

**DONDURULMUŞ PARMAK PATATES ÜRETİMİNDE
HAŞLAMA İŞLEMİNDE BULUNAN GIDA PATOJENLERİNİN FARKLI
YÖNTEMLERLE DEKONTAMİNASYONU**

İSMAİL İŞÇİ

**ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS DERECESESİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE
GETİREREK JÜRİ ONAYINA SUNULAN YÜKSEK LİSANS TEZİ**

ARALIK 2014

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

.....
Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

.....
Prof. Dr. Ömer ZORBA

Bölüm Başkanı

Okuduğumuz bu tezin Yüksek Lisans derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

.....
Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hande Selen ERGE

.....

Doç. Dr. Seyhun YURDUGÜL

.....

Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR

.....

ÖZET

DONDURULMUŞ PARMAK PATATES ÜRETİMİNDE HAŞLAMA İŞLEMİNDE BULUNAN GIDA PATOJENLERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE DEKONTAMİNASYONU

İsmail İŞÇİ
Yüksek Lisans, Gıda Mühendisliği Bölümü
Tez Danışmanı: Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR

Aralık 2014, 72 sayfa

Bu çalışmada dondurulmuş parmak patates üretiminde haşlama suyunda bulunan gıda patojenlerinin farklı yöntemlerle dekontaminasyonu çalışılmıştır. Isıl işleme alternatif olarak termosonikasyon ve bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 bakterileri üzerindeki inaktivasyon etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada ısııl işlem ve termosonikasyon 40°, 50° ve 60°C 'de ve 15 dakika süreyle uygulanmıştır. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımı ise 25°, 40°, 50° ve 60°C' de 1 dakika süreyle uygulanmıştır.

Temosonikasyonun bakterileri inhibe edici etkisini, ısııl işlemin tek başına uygulandığında herhangi bir mikrobiyal inaktivasyonun görülmediği 40°C gibi düşük sıcaklıklarda da gösterdiği tespit edilmiştir. Yeterli sürede uygulandığında ısııl işlemin bakterileri tek başına inhibe etmeye yeterli olduğu 60°C sıcaklıkta ise

termosonikasyonun inaktivasyon süresini azalttığı belirlenmiştir. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulaması ile bakteri sayılarında 40° ve 50°C’de 1 dakika gibi kısa bir sürede 2 - 8 log kob/mL arası azalma gerçekleşmiştir. Uygulama sıcaklığı 60°C olduğunda ise 1 dakika sonunda tüm patojenleri inhibe etmiştir. Dolayısıyla, hem uygulama süresini kısaltması, hem de inhibisyon yeterliliği açısından patojenlerin inaktivasyonunda bitkisel sıvı ekstrakt karışımının oldukça etkili olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dondurulmuş parmak patates, gıda kaynaklı patojen bakteri inaktivasyonu, termosonikasyon, ısıl işlem, bitkisel sıvı ekstrakt

ABSTRACT

DECONTAMINATION OF FOODBORNE PATHOGENS BY DIFFERENT METHODS DURING BLANCHING PROCESS OF FROZEN FRENCH FRIES

İŞÇİ, İsmail

Master of Science, Department of Food Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. İbrahim ÇAKIR

December 2014, 72 pages

The objective of this research was to study the decontamination of foodborne pathogens by different methods in blanching process water of frozen french fries potatoes. Efficiency of commercial liquid herbal extracts and thermosonication, which is an alternative method to conventional thermal treatment, for the bacteria such as *Salmonella* Typhimurium, *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 were evaluated.

In this study, thermal treatment and thermosonication were investigated at 40°, 50°, 60°C for 15 minutes, respectively. And in addition, the effect of commercial liquid herbal extracts were investigated at 25, 40, 50, 60°C for 1 minute.

Thermosonication was effective on inactivation of foodborne pathogens at 40°C, at which thermal treatment showed no microbial inactivation effect when used alone. Thermosonication was reduced treatment time when compared with conventional thermal treatment at 60°C, at which thermal treatment alone is effective on

inactivation of bacteria when used for enough time. Liquid herbal extracts treatment showed 2-8 log cfu/ mL reduction of foodborne pathogens at 40°C and 50°C in 1 minute. When heat treatment was 60°C liquid herbal extracts inactivated all foodborne pathogens. Accordingly, it is observed that treatment of liquid herbal extracts is effective on both inactivation of foodborne pathogens and reduction treatment time.

Keywords: Frozen french fries, thermal treatment, liquid herbal extract, inactivation of foodborne pathogens, thermosonication

TEŞEKKÜR

Bu tezin her aşamasında büyük emeği geçen, her konuda her zaman yardımcı olan, yol gösteren ve destek olan değerli danışman hocam Doç. Dr. İbrahim ÇAKIR' a,

Ultrasonikasyon cihazı kullanma imkanı sağlayan Doç. Dr. Hande Selen ERGE' ye,

Mikrobiyolojik analizlerde yardımlarını esirgemeyen Uzman M. Fatih İŞLEYEN ve Ayla EYİ GENCAN'a,

İstatistiksel analizlerde desteğini esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hülya YAMAN'a,

Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının temininde ve kullanım konusunda her türlü desteği sağlayan ASATİM A.Ş. ve Selman ŞENER'e ,

Çalışmada materyal olarak kullanılan dondurulmuş parmak patates haşlama suyunun teminini sağladığımız BOLPAT BOLU PATATES SANAYİ TİC. A.Ş.'ye,

Ve çalışmam boyunca bana sağladıkları motivasyon, gösterdikleri sabır ve maddi-manevi desteklerini bir an olsun esirgemeyen aileme, sevgili eşim Ahsen'e ve minicik kızım Şebnem'e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
1.GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Dondurulmuş Parmak Patates	5
2.2. Alternatif Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri.....	8
2.2.1. Ultrasonikasyon	9
2.2.1.1. Gıdalarda ultrasonikasyon uygulamaları.....	10
2.2.1.2. Ultrasonikasyonun fiziksel ve kimyasal etkisi ve mikrobiyal inaktivasyon	12
2.2.1.3. Ultrasonikasyonun etkinliğinde rol oynayan faktörler.....	17
2.2.1.4. Ultrasonikasyon yöntemleri	17
2.2.1.4.1. Ultrasonikasyon (US)	17
2.2.1.4.2. Termosonikasyon (TS)	18
2.2.1.4.3. Manosonikasyon (MS)	18
2.2.1.4.4. Manotermosonikasyon (MTS)	18
2.2.1.5. Ultrasonikasyonla mikroorganizma inaktivasyonu.....	20
2.2.2 Bitkisel sıvı ekstrakt uygulaması	23

3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.2. Yöntem	26
3.2.1. Test organizması ve besiyerleri	26
3.3. Mikrobiyolojik İnaktivasyon Denemeleri	27
3.3.1. <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyon denemesi.....	27
3.3.2. <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyon denemesi	27
3.3.3. <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyon denemesi.....	28
3.4. Termosonikasyonla Mikrobiyal İnaktivasyon.....	28
3.5. Isıl İşlem Uygulaması ile Mikrobiyal İnaktivasyon	30
3.6. Bitkisel Sıvı Ekstrakt Uygulaması ile Mikrobiyal İnaktivasyon.....	31
3.7. İstatistiksel Analizler	31
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
4.1. Uygulanan Farklı Yöntemlerin <i>S. Typhimurium</i> İnaktivasyonu Üzerine Etkileri	33
4.1.1. Isıl işlem uygulamasının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi .	33
4.1.2. Termosonikasyon uygulamasının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	34
4.1.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	36
4.1.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması	37
4.1.5. <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri	40
4.2. Uygulanan Farklı Yöntemlerin <i>L. monocytogenes</i> İnaktivasyonu Üzerine Etkileri	42
4.2.1. Isıl işlem uygulamasının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi	42
4.2.2. Termosonikasyon uygulamasının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	44

4.2.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	45
4.2.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması	46
4.2.5. <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri	49
4.3. Uygulanan Farklı Yöntemlerin <i>E. coli</i> O157:H7 İnaktivasyonu Üzerine Etkileri	51
4.3.1. Isıl işlem uygulamasının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi..	51
4.3.2. Termosonikasyon uygulamasının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	53
4.3.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	55
4.4.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması	56
4.4.5. <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri	60
5. SONUÇ	63
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Ses frekans aralıkları.....	10
Şekil 2.2. Isıtılan ve ultrasonikasyon uygulanan süt ile üretilmiş geleneksel yoğurdun elektromikroskop görüntüleri	11
Şekil 2.4. Kavitasyon mekanizması ve serbest radikallerin oluşumu	14
Şekil 2.5. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> ATCC 4113 hücrelerinde ultrasonikasyon sonucu oluşan kavitasyonun etkilerinin elektron mikroskopuyla taranmış görüntüsü	15
Şekil 2.6. Elektron mikroskop görüntüleri: (A) <i>Enterobacter aerogenes</i> , (C) <i>Bacillus subtilis</i> ve (D) <i>Staphylococcus epidermidis</i> önce (1) ve sonra (2, 3, 4) ultrasonikasyon, (B) <i>Enterobacter aerogenes</i> , önce (1) ve sonra (2, 3, 4) H ₂ O ₂ eklenmiş	16
Şekil 2.7. Elektron mikroskopu ile görüntülenmiş <i>E. coli</i> K12 hücreleri.....	19
Şekil 3.1. Ultrasonikasyon cihazı.....	30
Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi	34
Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	36
Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkileri.....	38
Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi	43
Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkileri	48
Şekil. 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi	53

Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	54
--	----

Şekil 4.9 Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtım işlem ve termosonikasyon uygulamalarının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkileri.....	57
---	----

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 4.1. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtıl işlemin <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	34
Çizelge 4.2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	35
Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	37
Çizelge 4.4. <i>S. Typhimurium</i> miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti	41
Çizelge 4.5. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin <i>S. Typhimurium</i> inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	42
Çizelge 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtıl işlemin <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	43
Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	455
Çizelge 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonu üzerine etkisi.....	468
Çizelge 4.9. <i>L. monocytogenes</i> miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti	500
Çizelge 4.10. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin <i>L. monocytogenes</i> inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	511
Çizelge 4.11. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıtıl işlemin <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	522
Çizelge 4.12 Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	544
Çizelge 4.13. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi.....	555
Çizelge 4.14. <i>E. coli</i> O157:H7 miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti.	600
Çizelge 4.15. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin <i>E. coli</i> O157:H7 inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları	622

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

kHz	Kilohertz (Bir saniyede bin titreşimi olan elektromanyetik dalga boyu ölçüsü birimi)
µm	Mikrometre
MHz	Megahertz
kPa	Kilopaskal
US	Ultrasonikasyon
MS	Manosonikasyon
TS	Termosonikasyon
MTS	Manotermosonikasyon
UV	Ultraviyole
D değeri	Desimal azalma süresi (belirli bir sıcaklıkta bakterileri popülasyonun %90'ını inaktive etmek ya da öldürmek için gerekli süre)
P	Anlamlılık düzeyi
R ²	Determinasyon belirleme katsayısı
F	F değeri

1.GİRİŞ

Değişen yaşam koşullarıyla birlikte insanlar daha çok işlenmiş gıdalar tüketmektedir. Tüketicilerin tercihleri; eğitim seviyeleri, yaşları, sağlık durumları, yaşadıkları çevre ve yaşam standartları gibi birçok etmene bağlı olarak değişmekle birlikte, insanlar genel olarak doğala yakın ve minimum işlem görmüş gıdaları tercih etmektedir.

