimi amacıyla da kullanılabileceği öngörülmektedir.

Isıl olmayan işlemlerin mikrobiyal ve enzimatik inaktivasyon mekanizmalarının ve farklı ortamlarda farklı mikroorganizmalar üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi amacıyla daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra, laboratuvar ölçekli uygulamaların, mali boyutu da göz önüne alınarak endüstriye aktarımı bu sistemlerin yaygınlaşmasına ve dolayısıyla daha kaliteli ürün tüketimiyle sağlıklı gelecek nesillerin yetişmesine katkı sağlayabilecektir.

KAYNAKLAR

- Aadil, R.M., Zeng, X.A., Sun, D.W., Wang, M.S., Liu, Z.W., Zhang, Z.H. 2015.** Combined effects of sonikasyon and pulsed electric field on selected quality parameters of grapefruit juice. *Food Science and Technology*, 62: 890-893.
- Abbas, S.M.N., Halkman, K. 2003.** Baharat mikroflorası üzerine ışınlamanın etkisi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 1(3): 43-65.
- Açu, M., Yerlikaya, O., Kınık, Ö. 2014.** Gıdalarda ısı olmayan yeni teknikler ve mikroorganizmalar üzerine etkileri. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 14: 23-35.
- Ade-Omowaye, B.I.O., Angersbach, A., Eshtiaghi, N.M., Knorr, D. 2001.** Impact of high intensity electric field pulses on cell permeabilisation and as pre-processing step in coconut processing. *Innovative Food Sci. Emerg. Technol.*, 1: 203-209.
- Aguilo-Aguayo, I., Oms-Oliu, G., Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. 2014.** Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado. *Food Science and Technology*, 59: 320-326.
- Ağcam, E. 2011.** Vurgulu elektrik alan ve ısı işlem uygulamalarının portakal suyunun özellikleri ve raf ömrü üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana.
- Akyol, Ç. 2004.** Inactivation of proxidase and lipoxygenase in gren beans, peas and carrots by a combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Altan, N. 1998.** Gıdaların muhafazası açısından tuz ilavesi ve etki mekanizması. <http://www.standartmerkezi.com/sm-gida-ve-kalite-forum/gida-sektoru-bazinda-bilgi-paylasimi-et-sut-meyve-sebze-yag-unlu-mamul-ambalaj-gida-katki/diger/gidalarin-muhafazasi-acisindan-tuz-ilavesi-ve-etki-mekanizmasi.html> (Erişim tarihi: 19.06.2015).
- Anonim, 2005.** Fascinating facts about the invention of the microwave oven by Percy Spencer in 1945. <http://www.ideafinder.com/history/inventions/microwave.htm>-(Erişim Tarihi: 30.05.2015).
- Anonim, 2010.** Gıda Teknolojisi Gıda muhafaza ilkeleri 2. <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/gida/moduller/GıdaMuhafazaİlkeleri2.pdf> (Erişim tarihi: 22.06.2015).
- Ashokkumar, M., Bhaskaracharya, R., Kentish, S., Lee, J., Palmer, M., Zisu, B. 2010.** The ultrasonic processing of dairy products-An overview. *Dairy Science Technology*, 90: 147-168.
- Atasever, M.A., Atasever, M. 2007.** Işınlamanın gıda teknolojisinde kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil. Derg.*, 2(3): 107-116.
- Ayan, H. 2010.** Güneşte ve Yapay Kurutucuda Kurutulmuş Domates (*Lycopersitcum esculentum*) Üretimi ve Proses Sırasındaki Değişimlerin Belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Aylangan, A.Y. 2010.** Işınlamanın hamburger köftelerinin kalite kriterleri, raf ömrü üzerine etkisinin incelenmesi ve hamburger köftelerde ışınlamanın tespiti. *Doktora Tezi*, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Aymerich, T., Picouet, P.A., Monfort, J.M. 2008.** Decontamination Technologies for meat product. *Meat Sci.*, 78: 114-129.
- Baptista, I., Queiros, R.R., Cunha, A., Racha, S., Saraiva, J.A. 2015.** Evaluation of resistance development and viability recovery by toxigenic and non-toxigenic *Staphylococcus aureus* strains after repeated cycles of high hydrostatic pressure. *Food Microbiology*, 46: 515-520.