Isıl işlem binlerce yıldır gıdaların hazırlanmasında kullanılmakla birlikte, klasik ısı işlem uygulamaları sonucu gıdalarda ortaya çıkan fiziksel ve kimyasal değişimler, gıda endüstrisini gıdaların hazırlanması ve korunmasında besin içeriğine minimum değişikliğe neden olacak ısı olmayan yeni muhafaza teknikleri geliştirmeye zorunlu kılmaktadır. Bununla beraber ısı olmayan teknolojilerin yerine kullanılacak tekniklerin; bozulmalara sebep olan mikroorganizmaları inaktive ederek, güvenli gıda ömrü sağlama, besinsel özellikleri değiştirmeme, artık ve tortu bırakmama, ucuz ve uygulaması kolay olma, yasal düzenlemelere uygun özellikler taşıma gibi diğer özelliklerini de taşıyor olması gerekmektedir (Mertens ve Knorr, 1992; Barbosa Canovas ve ark., 1998). Bu maksatla gıda endüstrisinde termal proseslere alternatif olarak kullanılan non-termal proseslerden bazıları; ışınlama, atımlı elektrik alan, atımlı ışık, mikrofiltrasyon, Statik ve Hareketli Manyetik Alan, ultraviyole ışığı, yüksek basınç ve ultrasonikasyondur (Piyasena, 2003).

Son on yıldır ultrasonikasyonun gıda muhafazasında geleneksel yöntemlerle birlikte veya tamamen geleneksel yöntemlere alternatif olarak kullanılması konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu metot işlem süresini ve enerjiyi azaltıp gıdaların raf ömrünü uzattığı için bilim adamlarının dikkatini çekmektedir (Ercan ve Soysal,

2011). Ultrasonikasyon gıda proseslerinde enzimlerin inaktivasyonunda, ekstraksiyonda, köpük gidermede, pişirmede, kurutmada, filtrasyonda ve pastörizasyon-sterilizasyon gibi birçok farklı amaçla kullanılmaktadır.

Ultrasonikasyon; gıda proseslerinde mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla, kavitasyona neden olan yüksek güçlü - düşük frekanslı yani 20-100 kHz aralığındaki frekanslarda kullanılmaktadır (Salazar ve ark., 2010; Muthukumarappan ve ark., 2010). Ultrasonikasyonun antimikrobiyal etkisi, öncelikli olarak hücre membranını inceltip geçirgenliğini artıran, seçiciliğini azaltan (Sams ve Feria, 1991), lokal ısınmalara neden olan (Suslick, 1998) ve serbest radikallerin oluşumuna neden olan hücre içi akustik kavitasyona bağlanmaktadır (Fellows, 2000; Butz ve Tauscher, 2002). Ultrasonikasyon uygulamalarında mikrobiyal inaktivasyon verimliliğini; mikroorganizma türü, gıdanın kompozisyonu gibi pek çok faktör etkilemektedir. Ultrasonikasyon ısı ve / veya basınçla birlikte kullanıldığında ise gıdada bulunan mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunda sinerjistik etki oluşturmaktadır (Ercan ve Soysal, 2011). Food and Drug Administration (FDA), ultrasonikasyon uygulamalarının gıdalar için ümit vadeden bir muhafaza yöntemi olduğunu, ancak uygulanabilirliği açısından araştırmaların artırılması gerektiğini bildirmektedir (Anonymus, 2000).

Gıda endüstrisinde mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılan diğer alternatif gıda muhafaza yöntemi ise bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulamasıdır. Bitki ekstraktları ve baharatlar gıdalara aroma ve tat verme özelliğinin yanı sıra aynı zamanda antimikrobiyal ve antioksidan etkileriyle gıdaları korumakta ve raf ömürlerini uzatmaktadır. Yapılan birçok çalışmada doğal olarak yetişen bitkilerin gövde, yaprak, tohum ve köklerinde birçok mikroorganizmanın büyümesini inhibe edebilecek maddeler izole edilmiş, bu maddeler mikroorganizmalar üzerine

denenmiş ve aktiviteleri rapor edilmiştir (VanderVijver ve Lötter, 1971; Acharya ve Chatterjee, 1975; Deans ve Svoboda,1989).

Dondurulmuş parmak patates üretiminde haşlama işlem sıcaklık ve süreleri laboratuvar şartlarında, mikroorganizmaların inaktivasyonu için yeterli olmasına rağmen yaptığımız mikrobiyolojik analizler ve daha önceden yapılan dış laboratuvar analiz sonuçlarının öyle olmadığı görölmüştür. Haşlama sularında yeterince mikroorganizma inaktivasyonu sağlanamamasının; ortamdaki mikroorganizma yükünün çok fazla olmasından, ortam bileşimindeki kirlilik unsurlarının fazla oluşundan ve ısı iletimini engelleyecek katı partiköl yoğunluğunun fazla oluşundan kaynaklandığı düşünölmektedir.

Dondurulmuş parmak patates, tüketime hazır gıda olmasa da son ürün mikrobiyolojik yükü önemlidir. Nitekim; Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine göre zaten dondurulmuş parmak patatesin *Salmonella* serotipleri, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 içeriğinin 0 olması gerekmektedir. Bu nedenle bu çalışmada mikrobiyel stabiliteyi sağlamak için ısıl işleme alternatif olarak termosonikasyon (ısı ve ultrasonikasyonun birlikte kullanılması) ve bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulamalarının dondurulmuş parmak patates haşlama suyunda bulunan *Salmonella* Typhimurium, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 bakterileri üzerindeki inaktivasyon etkileri değerlendirilmiştir.

Çalışmada termosonikasyon uygulamasında 20 kHz sabit frekans, 200 W maksimum çıkış gücü ve 13 mm çapında bir prob kullanılmıştır. Termosonikasyon uygulaması %60 genlik değerinde yani 72µm de uygulanmıştır. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamaları 40°, 50°, 60°C de ve 3, 6, 9, 12, 15 dakika süreyle uygulanmıştır.

bitkisel sıvı ekstrakt karışımı ise 25°, 40°, 50°, 60°C de 1 dakika süreyle uygulanmıştır.

Çalışma sonuçlarının; mikrobiyel inaktivasyon etkileri araştırılan yöntemlerin, gıda güvenliğinin sağlanması için alternatif olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi açısından çok yararlı olacağı düşünülmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Dondurulmuş Parmak Patates

Patates, *Solanum tuberosum* türüne giren kültür bitkilerinin yumrularıdır ve yüksek nişasta içeriğinden dolayı insan beslenmesinde rolü olan karbonhidratların önemli bir kaynağıdır. Ayrıca mineral maddelerce ve bazı vitaminlerce de zengin bir bileşime sahiptir. Patates yumruları % 20-30 civarında nişasta, % 2 civarında protein, B1, B2 ve C vitaminleriyle bazı mineral maddeleri içermektedir (Übeyitoğulları, 2005).

Ucuzluğu, birim alandan fazla verim sağlaması, besin değerinin yüksek olması, sindirim kolaylığı, çeşitli şekillerde kullanılması ile dünyanın kutuplar dışında hemen her yanında bilinen ve dünya nüfusunun önemli bir bölümünün beslenmesinde etli ve taze yumrularıyla başlıca gıda maddesi durumunda olan bir çapa ve sanayi bitkisidir (Altun, 1996).

Yenidünya bitkisi olarak adlandırılan patatesin, anavatanı olan Güney Amerika'daki And dağlarının yüksek yaylalarından dünyaya yayıldığı ileri sürülmektedir. İlisulu (1957)'ya göre patates 1850 yılında Rusya'dan Kafkasya yolu ile Türkiye'ye girmiş ve ilk olarak Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgesi yaylalarında yetiştirilmiştir. Bir asır kadar önce de Avrupa üzerinden batı yörelerimize girdiği bilinmektedir. Günümüzde ise yurdumuzun hemen her yerinde yetiştirilebilmekle beraber özellikle Doğu ve Orta Anadolu Bölgelerimizde önemli durumdadır.

FAOSTAT 2014 verilerine göre Dünya'da 18.6 milyon hektar alanda 364.808.768 ton üretimi yapılmakla birlikte patates üretimi yapan ülkeler içinde ilk sırayı Çin almaktadır. Çin; 85.920.000 ton üretim ile dünya üretiminin 1/5'ini tek başına

gerçekleştirmektedir. Bu ülkeyi sırasıyla; Hindistan, Rusya, Ukrayna, ABD, Almanya ve Polonya izlemektedir. Dünya patates üretiminde önde gelen bu 7 ülke dünya üretiminin yarısından fazlasını karşılamaktadır.

Türkiye, 4.822.000 ton üretimle dünya patates üretiminde 13. sırada yer almaktadır (FAOSTAT, 2014). Ülkemiz İran'dan sonra Ortadoğu'nun en büyük üreticisidir. Dünya patates verimi 1613 kg/da'dır. Ülkemizdeki patates verimi ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) rakamlarına göre 3078 kg/da olup, dünya ortalamasından yüksektir. Dünya patates tüketiminin önemli bir bölümü üretici ülkelerde tüketilmekte, ancak çok küçük bir bölümü uluslararası ticarete konu olmaktadır.

İşlenmiş patates ürünlerinin önemli bir kısmını kızarmış patates ürünleri oluşturmaktadır. Dünya'da patatesin % 31'i yemeklik patates, % 30'u dondurulmuş parmak patates, % 12'si patates cipsine işlenmektedir (Miranda ve Aguilera, 2006). Dünya genelinde gelişmiş ve gelişen ülkelerde sofralık taze patates tüketimi azalırken endüstriyel patates ürünleri tüketimi hızla artmaktadır. Özellikle dondurulmuş patates ürünleri ve patates cipsi tüketimi artış gösterirken Amerika ve Hollanda da toplam patates üretiminin % 60-65'i endüstride katma değeri yüksek ürünler olarak işlenmektedir. Türkiye'de ise hem dondurulmuş patates hem de cips tüketimi büyüme potansiyeli taşımaktadır.

Günümüzde tüketim alışkanlıklarının değişmesiyle birlikte dondurulmuş parmak patates tüketimi giderek artmaktadır. Tüketimin büyük kısmı da ev tüketiminden ziyade hazır yemek sektörü özellikle de fast food zincir restoranları tarafından yapılmaktadır. 2014 yılı itibariyle Türkiye'de 200 bin ton dondurulmuş parmak patates üretme kapasitesine sahip yedi tesis bulunmaktadır. Bu tesislerin 2013 yılı

toplam üretim miktarı 140.000 ton ve kapasite kullanım oranı da % 70 olarak gerçekleşmiştir (Pehlivan, 2014).

Dondurulmuş parmak patates üretiminde öncelikle yıkama, soyma, ayıklama ve belirli boyutlarda dilimleme işlemi yapılır. Bu aşamalardan sonra öncelikle dilimler, enzimlerin inaktive olması ve dilimlerin kısmen pişirilmesi amacı ile haşlama işlemine tabi tutulur. Haşlama sıcaklığı ve süresi, fazla şeker içeriğinin azaltılması ve kızartma işlemi sonrasında dilimlerde benzer açık, altın sarısı rengin elde edilmesi amacı ile gerekli düzeyde ayarlanır. Daha sonra kurutma, ön kızartma ve şoklama işlemleri yapıldıktan sonra paketlenip soğuk depolarda muhafaza edilmektedir (Mosley, 2014).

Haşlama işlemi iki aşamada gerçekleşir. Birinci aşama, yüksek sıcaklıkta (80°C) kısa sürelidir, enzimlerin (polifenol oksidaz, peroksidaz) inaktif hale gelmesi işlemi bu aşamada gerçekleşir. İkinci aşama, daha düşük sıcaklıkta (65°C) uzun süreli uygulanmaktadır ve indirgen şeker içeriğinin kontrolü bu aşamada sağlanır. Aynı zamanda haşlama sıcaklığı ve süresi son ürün tekstürüne de etki etmektedir (Liu, 2007).

Dondurulmuş parmak patates üretimi haşlama işlemi sıcaklık ve süreleri laboratuvar şartlarında, mikroorganizmaların inaktivasyonu için yeterli olmasına rağmen yaptığımız mikrobiyolojik analizler ve daha önceden yaptırılan dış laboratuvar analiz sonuçlarının öyle olmadığı görülmüştür (verilere yer verilmemiştir). Örneğin haşlama suyundan yaptığımız ön analizlerde toplam mezofil bakteri sayısı 10^5 kob/g bulunmuş ayrıca *L. monocytogenes* ve toplam mezofil koliform bakteri varlığı pozitif bulunmuştur.

Mikroorganizmaların ısı dirençleri üzerine çevresel etkenlerin önemi çok büyüktür (Condon ve ark., 2005). Haşlama sularında yeterli mikrobiyal inaktivasyon sağlanamamasının; ortamdaki mikroorganizma yükünün çok fazla oluşundan, ortam bileşiminden ve ısı iletimini engelleyecek katı partikül yoğunluğunun fazla oluşundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Dondurulmuş parmak patates tüketime hazır gıda olmasa da son ürünün mikrobiyolojik yükü önemlidir. Nitekim Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğine göre zaten dondurulmuş parmak patatesin *Salmonella* serotipleri, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 içeriğinin 0 olması gerekmektedir. Bu nedenle; dondurulmuş parmak patates üretimi haşlama sularında mikrobiyal kaliteyi sağlamak için alternatif yöntemler denenmiştir.

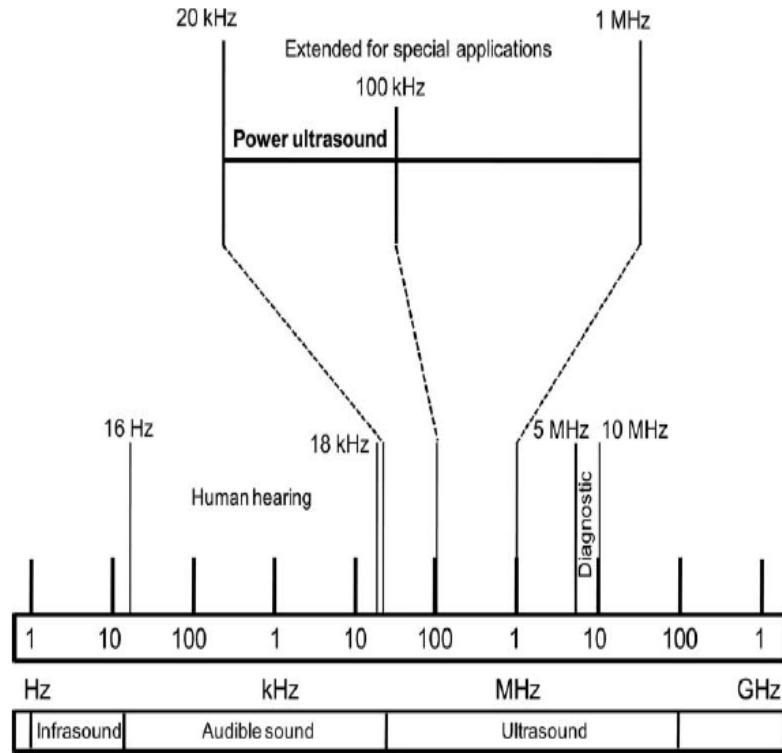
2.2. Alternatif Mikrobiyal İnaktivasyon Yöntemleri

Gıda endüstrisinde koruyucu ve katkılardan uzak, mikrobiyal ve besinsel kalitesi yüksek ürün geliştirme çabası tüketicilerin beğenileriyle beraber günden güne artmaktadır. Pastörizasyon ve sterilizasyon gıdalardaki mikroorganizmaları inaktive etmede en yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Bunun yanında gıda kalitesine ve besin içeriğine verdiği hasarlar alternatif metotlara yöneltmektedir (Piyasena ve ark., 2003). Isıl işlem sonunda gıdalarda istenmeyen yapı, tat, aroma, koku, renk ve besinsel kalitede düşüş meydana gelebilmektedir. Tüketiciler ise günümüzde daha çok yüksek kalitede besinsel ve duyuşsal özelliklere sahip minimum işlem görmüş gıdalara rağbet etmektedir (Demirdöven ve Baysal, 2009). Bu durum, gıdalardaki mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu için termal proseslere alternatif ısı işlem gerektirmeyen gıda muhafaza yöntemleri üzerinde çalışılması gereksinimini gündeme getirmiştir. Isıl işleme alternatif olacağı düşünülen yöntemlerin, enerji

gereksinimi az, dolayısıyla daha ekonomik ve çevreyle barışık, temiz enerji kaynaklı olması gerekmektedir (Piyasena ve ark., 2003). Gıda endüstrisinde ısıtma işleme alternatif olarak kullanılan yöntemlerden bazıları; ısıtma, atımlı elektrik alan, atımlı ışık, mikrofiltasyon, statik ve hareketli manyetik alan (SMF ve OMF), ultraviyole ışığı, yüksek basınç ve ultrasonikasyondur (Piyasena, 2003).

2.2.1. Ultrasonikasyon

Ultrases (ultrasound) en basit tanımlama ile insan kulağının duyabileceği frekansın üzerinde (>16 kHz), frekansı 20 kHz ya da daha fazla olan yani saniyede 20.000 ve üzeri titreşim veren ses dalgalarıyla oluşan enerjidir (Butz and Tauscher, 2002). Ultrasonikasyon cihazları genellikle 20kHz-10MHz'lik frekanslarda kullanılmaktadır (Knorr ve ark., 2011). Şekil 2.1' de ses frekans aralıkları görülmektedir.



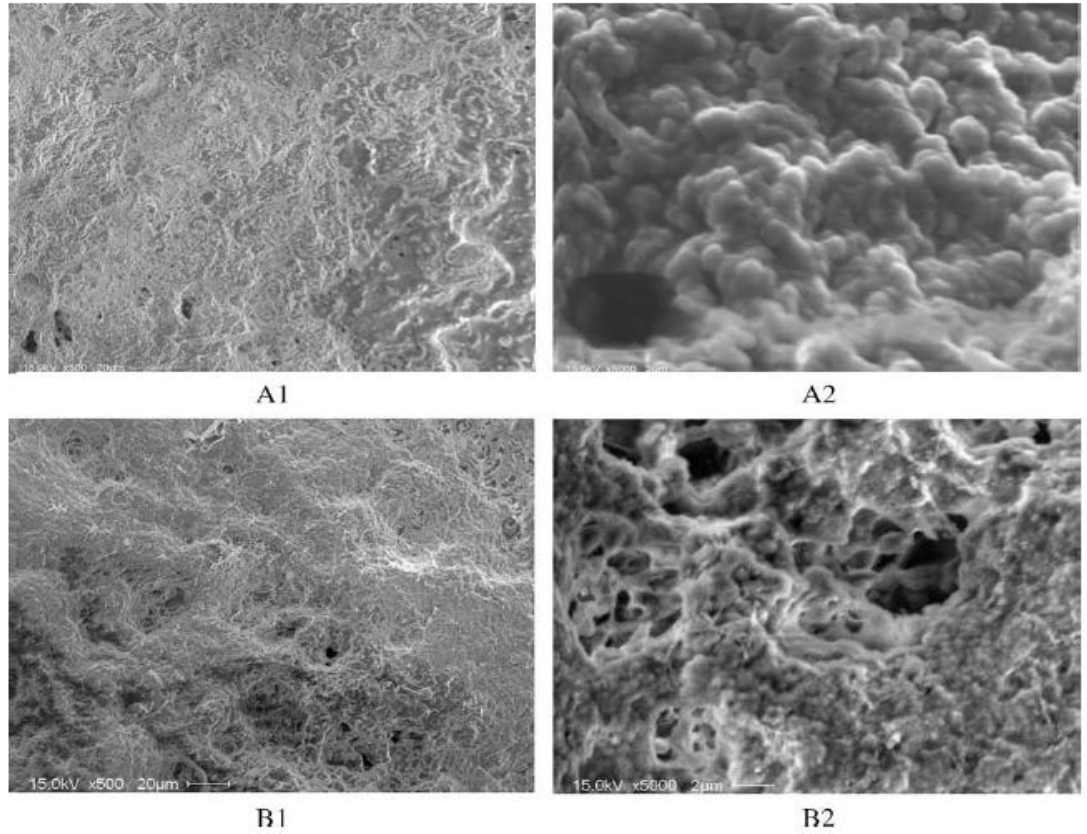
Şekil 2.1. Ses frekans aralıkları; sesötesi (infrasound) (1 Hz-16 Hz), insanın işitebildiği (16 Hz-18 kHz), güçlü ultrasound (power ultrasound) (20 kHz-100 kHz) , özel uygulamalarda kullanılan frekans aralığı (20 kHz-1 MHz), tanısal ve teşhis frekans aralığı (5 MHz-10 MHz) (Rastogi, 2011).