- Barsotti, L., Merle, P., Cheftel, J.C.** 1999. Food processing by pulsed electric fields. I. Physical aspects. *Food Reviews International*, 15(2): 163-180.
- Başbayraktar, V.** 2012. Işınlanmış gıdaların tespitinde kullanılan yöntemler. *Gıda*, 37(2): 111-118.
- Başlar, M.** 2011. Ultrases, fotosonikasyon ve vurgulu elektriksel alan işlemlerinin elma suyunun bazı kalite özelliklerine etkisi. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum.
- Baygar, T., Özden, Ö., Üçok, D.** 2004. Dondurma ve çözündürme işleminin balık kalitesi üzerine etkisi. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(1): 173-178.
- Baysal, T., İçier, F., Baysal, A.H.** 2011. Güncel elektriksel ısıtma yöntemleri, Sidas Medya L. td. Şti, İzmir, 348 s.
- Bilek, S.E.** 2012. Vurgulu elektrik alan (PEF): Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F., Nobel, Ankara, s.261-280.
- Bozkır, H., Baysal, T., Ergün, A.R.** 2014. Gıda endüstrisinde uygulanan yeni çözündürme teknikleri. *Akademik Gıda*, 12(3): 38-44.
- Buffer, C.R.** 1992. Microwave Cooking and Processing. Avi, New York, s.56-57.
- Calin-Sanchez, A., Kharaghani, A., Lech, K., Figiel, A., Carbonell-Barrachina, A., Tsotsas, E.** 2015. Drying kinetics and microstructural and sensory properties of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) as affected by drying method. *Food Bioprocess Technology*, 8: 63-74.
- Cemeroğlu, B., Acar, J.** 1986. Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi. Literatür Yayıncılık Dağıtım Pazarlama San ve Tic. Ltd. Şti., Ankara, 506 s.
- Cemeroğlu, B., Karadeniz, F.** 2001. Meyve Suyu Üretim Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 25, Ankara, 384 s.
- Cesur, Ö.** 2013. Kurutma metodları ve şartlarının nar tanesinin kurutma kinetiği ve kalitesi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, HÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Chatterjee, S., Padwat Desai, S.R., Thomas, P.** 1998. Effect of gamma-irradiation on the colour power of turmeric (*Curcuma longa*) and red chilles (*Capsicum annum*) during storage. *Food Research International*, 31(9): 625-628.
- Chaudry, M.A., Bibi, N., Khan, M., Khan, M., Badshah, A., Qureshi, M.J.** 2004. Irradiation treatment of minimally processed carrots for ensuring microbiological safety. *Radiation Physics and Chemistry*, 71: 169-173.
- Chen, B.Y., Lung, H.M., Yang, B.B., Wang, C.Y.** 2015. Pulsed light sterilization of packaging materials. *Food Packaging and Shelf Life*, 5: 1-9.
- Chung, S.Y., Yang, W., Krishnamurthy, K.** 2008. Effects of pulsed UV-light on peanut allergens in extracts and liquid peanut butter. *Food Chemistry*, 73(5): 400-404.
- Çolak, F.A.** 2006. Işınlamanın çörekotunun (*Nigella sativa L.*) bazı fizikokimyasal, mikrobiyolojik özellikleri ve yağ asitleri kompozisyonuna etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çopur, Ö.U., Tamer, C.E.** 1998. Gıdalara ısı işlem uygulamada yeni bir yöntem: ohmik ısıtma. *Dünya Gıda*, 37: 42-45.
- Dadalı, G.** 2007. Bamya ve ıspanağın mikrodalga tekniği kullanılarak kurutulması, doku ve renk özelliklerinin incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Damar, S. 2000.** Seactivation of Escherichia coli 0157:H7 and Staphylococcus aureus by pulsed electric fields (PEF). *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Demiray, E., Tülek, Y. 2010.** Donmuş muhafaza sırasında meyve ve sebzelerde oluşan kalite değişimleri. *Akademik Gıda*, 8(2): 36-44.
- Demirdöven, A., Baysal, T. 2008.** Meyve ve sebze işleme sanayinde yeni uygulamalar. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Demirdöven, A., Baysal, T. 2009.** The use of ultrasound and combined technologies in food preservations. *Food Reviews International*, 25: 1-11.
- Demirdöven, A., Baysal, T. 2012a.** Ultrases: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F., Nobel, Ankara, s. 197-218.
- Demirdöven, A., Baysal, T. 2012b.** Elektriksel ön işlem ve ısı işlem uygulamalarının portakal suyu kalitesine etkileri. *Gıda*, 37(2): 76-86.
- Demirdöven, A., Baysal, T. 2012c.** Işınlama: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F. Nobel, s. 303-330.
- Demirkol, Ö.Ş. 2007.** Investigation of physical properties of different cake formulations during baking with microwave and infrared-microwave combination. *Doktora Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Doevenspeck, H. 1961.** Influencing cells and cell walls by electrostatic impulses. *Fleischwirtschaft*, 13: 968-987.
- Dorantes-Alvarez, L., Jaramillo-Flores, E., Gonzalez, K., Martiez, R., Parada, L. 2011.** Blanching peppers using microwaves. *Procedia Food Science*, 1: 178-183.
- Drake, S.R., Spayd, S.E., Thompson, J.B. 1981.** The influence of blanch and freezing methods on the quality of selected vegetables. *Journal of Food Quality*, 4(4): 271-278.
- Durmaz, H., Sancak, H. 2014.** Gıda teknolojisinde ışınlamanın yeri ve önemi. *Harran Üniv Vet Fak Derg*, 3(1): 33-41.
- Earnshaw, R.G., Appleyard, J., Hurst, R.M. 1995.** Understanding physical inactivation processes: Combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28(2): 197-216.
- Elmnasser, N., Dalgalarrrondo, M., Orange, N., Bakhrouf, A., Haertle, T., Erbay, B., Küçüköner, E. 2008.** Gıda endüstrisinde kullanılan farklı kurutma sistemleri. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs 2008, Erzurum.
- Ercan, B., Acar, J., Aşkın, O. 1989.** Mikrodalgalar, gıda endüstrisinde kullanım alanları ve mikroorganizmaların üzerine etkileri. *Gıda*, 14(3): 141-148.
- Erdinç, B., Acar, J. 1996.** Gıda muhafazasında modifiye atmosfer paketleme (MAP). *Gıda*, 21(1): 17-21.
- Eroğlu, E., Yıldız, H. 2011.** Gıdaların ozmotik kurutulmasında uygulanan yeni tekniklerin enerji verimliliği bakımından değerlendirilmesi. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(2): 41-48.
- Eshtiaghi, M.N., Knorr, D. 2002.** High electric field pulse pretreatment: Potential for sugar beet processing. *Journal of Food Engineering*, 52: 265-272.
- Federighi, M., Chobert, J.M. 2008.** Effect of pulsed-light treatment on milk proteins and lipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6): 1984-1991.
- Filho, T.L., Lucia, S.M.D., Lima, R.M., Scolforo, C.Z., Carneiro, J.C.S., Pinheiro, C.J.G., Passamai Jr., J.L. 2014.** Irradiation of strawberries: Influence of information regarding preservation technology on consumer sensory acceptance. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 26: 242-247.