2.2.1.1. Gıdalarda ultrasonikasyon uygulamaları

Ultrasonikasyon işlemi gıda endüstrisinde uygulama alanı açısından düşük ve yüksek yoğunluklu (güçlü) ultrasonikasyon olarak iki kategoride incelenmektedir (Weiss ve ark, 2011).

Düşük yoğunluklu ultrasonikasyon uygulamaları, 1 W/cm^2 'nin altındaki enerji yoğunluğu ve 100 kHz'in üstünde frekans değerine sahiptir. Düşük frekans elde etmek için az enerji kullanıldığı için gıda ürünü fiziksel ve kimyasal herhangi bir önemli değişikliğe neden olmazlar. Gıda endüstrisinde, ürünün bileşimi, yapısı ve fiziki hali gibi fizikokimyasal özelliklerinin analitik olarak izlenmesinde kullanılırlar

(Jayasooriya 2004, Knoor 2003, McClements 2005). Düşük güçlü ultrases işlemi gıda ürünlerinde ve içeceklerde şeker ve alkol oranı, ette yağ oranı, meyve ve sebzelerin karakterizasyonu, yumurtanın kalitesi, peynirlerin mekanik özellikleri, bisküvinin tekstürü, sütün koagülasyonu, şarapta fermentasyon kontrolü, kavunun şeker içeriği ve hamurun fermantasyonunun kontrolü gibi amaçlarla kullanılmaktadır (Muthukumarappan ve ark, 2010; Awad ve ark, 2012; Chandrapala ve ark, 2012). Riener ve ark. (2009) Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ultrasonikasyonla ısıtılan sütle yapılan geleneksel yoğurdun sıkı yapısının ve viskozitesinin ısıl işlemle ısıtılan sütle yapılan yoğurda göre arttığını ve ultrasonikasyonla homojenizasyonunun tek operasyonla sağlandığını tespit etmişlerdir.



Şekil 2.2. (A) ısıtılan ve (B) ultrasonikasyon uygulanan süt (%1.5 yağlı) ile üretilmiş geleneksel yoğurdun elektromikroskop görüntüleri (Riener ve ark., 2009)

Gıda proseslerinin mikroorganizma inaktivasyonu amacıyla kullandığı kavitasyona neden olan “Power Ultrasound” (20-100 kHz) dur (Piyasena et al., 2003). Yüksek güçlü-düşük frekanslı ultrasonikasyon işlemi 20-100 kHz aralığındaki frekanslarda ve 10-1000 W/cm² enerji yoğunluğunda kullanılmaktadır (Salazar ve ark., 2010; Muthukumarappan ve ark., 2010). Yoğun kavitasyon oluşumu ile materyalde değişimlere neden olan uygulamalardır. Gıda endüstrisinde; biyolojik hücrelerin dağıtılmasında, emülsiyon yapımında, kurutmada, karıştırmada, enzim ve proteinlerin ekstraksiyonunda, enzim inaktivasyonunda ve mikrobiyal inaktivasyonda kullanılmaktadır (Knorr ve ark., 2004; Salazar ve ark., 2009).

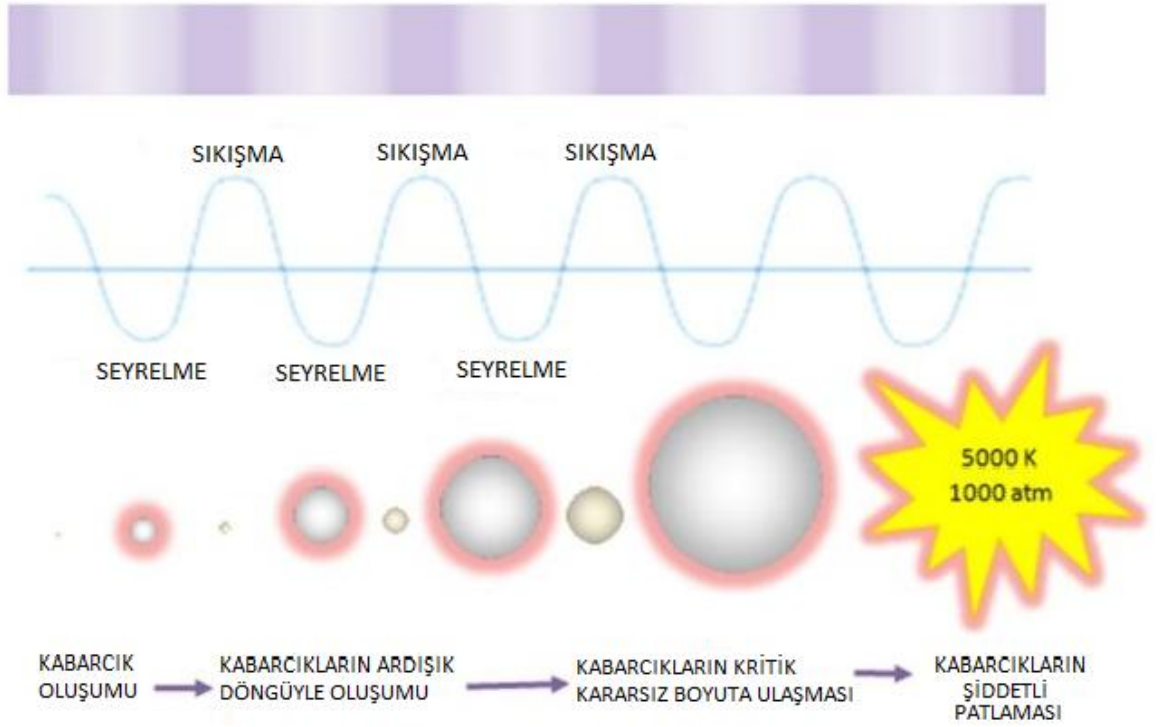
Gıda endüstrisinde ultrasonikasyonun diğer uygulamalara göre en büyük avantajı ses dalgalarının güvenli olması, toksik olmaması ve çevreyle dost olmasıdır (Kentish ve Ashokkumar., 2011).

2.2.1.2. Ultrasonikasyonun fiziksel ve kimyasal etkisi ve mikrobiyal inaktivasyon

Denizaltı tatbikatlarında oluşan ses dalgalarının balıkları öldürdüğü keşfedilmiştir. İnaktivasyon metodu olarak ultrasonikasyonun araştırılmasına 1960’larda başlanmış olsa da (Earnshaw et al., 1995) ultrasonikasyonun bakteri inaktivasyon etkisi ilk defa 1920’lerde tespit edilmiştir (Harvey ve Loomis, 1929).

Yüksek yoğunluklu ultrasonikasyon, sıvı ortamda yayılırken kavitasyon meydana gelmekte ve yüksek basınç bölgeleri oluşmaktadır. Kavitasyon olayı sırasında içleri gazla dolu yüksek enerjili küçük baloncuklar meydana gelmekte (Maisonhaute ve ark., 2002; Krefting ve ark., 2004; Leighton, 2007) ve sonikasyon devam ederken bu baloncuklar patlayarak, yüksek basınç ve sıcaklık oluşmaktadır (Harvey ve Loomis,

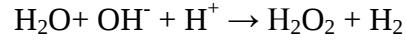
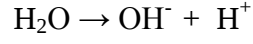
1929; Sala ve ark., 1995). Şok dalgaları kinetik enerjiye transfer edilerek bir ses dalgası ve titreşim oluşturmaktadır. Oluşan ses dalgası 570 km'lik hızla hareket etmektedir. Patlamalar nedeniyle, baloncüğün çevresindeki moleküllerin birbirlerine şiddetle çarpışmaları sonucu (Şekil 2.3) yüksek sıcaklık (5500°C) ve basınç (50MPa) noktaları oluşmaktadır (Leighton, 1998). Baloncukların patlamasıyla oluşan şok dalgaları hücre duvarını kırabilecek ve membranın yapısını bozabilecek kadar yeterli güçtedir (Fellows, 2000; Butz ve Tauscher, 2002).



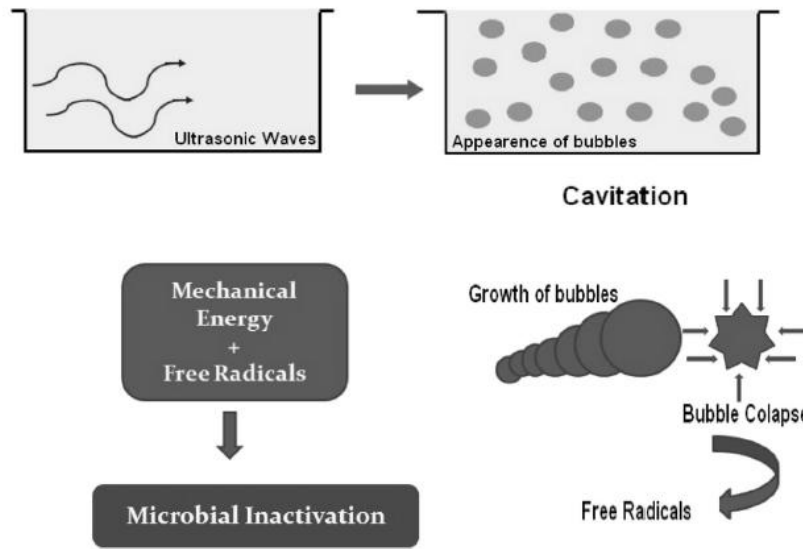
Şekil 2.3. Kavitasyon mekanizması (Blogs Nothingham, 2013)

Ultrasonikasyonun diğer bir antimikrobiyel etkisi de kimyasal etkisinden meydana gelmektedir. Yüksek frekanslı ultrasonikasyon uygulamasında düşük frekanslı ultrasonikasyon uygulamasından daha fazla oluşmakla birlikte, fiziksel etkinin yanında serbest radikaller de oluşmaktadır (Crum,1995). Kavitasyon sonucu oluşan baloncukların patlamasıyla açığa çıkan enerji kimyasal bağların kopmasına yeterlidir.