- Gezgin, Z., Güneş, G. 2003.** Gıdaların gama ışınları ile muhafazası, *Gıda*, Aralık: 82-87.
- Gölcü, M., Şen, F. 2014.** Mikrodalga ile ıslak viyolün kurutulabilirliğinin deneysel olarak incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(20): 111-115.
- Gölge, E. 2006.** Gıda ışınlama ve buhar sterilizasyonu yöntemlerinin çam fıstığı kalitesi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Gökmen, V., Acar, J. 1995.** Yüksek basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde uygulamaları. *Gıda*, 20(3): 167-172.
- Green, F.B., Lundquist, T.J., Oswald, W.J. 1995.** Energetics of advanced integrated wastewater pond systems. *Water Science and Technology*, 31(12): 9-20.
- Gürsul, I. 2012.** Vurgulu elektrik alan uygulamalarının domates hücre kültüründeki biyoaktif bileşenler üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli.
- Hacıoğlu, A. 2010.** Gıda ışınlamanın karides (*Parapenaeus longirostris*) ve midyelerin (*Mytilus galloprovincialis*) raf ömrü ve kaliteleri üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Hendrickx, M., Ludikhuyze, L., Van den Broeck, I., Weemaes, C. 1998.** Effects of high pressure on enzymes related to food quality. *Trends in Food Science and Technology*, 9: 197-203.
- Hite, B.H. 1899.** The effects of pressure on the preservation of milk. *West Virginia Agric Exp Station Bull*, 58: 15-35.
- Holzwarth, M., Korhummel, S., Carle, R., Kammerer, D.R. 2012.** Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria × ananassa* Duch.). *Food Research International*, 48: 241-248.
- Hugas, M., Garriga, M., Monfort, J.M. 2002.** New mild Technologies in meat processing: high pressure as a model technology. *Meat Science*, 62: 359-371.
- İlgaz, N.N. 2014.** The effects of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on shelf life and quality parameters of conventionally produced boza. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Ito, R., Fukuoka, M., Hamada-Sato, N. 2014.** Innovative food processing technology using ohmic heating and aseptic packaging for meat. *Meat Science*, 96: 675-681.
- İbanoğlu, 2002.** Gıdalara yüksek hidrostatik basınç uygulaması. *Gıda*, 27(6): 505-510.
- İçier, F. 2003.** Gıdaların ohmik ısıtma yöntemiyle ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi. *Doktora Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- İçier, F. 2005.** Gıda işlemede alternatif ısıtma yöntemi-ohmik ısıtma. *Gıda*, 30(2): 139-143.
- İçier, F. 2012.** Yüksek hidrostatik basınç teknolojisi: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F., Nobel, Ankara, s.153-196.
- İçier, F., Bozkurt, H. 2010.** Süt ve rekonstitüe sütün ohmik ısıtılmasının incelenmesi: reolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Gıda*, 35(4): 251-258.
- İzli, N., Işık, E. 2015.** Color and microstructure properties of tomatoes dried by microwave, convective and microwave-convective methods. *International Journal of Food Properties*, 18: 241-249.