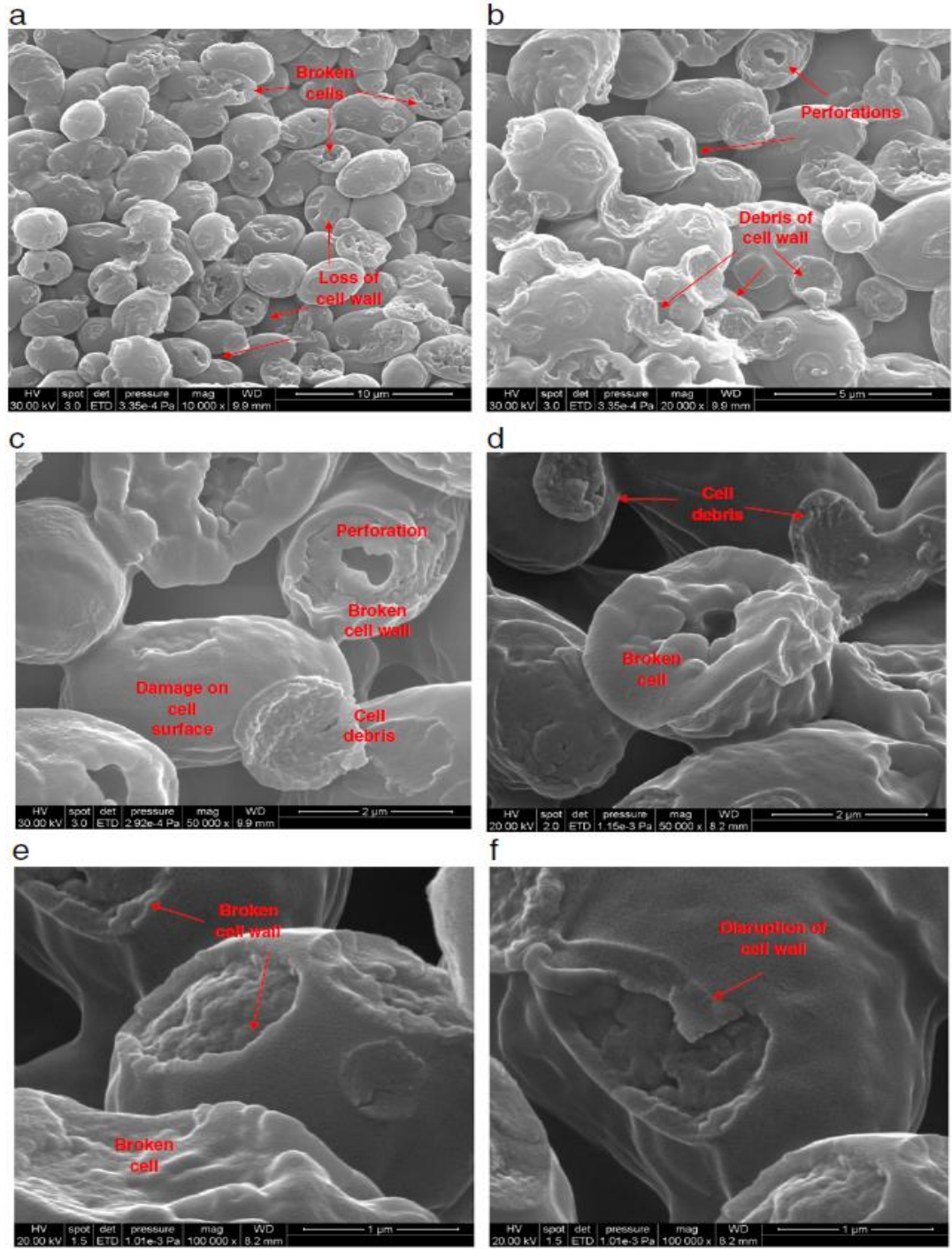
Serbest radikallerin hücredeki ilk hedefi DNA'dır ve zinciri çeşitli noktalardan kırarlar (Earnshaw, 1998). Uygulama ortamı eğer su ise; su molekülleri hidrojen atomlarına ve hidroksil radikallerine (OH⁻) parçalanır (Leignton,1994). (Şekil 2.4)



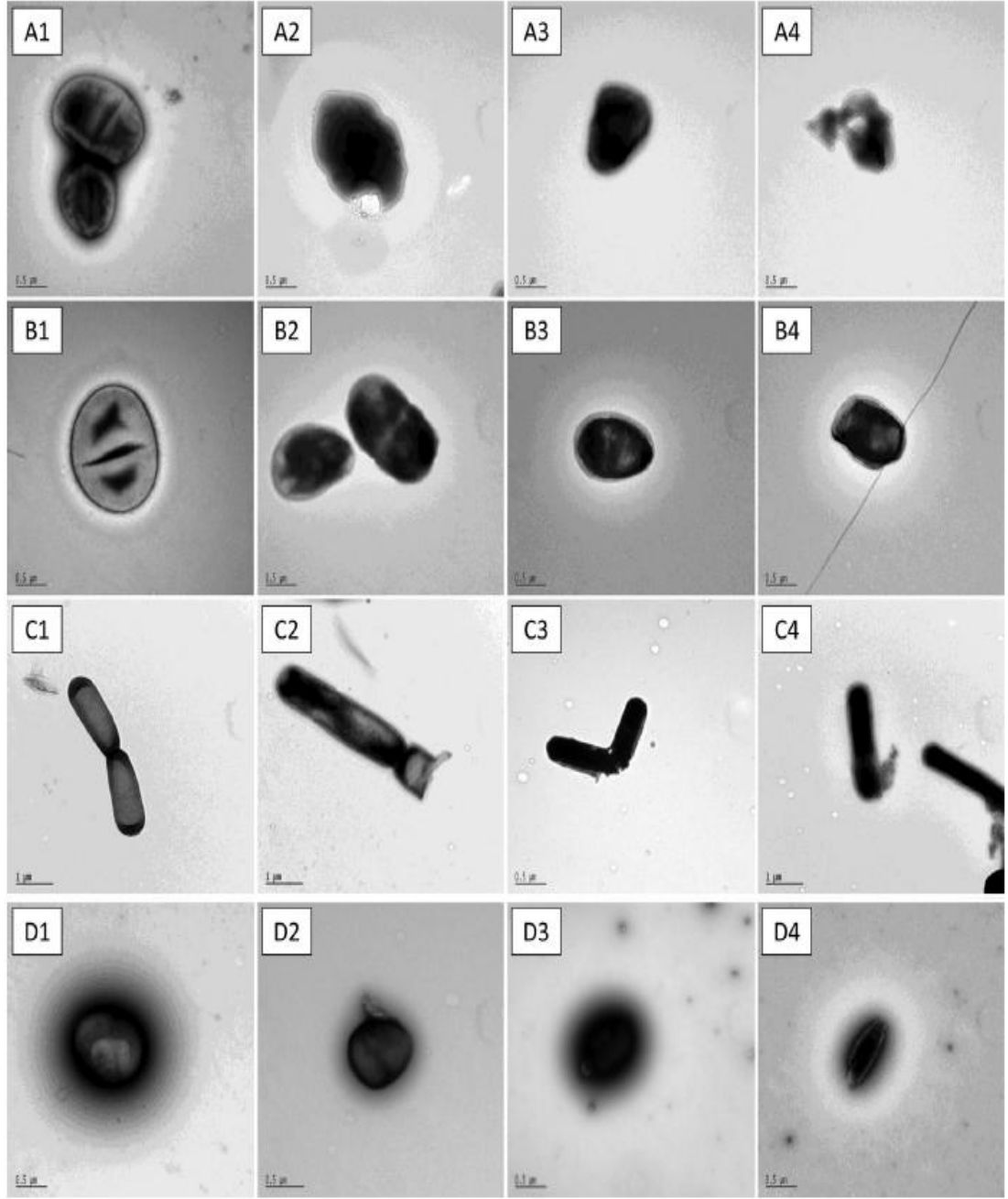
Serbest kalan bu hidroksil radikalleri hücre membranına hücum edebilir ve bu serbest radikallerin rekombinasyonlarıyla iyi bilinen bir bakterisid olan hidrojen peroksit oluşabilir (Al Bsoul ve ark., 2010; Joyce ve ark., 2011) .



Şekil 2.4. Kavitasyon mekanizması ve serbest radikallerin oluşumu (São José ve ark., 2014)



Şekil 2.5. *Saccharomyces cerevisiae* ATCC 4113 hücrelerinde ultrasonikasyon (120 μ m, 60°C, 30 dak) sonucu oluşan kavitasyonun etkilerinin elektron mikroskopuyla taranmış görüntüsü: (a) Yıkılmış hücre yapısı ve hücre duvarında hasar ; (b) hücre çökmesi ve delik); (c) ve (d) hücre çökmesi, delik ve yıkılmış hücre duvarı; (e) ve (f) yıkılmış hücre duvarı ve kırılmış hücre (Marx ve ark.,2011)



Şekil 2.6. Elektron mikroskop görüntüleri: (A) *Enterobacter aerogenes*, (C) *Bacillus subtilis* ve (D) *Staphylococcus epidermidis* önce (1) ve sonra (2, 3, 4) ultrasonikasyon (20 min 62W). (B) *Enterobacter aerogenes*, önce (1) ve sonra (2, 3, 4) H_2O_2 eklenmiş (200 mM) (Gao ve ark., 2014).