- Kakı, H.İ., Balkan, B., Akar, M. Font, A., Güler, F.K., Kalenderli, Ö. 2014.** Darbeli elektrik alan uygulamasının sıvı gıdaların pastörizasyonunda kullanımı. Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27-29 Kasım 2014, Bursa.
- Kantaş, Y. 2007.** Effect of ultrasound on drying rate of selected produce. *Doktora Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Karaaslan, S. 2008.** Sebze ve endüstri bitkilerinin mikrodalgayla kurutulması üzerine çalışmalar. *Doktora Tezi*, ÇÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Adana, Türkiye.
- Kaya, A., Kamer, M.S., Şahin, H.E. 2015.** Trabzon hurmasının (*Diospyros Kakı L.*) kurutma davranışlarının deneysel incelenmesi. *Gıda*, 40(1): 15-21.
- Keener, L., Krishnamurthy, K. 2014.** Sheedding light on food safety: application of pulsed light processing. <http://www.foodsafetymagazine.com/magazine-archive1/junejuly-2014/shedding-light-on-food-safety-applications-of-pulsed-light-processing/> -(Erişim tarihi: 09.06.2015).
- Kılıç, O. 1994.** Gıda işleme mühendisliği I. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bursa, 136s.
- Kılınç, B., Çaklı, Ş. 2004.** Su ürünlerinin modifiye atmosferde paketlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 21(3-4): 349-353.
- Kim, K.W., Kim, Y.T., Kim, M., Noh, B.S., Choi, W.S. 2014.** Effect of high hydrostatic pressure (HHP) treatment on flavour, physicochemical properties and biological functionalities of garlic. *Food Science and Technology*, 55: 347-354.
- Knorr, D., Angersbach, A., Eshtiaghi, M., Heinz, V., Lee, D.U. 2001.** Processing concepts based on high intensity electric field pulses. *Trends Food Sci. Technol.*, 12: 129-135.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D. 2004.** Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15: 261-266.
- Knorr, D. 2006.** Novel aproaches in food-processing technology: new Technologies for preserving foods and modifying function. *Current Opinion in Biotechnology*, 10: 485-491.
- Konak, Ü.İ., Certel, M., Helhel, S. 2009.** Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3): 20-31.
- Krishnamurthy, K., Demirci, A., Irudayaraj, J. 2004.** Inactivation of Staphlococcus aureus by pulsed UV-light sterilization. *Journal of Food Protection*, 67: 1027-1030.
- Kurt, Ç. 2013.** Yüksek güçlü ultrases işleminin fermente süt içeceğinin fiziksel özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Lara, J.D., Fernandez, P.S., Periago, P.M., Palop, A. 2002.** Irradiation of spores of Bacillus cereus and Bacillus subtilis with electron beams. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3: 379-384.
- Loyppimai, P., Moongngarm, A., Chottanom, P., Moontree, T. 2015.** Ohmic heating-assisted extraction of anthocyanins from black rice bran to prepare a natural food colourant. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 27: 102-110.
- Lullien-Pellerin, V., Balny, C. 2002.** High-pressure as a tool to study some proteins' properties: conformational modification, activity and oligomeric dissociation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3: 209-221.
- Manuel, C., Lagunas, S. 1995.** Radiation processing of foods: An overview of scientific principles and current status. *J Food Prot*, 58: 186-192.