2.2.1.3. Ultrasonikasyonun etkinliğinde rol oynayan faktörler

Ultrasonikasyonun fiziksel ve kimyasal etkisi ultrasonik dalganın genliğine, uygulama süresine, uygulanan ortam miktarına, gıda kompozisyonuna ve uygulama sıcaklığına bağlıdır. Endüstriyel çapta gıda işlemede ultrasonikasyonun mikrobiyal inaktivasyon amaçlı kullanımında, mikrobiyal lizisin verimini düşüren çeşitli kritik faktörlerin kontrolü tam olarak sağlanamadığı için, bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Ayrıca gıda içindeki bakteri hücreleri ya da sporları, ultrasonik inaktivasyona, suspansiyon halde olduklarından daha dirençlidirler. Gıdaların pek çoğunun heterojen yapıda olması, çok farklı bileşimlerde olabilmeleri nedeniyle, ultrasonik dalgaların mikroorganizmaları inaktive etmede bir muhafaza yöntemi olarak tek başına kullanımını ciddi bir şekilde kısıtlamaktadır. Bu kısıtlamalara rağmen ultrasonikasyonun diğer muhafaza yöntemleri ile birlikte kullanımı (sıcaklık, yüksek basınç), endüstriyel uygulamalar için büyük bir potansiyel oluşturmaktadır (Anonymus, 2000). Ayrıca ekstrem pH ve klorlama gibi diğer dekontaminasyon teknikleriyle birlikte kullanıldığında mikroorganizma inaktivasyonu daha verimli olmaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Bu yüzden birçok araştırmacı ultrasonikasyonun mikrobiyal ve enzim inaktivasyon etkinliğini artırmak için diğer yöntemlerle kombinasyonunu çalışmıştır (Hoover, 1997).

2.2.1.4. Ultrasonikasyon yöntemleri

2.2.1.4.1. Ultrasonikasyon (US)

Ultrasonikasyon düşük sıcaklıktaki ultrasonikasyon uygulamasıdır. Bu yüzden ısıya duyarlı gıdalarda kullanılabilir. Ancak, enzimleri ve mikroorganizmaları inaktive etmesi uzun sürdüğü için enerji gereksinimi yüksektir. Uygulamanın gücüne ve

süresine bağılı olarak ultrasonikasyon işlemi sırasında sıcaklık yükselebileceğı için prosesin kontrol edilmesi gerekmektedir. (Zheng, L. ve Sun, 2006)

2.2.1.4.2. Termosonikasyon (TS)

Termosonikasyon ısı ve ultrasonikasyonun birlikte kullanılması işlemidir. Aynı öldürücü etkiyi elde etmek için ısıнын ultrasonikasyon ile kombine edilmesi geleneksel pastörizasyon ya da sterilizasyon uygulamasına göre daha düşük sıcaklık ve daha az süre gerektirir (Mason,1996; Villamiel, 1999). Isının ve işlem süresinin kısılması ise gıda kalitesinin artmasına neden olur (Zenker, 2003). Isı ile ultrasonikasyonun birlikte kullanılmasıyla maksimum proses sıcaklıklarını % 25-50 civarında azalttığı ve C vitamini ile renk değişimi gibi kalite faktörlerinin çok az değişime uğradığı rapor edilmiştir (Zenker ve ark., 2001).

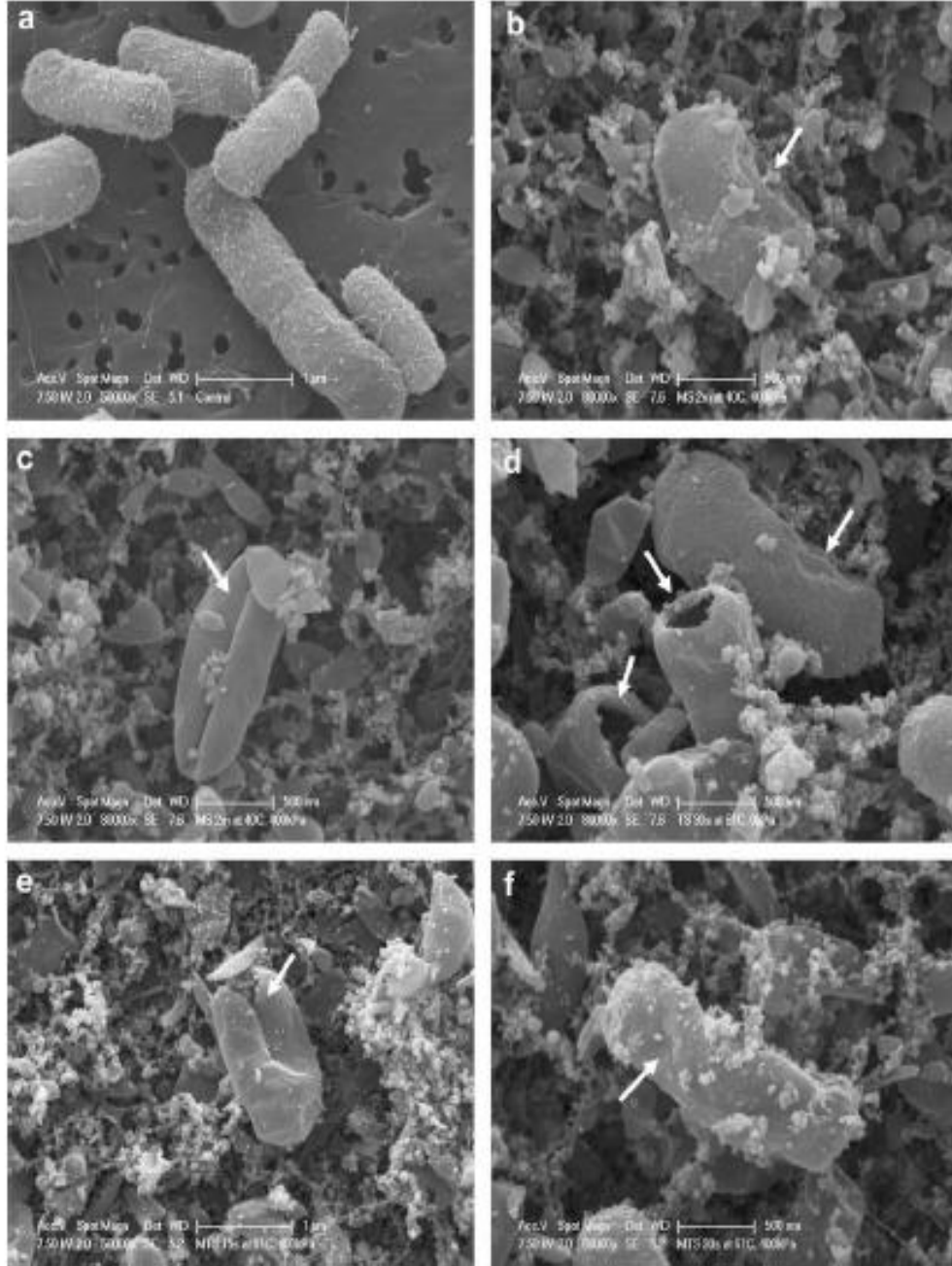
2.2.1.4.3. Manosonikasyon (MS)

Manosonikasyon ultrasonikasyon ve basıncın birlikte kullanıldığı uygulamadır. Manosonikasyon, düşük sıcaklık ve yüksek basınçta enzimlerin ve mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlamaktadır. Aynı sıcaklıkta ultrasonikasyon uygulamasına göre daha etkilidir (Ercan, 2013).

2.2.1.4.4. Manotermosonikasyon (MTS)

Manotermosonikasyon ısı, ultrasonikasyon ve basıncın birlikte kullanılmasıdır. MTS işlemi, birçok enzimi aynı sıcaklıktaki ısıl işleme göre daha düşük sıcaklıklarda ve daha düşük sürede inaktive etmektedir (Earnshaw, 1995). Yüksek termotolerans bakteriler manotermosonikasyonla inaktive edilebilir. Aynı zamanda ısıya dayanıklı lipoksigenaz, peroksidaz ve polifenoloksidaz gibi enzimler ve *Pseudomonas* kaynaklı ısı dirençli lipazlar ve proteazlar manotermosonikasyonla inaktive edilebilir (Manas,

2006). Şekil 2.7’de manosonikasyon, termosonikasyon ve manotermosonikasyonun *E. coli* K12 hücrelerine etkisi görülmektedir.



Şekil 2.7. Elektron mikroskobu ile görüntülenmiş *E. coli* K12 hücreleri: (a) kontrol, (b) ve (c) manosonikasyon (40°C, 500kPa, 2 dak), (d) termosonikasyon (61°C, 100kPa, 0.5 dak) , (e) ve (f) manotermosonikasyon (61°C, 500kPa, 0.25/0.50 dak) (Lee ve ark., 2009)

2.2.1.5. Ultrasonikasyonla mikroorganizma inaktivasyonu

Ultrasonikasyon ile mikroorganizmaların inaktivasyonu birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. Pagan ve ark. (1999a) oda sıcaklığında ultrasonikasyon (20 kHz, 117 µm) uygulamasının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine çok etkin olmadığını belirtmiştir. Başka bir çalışmada sütte bulunan *L. innocua* ve mezofilik bakterilerin ısı ve ultrasonikasyon işlemiyle inaktivasyonu incelenmiş ve ultrasonikasyonda inaktivasyon hızının daha fazla olduğu belirlenmiştir (Bermudez-Aguirre, 2010).

Pagan ve ark. (1999a), *L. monocytogenes* için desimal redüksiyon süresini (belirli bir sıcaklıkta bakteri popülasyonunun %90'ını inaktive etmek ya da öldürmek için gerekli süre = D değeri) 4.3 dakika olarak belirlemiştir. Ultrasonikasyon uygulaması 200 kPa'lık bir basınç ile birlikte uygulandığında D değeri 1.5 dakikaya inmiştir. Basınç 400 kPa'a yükseldiğinde ise D değeri 1.0 dakika olmuştur. 50°C'ye kadar olan sıcaklıklarda belirgin bir etki artışı gözlenmezken, 50°C'nin üzerinde dikkate değer bir artış elde etmişlerdir. Yapılan denemede, 20 kHz, 117 µm genlik 64°C, 200 kPa'lık bir basınç uygulandığında *L. monocytogenes* için D değeri 0.34 dakika olarak bulunmuştur (Pagan ve ark., 1999b).

D'Amico ve ark., (2006) çalışmalarında çiğ sütte 57°C'de 18 dakika boyunca termosonikasyon uygulaması sonucunda *L. monocytogenes* sayısında 5 log kob/mL, toplam aerobik bakteri sayısında 5 log kob/mL ve *E. coli* O157:H7 sayısında ise 6 log kob/mL azalma meydana geldiğini saptamışlardır.

Villamiel ve Jong (2000) yaptıkları çalışmada, devamlı akışlı ultrasonikasyon sistemi geliştirmiş ve bu cihazla *Pseudomonas fluorescens* ve *Streptococcus thermophilus*'u inaktive etmeye çalışmışlar; sıcaklığın yanında ultrasonikasyon kullanımının inaktivasyon etkinliğini artırdığını rapor etmişlerdir.

Drakopoulou ve ark., (2009)'da gram pozitif bakterilerin gram negatif bakterilere kıyasla ultrasonikasyon işlemine karşı daha dayanıklı olduğunu belirlemiş ve bunu gram pozitif bakterilerinin hücre duvarlarının daha kalın olması ile açıklamışlar.

Palacios ve ark. (1991) *Bacillus stearothermophilus* sporlarının direncinin ultrasonikasyon uygulamasıyla azaldığını rapor etmiştir.

Ultrasonikasyon işleminden süt endüstrisinde *E. coli*, *P. fluorescens* ve *L. monocytogenes* gibi mikroorganizmaların inaktivasyonunda etkili olduğu ispatlanmış ve bu işlem sonrasında pastörize sütün toplam protein ve kazein miktarında değişiklik görülmemiştir (Cameron M., 2009a).

Lee ve ark. (1989) peptonlu su içindeki *Salmonella* populasyonunu, 10 dakika süreyle ultrasonikasyon ile muamele etmişler ve yaklaşık olarak 4 log kob/mL inaktivasyon meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Munkaschi ve Elhami, (1976) ultrasonikasyon ile muamele edilen sütlerde toplam koliform sayısının % 93 azaldığını bulmuşlardır.

Garcia ve ark. (1989a) *B. subtilis*'e distile su, gliserol ve süt ortamlarında 70-95°C sıcaklıklarda termosonikasyon uygulamışlar. Gliserol ve sütte yaklaşık 1 log kob/ml azalma kaydederlerken suda ise yaklaşık 3 log kob/mL azalma kaydetmişler. En etkin termosonikasyon uygulamasının 70°C civarında olduğunu tespit etmekle beraber sıcaklığın 100°C ye yaklaştıkça termosonikasyon uygulamasının etkinliğinin azaldığını tespit etmişlerdir.

Bir çalışmada 50 °C'de 15 dakikalık bir termosonikasyon uygulaması ile portakal suyu kaynaklı maya oluşumunun engellendiği bildirilmektedir (Kuldiloke ve Eshtiaghi, 2008).

Bir alışmada *Salmonella senftenberg* 775W'in 60°C'de manotermosonikasyonla 3 log kob/g azaldığı tespit edilirken sadece ısıl işlemuygulaması sonrasında 0.5 log kob/g azalma tespit edilmiştir (Pagan ve ark., 1999).

Wrigley ve Llorca, (1992) Brain Heart Infusion Broth, Skim Milk ve sıvı yumurtada termosonikasyon ile *S. Typhimurium*'un inaktivasyonunu çalışmışlardır. Brain Heart Infusion Broth'da, *S. Typhimurium*'u 30 dakika süreyle farklı sıcaklıklarda termosonikasyona bırakmışlar ve hücre sayısındaki azalma 40°C'de 3 log kob/mL, 20°C'de ise 1 log kob/mL olmuştur. Skim Milk'te 30 dakikalık termosonikasyon 50 ve 40°C'de uygulanmış ve hücre sayısındaki azalma sırasıyla 3.0 ve 2.5 log kob/mL olmuştur. Sıvı yumurtada ise hücreler bu uygulamaya daha dirençli olmuş ve 30 dakikalık sonikasyon 50°C' de uygulandığında maksimum bakteri inaktivasyonu <1 log kob/mL olmuştur. Araştırmacılar, yüksek viskozitenin mikroorganizmayı kavitasyonun inhibitör etkisinden koruyan bir etki oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Limaye ve Coakley (1998); *E. coli*, *S. cerevisiae* ve *B.subtilis* ile yaptıkları inaktivasyon çalışmalarında oldukça verimli antimikrobiyel aktiviteler saptamışlardır.

Bir alışmada *S. cerevisiae*'nin 45°C'de termosonikasyonla inaktivasyonunda elde edilen D değerinin sadece sıcaklık uygulamasından elde edilen D değerinden daha düşük olduğu bulunmuş ve 45°C de elde edilen D değerleri sıcaklık uygulamasında 739 dakika iken termosonikasyon uygulamasında 22.3 dakika olarak rapor edilmiş (Lopez-Malo ve ark., 1999).

Scherba ve ark. (1991), ultrasonikasyon uygulamasının su ortamındaki *E. coli* üzerine etkisini 24 kHz ve değişik genliklerde araştırmışlardır. Uygulama suresinin artışına paralel olarak mikrobiyal inaktivasyonda da artış olduğunu rapor etmişlerdir.

Biyofilmlerdeki *E. coli*'nin inaktivasyonu için 70 kHz'lik ultrasonikasyon işlemi ile beraber gentamisin sülfat kullanıldığında, *E. coli* sayısının iki saat içinde % 97'ye varan oranlarda azaldığı gözlenmiştir (Johnson ve ark., 1998).

Lilliard (1993, 1994) tavuk derisinde bakteri sayısını azaltmak için 0.5 ppm klor ve ultrasonikasyon kombinasyonunu uygulamış, ultrasonikasyonun klor ile beraber kullanımının klorun tek başına kullanımına göre daha fazla bakteri sayısında azalmaya sebep olduğunu ve klorun sterilize edici etkisini arttırdığını bulmuştur.

Daha önce yapılan çalışmalar; ultrasonikasyonun besinlerin korunması ve güvenliği açısından mikroorganizmaların inaktive edilmesinde güçlü bir metot olduğunu göstermektedir. Bununla beraber besinlerde mikrobiyal inaktivasyon amacıyla ultrasonikasyonun diğer muhafaa teknikleri (sıcaklık, basınç, kimyasal madde) ile kombinasyon halinde kullanıldığında değeri ve gücünün daha da arttığı saptanmıştır. Böyle beklentiler bir gıda muhafaza yöntemi olarak endüstriyel çapta kullanımı için daha ileri düzeyde araştırmalar gerektirmektedir. Sonuç olarak; ultrasonikasyon teknolojisinin gıdaların muhafazası açısından gelecek için bir potansiyel oluşturduğu ileri sürülmektedir (Delikara, B., 2006).

2.2.2 Bitkisel sıvı ekstrakt uygulaması

Son zamanlarda gıdaların muhafazasında katkı ve koruyucu madde gereksinimi olmayan, gıdanın besinsel içeriğini ve duyu özelliklerini değiştirmeyen, düşük enerji gereksinimi olan, maliyeti düşük, çevreyle dost ve güvenliği yüksek yeni metotlara ilgi duyulmaktadır. (Rastogi, 2011) Gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla geliştirilen yeni teknolojilerin yanında toksik olmayan ve etkinliği yüksek antimikrobiyal bileşimler geliştirilmektedir. Doğal antibiyotik etkilerinden dolayı baharatlar ve bitkilerden elde edilen ekstraktlarla gıdaların muhafazası gittikçe

artmaktadır (Smid ve Gorris, 1999). İnsanlar antik çağlardan beri baharatlar ve bitkileri gıdalara yalnızca aroma vermesi amacıyla değil aynı zamanda ilaç olarak ve gıda koruyucusu olarak da kullanmışlardır (Beuchat, 1994; Nakatani, 1994; Cutler, 1995). Bitki ekstraktları ve baharatlar gıdalara aroma ve tat verme özelliğinin yanı sıra aynı zamanda antimikrobiyal ve antioksidan etkileriyle gıdaları korumakta ve raf ömürlerini uzatmaktadır. Doğal olarak yetişen bitkilerin gövde, yaprak, tohum ve köklerinde birçok mikroorganizmanın büyümesini inhibe edebilecek maddeler izole edilmiş, bu maddeler mikroorganizmalar üzerine denenmiş ve aktiviteleri rapor edilmiştir (VanderVijver ve Lötter, 1971; Acharya ve Chatterjee, 1975; Deans ve Svoboda, 1989).

Bu çalışmada kullanılan bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim[®], Kayseri, Türkiye) *Rumex acetosella*, *Plantago lanceolata* ve *Achillea millefolium* bitkilerinden elde edilmiştir. Bu bitkilerden; *Rumex acetosella*, halk arasında kuzukulağı, ezeltire gibi isimlerle anılmakta, hazmı kolaylaştırıcı ve besleyici olarak kullanılmaktadır. *Plantago lanceolata*, yöresel olarak kesik otu, sinirli ot, yara otu veya yedidamar otu olarak isimlendirilmektedir. Yara, kesik, egzama, dolama, yanık ve çıban tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca boğaz hastalıklarında, mide kanamasında ve iltihaplı idrar yolları enfeksiyonlarında da kullanıldığı bildirilmektedir (Hızlısoy ve ark., 2010). *Achillea millefolium*, halk arasında civanperçemi, ağrı otu, sancı otu, beyaz çiçek, hanzabel olarak bilinmektedir. Mide ve baş ağrılarının giderilmesinde ve idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır (Tuzlacı, E., 2006).

Tornuk ve ark., (2011) çalışmalarında bitkisel sıvı ekstrakt karışımının (Asatim) et yüzeyindeki *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 dekontaminasyonu üzerine etkinliğini araştırmışlardır. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımı muamelesi ile et yüzeyindeki *L. monocytogenes* sayısında 2.71 log kob/cm² inhibisyon tespit ederken,

E. coli O157:H7 sayısında 1.61 log kob/cm² inhibisyon tespit etmişlerdir. Hızlısoy ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada bitkisel sıvı ekstrakt karışımının (Asatim) tavuk karkaslarında bulunan *Campylobacter jejuni* üzerine antibakteriyel etkinliğini araştırmışlar ve bu amaçla *C. jejuni* kontamine ettikleri tavuk karkaslarını %5'lik bitkisel sıvı ekstrakt karışımı içeren dilüsyon içerisinde bekletmişlerdir. Başlangıçta yaptıkları analiz sonucuna göre *C. jejuni* sayısını 8x10³ kob/g bulmuşken bitkisel sıvı ekstrakt karışımı ile muamele sonucunda *C. jejuni* varlığını negatif bulmuşlardır.