- Martini, S., Suzuki, A.H., Hartel, R.W. 2008.** Effect of high intensity ultrasound on crystallization behaviour of anhydrous milk fat. *J Am Oil Chem Soc*, 85: 621-628.
- Mason, T.J. 1998.** Power ultrasound in food processing-the way forward: in ultrasound in food processing, Editörler: Povey, M.J.W., Mason, T.J., Blackie Academic&Professional, London, s. 105-126.
- Mason, T.J., Lorimer, J.P. 2002.** Applied sonchemistry: Uses of power ultrasound in chemistry and processing. Wiley-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, Weinheim.
- Maskan, M. 2001.** Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwi fruits during hot air and microwave drying. *Journal of Food Engineering*, 48: 177-182.
- Matloubi, H., Aflaki, F., Hadjiezadegan, M. 2004.** Effect of gamma irradiation on amino acids content of baby food proteins. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17: 133-139.
- McInerney, J.K., Seccafien, C.A., Stewart, C.M., Bird, A.R. 2007.** Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 8: 543-548.
- Mecnun, M. 2010.** Effect of high hydrostatic pressure on microbial load and quality parameters of grape juice. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Mohammed, M., Eissa, A.A. 2012.** Generation and application of high intensity pulsed electric fields: Pulsed Electric Fields Technology for Food Industry, Editörler: Javier R., Valke, H. s. 32-33.
- Nunez-Mancilla, Y., Perez-Won, M., Uribe, E., Vega-Galvez, A., Scala, K.D. 2013.** Osmotic dehydration under high hydrostatic pressure: Effects on antioxidant activity, total phenolics compounds, vitamin C and colour of strawberry (*Fragaria vesca*). *Food Science and Technology*, 52: 151-156.
- Oğuzhan, P. 2013a.** Yüksek hidrostatik basınç teknolojisinin gıda endüstrisinde kullanımı. *EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2): 205-219.
- Oğuzhan, P. 2013b.** Su ürünlerinde ışınlama teknolojisi. *Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi Dergisi*, 13: 51-57.
- Oms-Oliu, G., Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. 2010.** Pulsed light treatments for food preservation. *Food Bioprocess Technol*, 3: 13-23.
- Öner, Z. 1996.** Gıdaların muhafazası açısından tuz ilavesi ve etki mekanizması. <http://www.standartmerkezi.com/sm-gida-ve-kalite-forum/gida-sektoru-bazinda-bilgi-paylasimi-et-sut-meyve-sebze-yag-unlu-mamul-ambalaj-gida-katki/diger/gidalarin-muhafazasi-acisindan-tuz-ilavesi-ve-etki-mekanizmasi.html>. (Erişim tarihi:19.06.2015).
- Özcan, D., Obuz, E. 2006.** Yüksek basınç uygulamasının gıda endüstrisinde kullanımı. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu.
- Özkan, I.A., Akbudak, B., Akbudak, N. 2007.** Microwave drying characteristics of spinach. *Journal of Food Engineering*, 78: 577-583.
- Özsoy, N. 2012.** Isıl işlemin Ezine peynirinin özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Öztürk, A. 2008.** Modifiye atmosferde paketlenme ve ışınlamanın pişirmeye hazır köftelerin kalitesi üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Palamutcu, S., Dağ, N. 2009.** Fonksiyonel tekstiller 1: Elektromanyetik kalkanlama amaçlı tekstil yüzeyleri. *Elektronik Journal of Textile Technologies*, 3(1): 87-101.

- Park, I.K., Kang, D.H. 2013.** Effect of elektropermeabilization by ohmic heating for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* Serovar Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in buffered peptone water and apple juice. *Applied and Environmental Microbiology*, 79(23): 7122-7129.
- Perrier Cornet, J.M., Tapin, S., Gaeta, S., Gervais, P. 2005.** High-pressure inactivation of *Saccharomyces cerevisiae* and *Lactobacillus plantarum* at subzero temperatures. *Journal of Biotechnology*. 115: 405-412.
- Polat Kılıç, Ö.G. 2014.** Surveillance study of *Salmonella* in fresh peppers (*Capsicum Annum L.*) and inactivation by high hydrostatic pressure treatment. *Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Poretta, S., Birzi, A., Ghizzoni, C., Vicini, E. 1995.** Effects of ultra-high hydrostatic pressure treatments on the quality of tomato juice. *Food Chemistry*, 52: 35-41.
- Qian, J.Y., Gu, Y.P., Jiang, W., Chen, W. 2014.** Inactivating effect of pulsed electric field on lipase in Brown rice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 22: 89-94.
- Ramesh, M.N., Wolf, W., Tevini, D., Boggar, A. 2002.** Microwave blanching of vegetables. *Journal of Food Science*, 67(1): 390-398.
- Ramos-Villarreal, A.Y., Aron-Matei, N., Martin-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R. 2012.** Influence of spectral distribution on bacterial inactivation and quality changes of fresh-cut watermelon treated with intense light pulses. *Postharvest Biology and Technology*, 69: 32-39.
- Reyes, A., Ceron, S., Zuniga, R., Moyano, P. 2007.** A comparative study of microwave-assisted air drying of potato slices. *Biosystems Engineering*, 98(13): 310-318.
- Ross, A. I. V., Griffiths, M.W., Mittal, G.S., Deeth, H.C. 2003.** Combining nonthermal Technologies to control foodborne microorganisms. *International Journal of Food Microbiology*, 89: 125-138.
- Ruiz-Ojeda, L., Penas, F. 2013.** Comparison study of conventional hot-water and microwave blanching on quality of green beans. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 20: 191-197.
- Sağdıç, O., Ekici, L., Yetim, H. 2008.** Gıdaların muhafazasında yeni mikrobiyal inaktivasyon metotları. Türkiye 10. Gıda Kongresi, 21-23 Mayıs, Erzurum.
- Sale, A.J.H., Hamilton, W.A. 1967.** Effects of high electric fields on microorganisms I. Killing of bacteria and yeasts. *Biochimica et Biophysica Acta*, 148: 781-788.
- Sanchez-Vega, R., Elez-Martinez, P., Martin-Belloso, O. 2015.** Influence of high intensity pulsed electric field processing parameters on antioxidant compounds of broccoli juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 29: 70-77.
- Sarkis, J.R., Jaeschke, D.P., Tessaro, I.C., Marczak, L.D.F. 2013.** Effects of ohmic and conventional heating on anthocyanin degradation during the processing of blueberry pulp. *Food Science and Technology*, 51: 79-85.
- Sastry, S. 2008.** Ohmic heating and moderate electric field processing. *Food Science and Technology International*, 14: 419-422.
- Senorans, F.J., Ibanez, E., Cifuentes, A. 2003.** New trends in food processing. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(5): 507-526.
- Seyhun, N. 2008.** Modelling of tempering of frozen potato puree by microwave, infrared assisted microwave and ohmic heating methods. *Doktora Tezi*, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

- Sezer, D.B. 2014.** Havuç dilimlerinde mikrodalga haşlama koşullarının optimizasyonu. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat.
- Sezer, B.D., Demirdöven A. 2015.** Meyve sebze işlemede mikrodalga haşlama uygulamaları. *Gıda*, 40: doi: 10.15237/gıda.GD14048.
- Shea, K.M. 2000.** Technical report: Irradiation of food. *Pediatrics*, 106(6): 1005-1560.
- Skudder, J.1989.** Ohmic heating in food processing, *Asean Food Journal*, 4(4): 162-163.
- Soria, A. C., Villamiel, M. 2010.** Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21: 323-331.
- Sung, W.C. 2005.** Effect of gamma irradiation on rice and its food products. *Radiation Physics and Chemistry*, 73: 224-228.
- Takeshita, K., Shibato, J., Sameshima, T., Fukunaga, S., Isobe, S., Arihara, K., Itoh, M. 2003.** Damage of yeast cells induced by pulsed light irradiation. *International Journal of Food Microbiology*, 85: 151-158.
- Tavman, Ş., Kumcuoğlu, S., Akkaya, Z. 2009.** Bitkisel ürünlerin atıklarından antioksidan maddelerin ultrason destekli ekstraksiyonu. *Gıda*, 34(3): 175-182.
- Tchobanoglous, G.L.F., Darby, J., Devries, M. 1996.** UV Design: Comparision of probabilistic and deterministic design approaches. *Water Science and Technology*, 33(10): 251-260.
- Temur, C. 2012.** Elmalarda hasat sonu çürüklüğü oluşturan *Penicillium expansum*'un ışınlama ve ışınlama+sodyum karbonat kombine uygulamasıyla engellenmesi üzerine araştırmalar. *Yüksek Lisans Tezi*, EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Kayseri.
- Topal, Ş. 1988.** Işınlama tekniği ve gıda sanayinde kullanım olanakları. *Gıda*, 13(6): 417-423.
- Topuz, A. 2002.** Farklı Gamma ışınlama dozlarının ve depolamanın kırmızı pul biberin (*Capsicum annuum L.*) bazı kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu kalitesi üzerine etkileri. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya.
- Tosun, İ., Artık, N. 1998.** Partiküllü gıdaların aseptik işlenmesinde yeni bir teknoloji: ohmik ısıtma. *Gıda*, 23(4): 253-259.
- Trujillo, A.J., Capellas, M., Saldo, J., Gervilla, R., Guamis, B. 2002.** Applications of high-hydrostatic pressure on milk and dairy products: a review. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 3: 295-307.
- Tuğrul, N., Doymaz, İ., Pala, M. 2001.** Dereotunun kurutma karakteristiklerinin incelenmesi. *Gıda*, 26(6): 403-407.
- Tuta, S. 2009.** Dondurulmuş patates dilimlerine uygulanan mikrodalga ile ön çözündürme işleminin parmak patatesin akrilamid içeriği ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.
- Tülek, Y., Filizay, G. 2006.** Gıda endüstrisinde kullanılan yüksek hidrostatik basınç sistemleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12(2): 225-231.
- Tüfekçi, S. 2014.** Ultrases ön işleminin bamya ve elma örneklerinin kurutma performansları üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, PÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli.
- Türkmen, F. 2012.** Yüksek güçlü ultrases işleminin sütün fizikokimyasal ve jelleşme özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

- Ulcay, Y., Akyol, M., Gemci, R. 2002.** Polimer esaslı lif takviyeli kompozit malzemelerin arabirim mukavemeti üzerine farklı kür metotlarının etkisinin incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 1(7): 93-116.
- Uzunoglu, T.P. 2012.** Yüksek güçlü ultrases işleminin kısa ve uzun ömürlü ayranın mikrobiyolojik ve duyuşal özelliklerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Üçüncü, M. 2004.** A'dan Z'ye Peynir Teknolojisi-1.Cilt. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, 338 s.
- Ünlütürk, S. 2012.** Ultraviyole (mor ötesi) ışınlama: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F., Nobel, s. 219-248.
- Ünlütürk, A., Turantaş, F. 2003.** Gıda Mikrobiyolojisi. META Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir, 590 s.
- Üstün, Ş., Tosun, İ., Cemeroğlu, B. 1999.** Reçel Üretimi Amacıyla Kurutulmuş Kayıların Rehidrasyonu. *Gıda*, 24(2): 103-111.
- Vorobiev, E., Lebovka, N., 2010.** Enhanced extraction from solid foods and biosuspensions by pulsed electrical energy. *Food Engineering Reviews*, 2: 95-108.
- Vural, A. 2003.** Gıda muhafaza tekniği olarak ışınlamanın kanatlı etlerinde neden olduğu değişiklikler. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi*, 4: 49-55.
- Vural, A., Aksu, H. 2003.** Et ve et ürünlerinin mikroflorası üzerine gamma ışınlarının etkisi. *Dünya Gıda*, 5: 68-73.
- Yaldagard, M., Mortazavi, S.A., Tabatabaie, F. 2008.** The principles of ultra high pressure technology and its application in food processing/preservation: A review of microbiological and quality aspects. *African Journal of Biotechnology*, 76(6): 2739-2767.
- Yaralı, E., 2014.** Gıdalarda Temel İşlemler II. <http://www.akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders%20notlari/Gida%20temel%20islemler%20II.pdf> – (Erişim tarihi: 26.05.2015).
- Yıldız, H. 2012.** Vurgulu ışık: Gıda mühendisliğinde ısı olmayan teknolojiler, Editörler: Baysal, T., İçier, F., Nobel, Ankara, s. 249-260.
- Yoğurtçu, H. 2014.** Mikrodalga fırında limon kurutma: Knetiği ve modellenmesi. *Fırat Üniv. Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(1): 27-33.
- Yücel, P. 2010.** Kıymada ışınlama ve baharat ilavesinin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerindeki hasar etkisi. *Doktora Tezi*, AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Yüksel, F. 2013.** Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2): 29-38.
- Zimmermann, U. 1986.** Electrical breakdown, electroporation and electrofusion. *Reviews of Physiology, Biochemistry and Pharmacology*, 105: 176-256.
- Zorba, Ö., Kurt, Ş. 2005.** Yüksek basınç uygulamalarının et ve et ürünleri kalitesi üzerine etkisi. *YYÜ Vet Fak Dergisi*, 16(1): 71-76.
- Wekhof, A., Trompeter, F.J., Franken, O. 2001.** Pulse UV disintegration (PUVD): A new sterilization mechanism for packaging and broad medical-hospital applications. Preceedings of the First International Conference on Ultraviolet Technologies, 14-16 Haziran 2001, Washington, DC, USA.
- Wesierska, E., Trziszka, T. 2007.** Evaluation of the use of pulsed electrical fields as a factor with antimicrobial activity. *Journal of Food Engineering*, 78: 1320-1325.

Wongsa-Ngasri, P., Sastry, S.K. 2015. Effect of ohmic heating on tomato peeling.
Food Science and Technology, 61: 269-274.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Azime ÖZKAN KARABACAK

Doğum Yeri ve Tarihi : Afyonkarahisar/ 29.09.1989

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Sandıklı Anadolu Lisesi (2003-2007)

Lisans : Pamukkale Üniversitesi (2008-2012)

Yüksek Lisans : Pamukkale Üniversitesi (2012-2015)

Uludağ Üniversitesi (2015-)

Çalıştığı Kurum : Uludağ Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

Araştırma Görevlisi (2015-)

İletişim : azimeozkan@uludag.edu.tr

Yayınlar :

Tülek, Y., Özkan, A., Gençdağ, E., Demiray, E. 2014. The effects of blanching methods on some quality parameters of selected frozen green vegetables. Novel Approaches in Food Industry, 26-28 Mayıs 2014, Kuşadası, Aydın. (Poster bildirisi).

Özkan Karabacak, A., Özcan Sinir, G., Suna, S. 2015. Mikrodalga ile kurutmanın çeşitli meyve ve sebzelerin kalite parametreleri üzerine etkisi. Pamukkale Gıda Sempozyumu III, 13-15 Mayıs 2015, Pamukkale Üniversitesi, Denizli. (Poster bildirisi).

Özkan Karabacak, A., Özcan Sinir, G., Suna, S. 2015. Isıl olmayan yeni tekniklerin balın kalite faktörleri üzerine etkileri. Uluslararası Gıda Güvenliği ve Otantisite Kongresi, 21-22 Mayıs 2015, İstanbul. (Poster bildirisi).

Özcan Sinir, G., Özkan Karabacak, A., Özak, D.B. 2015. Balda kullanılan taşıyıcı tespit yöntemlerine genel bir bakış. Uluslararası Gıda Güvenliği ve Otantisite Kongresi, 21-22 Mayıs 2015, İstanbul. (Poster bildirisi).

Özcan Sinir, G., Suna, S., Özkan Karabacak, A. 2015. Ballarda uçucu bileşen profiline dayalı coğrafi orijin tespiti. Uluslararası Gıda Güvenliği ve Otantisite Kongresi, 21-22 Mayıs 2015, İstanbul. (Poster bildirisi).

Projeler :

Dondurulmuş Parmak Patates Üretiminde Ultrases ve Asparajinaz Enzim Kullanımının Akrilamid İçeriği ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi (Proje No: 2013FBE032) Proje Yürütücüsü: Tülek, Y., Yardımcı Araştırmacılar: Özkan, A., Demiray, E. 2013.