Yapılan çalışmalar *Rumex acetosella*, *Plantago lanceolata* ve *Achillea millefolium* bitkilerinden elde edilen sıvı ekstrakt karışımının gıda endüstrisinde patojenlerin inaktivasyonu için kullanım potansiyeli olduğunu göstermekle birlikte üzerinde daha çok çalışılması gerektiği düşünülmektedir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada; dondurulmuş parmak patates üretiminde kullanılan haşlama suyu Bolpat Bolu Patates San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiş ve uygulamalarda kullanılmadan önce sterilize edilip, steril kavanozlara sıcak dolum yapılarak kullanılıncaya kadar buzdolabında bekletilmiştir.

3.2. Yöntem

Bu çalışmada test mikroorganizması olarak seçilen *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium*'un inaktivasyonunda ısıtma işlemi alternatif olarak termosonikasyon uygulaması ve bitkisel sıvı ekstrakt karışımı kullanımının etkinliği araştırılmıştır. Uygulanan işlemler sonucu elde edilen canlı kalan mikroorganizma sayıları ile inaktivasyon grafikleri oluşturulmuştur. Elde edilen inaktivasyon değerlerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı belirlenmiştir. Isıtma işlemi uygulaması ile termosonikasyon uygulamasının ayrı ayrı inaktivasyon etkinliklerinin tespit edilmesinin yanında birbirlerine göre farklılık oluşturup oluşturmadıkları da incelenmiştir.

3.2.1. Test organizması ve besiyerleri

Bu çalışmada test mikroorganizması olarak *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* kullanılmıştır. Kullanılan bakteri suşları Abant İzzet Baysal Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Mikrobiyoloji Araştırma Laboratuvarı Kültür Koleksiyonundan temin edilmiştir.

Araştırmada kullanılan *L. monocytogenes*, *E. coli* O157:H7 ve *S. Typhimurium* kültürleri, üretici talimatlarına uygun olarak hazırlanan sırasıyla Harlequin Listeria Chromogenic Agar (LABM, İngiltere), CT-Sorbitol MacConkey (SMAC) Agar (Merck, Almanya) ve EF-18 Agar (Acumedia, Neogen, ABD) besiyerlerinde geliştirilmiştir. Mikroorganizma sayımlarında tüm seyreltiler 9’ar mL Maximum Recovery Diluent (MRD) (Merck, Almanya) zeltisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.3. Mikrobiyolojik İnaktivasyon Denemeleri

3.3.1. *E. coli* O157:H7 inaktivasyon denemesi

Stoktan alınarak ardışık pasajlardan sonra 37°C’de bir gece inkübasyona bırakılan *E. coli* O157:H7 aktif kültüründen 1 mL alınarak, önceden sterilize edilmiş olan 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilerek karışırılmıştır. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarında 3’er dakika, bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesi işleminde ise 1 dakika uygulama süresi sonunda, 1 mL numune alınarak içerisinde 9’ar mL MRD bulunan tüplerde seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra her bir dilüsyon tüpünden CT-SMAC agar besiyerine yayma kültür yöntemine göre iki paralelli ekim yapılmış, Petri kutuları 37°C de 24 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra gelişen tipik koloniler sayılmış ve sonuçlar kob/mL olarak verilmiştir.

3.3.2. *L. monocytogenes* inaktivasyon denemesi

Stoktan alınarak ardışık pasajlardan sonra 37°C’de bir gece inkübasyona bırakılan *L. monocytogenes* aktif kültüründen 1 mL alınarak, önceden sterilize edilmiş 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilerek karışırılmıştır. Isıl işlem

uygulamasý ve termosonikasyon uygulamalarında 3 dakika arayla, bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesi işleminde ise 1 dakikalık uygulama sonunda, 1 mL numune alınarak içerisinde 9'ar mL MRD bulunan tüplerde seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra her bir dilüsyon tüpünden Harlequin Listeria Chromogenic Agar besiyerine yayma kültür yöntemiyle iki paralelli ekim yapılmış, Petri kutuları 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra gelişen tipik koloniler sayılmış ve sonuçlar kob/mL olarak verilmiştir.

3.3.3. S. Typhimurium inaktivasyon denemesi

Stoktan alınarak ardışık pasajlardan sonra 42°C'de bir gece inkübasyona bırakılan S.Typhimurium aktif kültüründen 1 mL alınarak, önceden sterilize edilmiş olan 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilerek karıştırılmıştır. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarında 3 dakika, bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesi işleminde ise 1 dakikalık uygulama süresi sonunda, 1 mL numune alınarak içerisinde 9 mL MRD bulunan tüplerde seri dilüsyonlar hazırlanmıştır. Daha sonra herbir dilüsyon tüpünden Acumedia EF-18 Agar besiyerine yayma kültür yöntemiyle iki paralelli ekim yapılmış, Petri kutuları 41.5-42°C'de 18 - 24 saat inkübasyona bırakıldıktan sonra gelişen tipik koloniler sayılmış ve sonuçlar kob/mL olarak verilmiştir.

3.4. Termosonikasyonla Mikrobiyal İnaktivasyon

Patojen bakterilerin inaktivasyon denemelerinde 200 W maksimum çıkış gücüne sahip Sonoplus HD 3200 (Bandelin, Almanya) ultrasonikasyon cihazı kullanılmıştır. Denemeler, 20 kHz sabit frekans ve 13 mm çapında bir prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Termosonikasyon uygulaması % 60 dalga genliğinde (72 µm'ye

karşılık gelen değer) uygulanmıştır. Termosonikasyon uygulaması ile ilgili literatür incelendiğinde % 60 yoğunluktan daha yüksek değerlere çıkılması durumunda mikroorganizma inaktivasyonunda belirgin bir artış meydana gelmediği belirtilmektedir (Bermudez-Aguirre ve ark. 2008, Herceg ve ark. 2012). Bu nedenle uygulama parametresi olarak % 60 genlik değerinde çalışılmıştır.

Buna göre uygun koşullarda bir gece inkübasyona bırakılarak aktiveleştirilmiş bakteri suşundan 1 mL alınarak deneme sıcaklığına getirilmiş, steril, 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilmiştir. Termosonikasyon denemeleri 40°, 50° ve 60°C sıcaklıklarda ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Her bir sıcaklık denemesinde patates haşlama suyuna ilave edilen bakteri kültürü belirtilen sıcaklık derecelerine ayarlanmış su banyosunda 15 dakika süreyle bekletilmiştir. Sıcaklık uygulama denemesinde başlangıç olarak kabul edilen 0. Dakika başta olmak üzere 3., 6., 9., 12. ve 15. dakikalarda karışımdan 1'er mL alınarak seri dilüsyonlar hazırlanarak patojen bakteri sayıları belirlenmiştir. Sıcaklık uygulaması denemelerinde çift cidarlı ultrasonikasyon haznesi, sirkülasyonlu su banyosu ile istenilen sıcaklıkta sabit tutulmuştur.



Şekil 3.1. Ultrasonikasyon cihazı (Sonoplus HD 3200 Bandelin, Almanya)

3.5. Isıl İşlem Uygulaması ile Mikrobiyal İnaktivasyon

Mikroorganizmaların ısıl işlemle inaktivasyon denemeleri mikroprosesör kontrollü su banyosunda gerçekleştirilmiştir. Buna göre bir gece inkübasyona bırakılarak aktifleştirilen 1 mL bakteri kültürü alınarak deneme sıcaklığına getirilmiş, steril, 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilmiştir. Isıl işlem uygulaması 40°, 50° ve 60°C sıcaklıklarda 15'er dakika süreyle gerçekleştirilmiştir. Uygulama süresince bakteri kültürünün haşlama suyuna ilave edilip karıştırılması başlangıç olarak (0. dakika) kabul edilmiş ve 3., 6., 9., 12. ve 15. dakikalarda su banyosunda (Nüve, Türkiye) bekletilen karışımdan 1'er mL seri dilisyonları yapıldıktan sonra uygun besiyerine ekim yapılarak mikroorganizma sayıları belirlenmiştir.

3.6. Bitkisel Sıvı Ekstrakt Uygulaması ile Mikrobiyal İnaktivasyon

Çalışmanın bu bölümünde ticari olarak satılan bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) kullanılmıştır. Buna göre bir gece önceden inkübasyona bırakılarak aktifleştirilmiş 1 mL bakteri kültürü alınarak deneme sıcaklığına getirilmiş, steril, 100 mL dondurulmuş parmak patates haşlama suyuna ilave edilerek karıştırıldıktan sonra üzerine üretici talimatlarına uygun olarak % 5 oranda seyreltilmiş bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilave edilerek 1 dakika süreyle bekletilmiştir. Bu deneme diğer inaktivasyon denemelerinde olduğu gibi 40°, 50° ve 60°C’de mikroprosesör kontrollü su banyosunda (Nüve, Türkiye) gerçekleştirilmiştir. Bitkisel sıvı ekstrakt uygulaması ayrıca, ticari preparatın üreticisi tarafından belirlenen kullanım talimatlarına uygun olarak 25°C sıcaklıkta da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada bitkisel sıvı ekstrakt uygulaması başlangıcında ve uygulama süresi sonunda seri dilüsyonlar hazırlanarak uygun besiyerlerinde patojen bakteri sayımları gerçekleştirilmiştir.

3.7. İstatistiksel Analizler

Farklı sıcaklıklarda, termosonikasyon ve ısıl işlem uygulamalarının patojen bakteri inaktivasyonuna etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada uygulanan işlemlerin farklı sıcaklık ve süreler boyunca bakteri sayılarına etkilerinin belirlenmesinde tek yönlü varyans analizi (One Way Anova), grup içi farklılıkların belirlenmesinde Tukey testi uygulanmıştır. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının (Asatim enzimi) farklı sıcaklıklarda mikroorganizma inaktivasyonu üzerine etkileri iki bağımlı değişken Wilcoxon analizi ile belirlenmiştir.

Uygulanan yöntem, sıcaklık ve sürelerin bakteri sayılarına bireysel ve ortak etkisi General linear Model, Univariate varyans analizi ile belirlenmiştir.

Farklılıklar 0.05 önem düzeyinde belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS Ver. 18.0 (Chicago: SPSS Inc.) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Uygulanan Farklı Yöntemlerin *S. Typhimurium* İnaktivasyonu Üzerine Etkileri

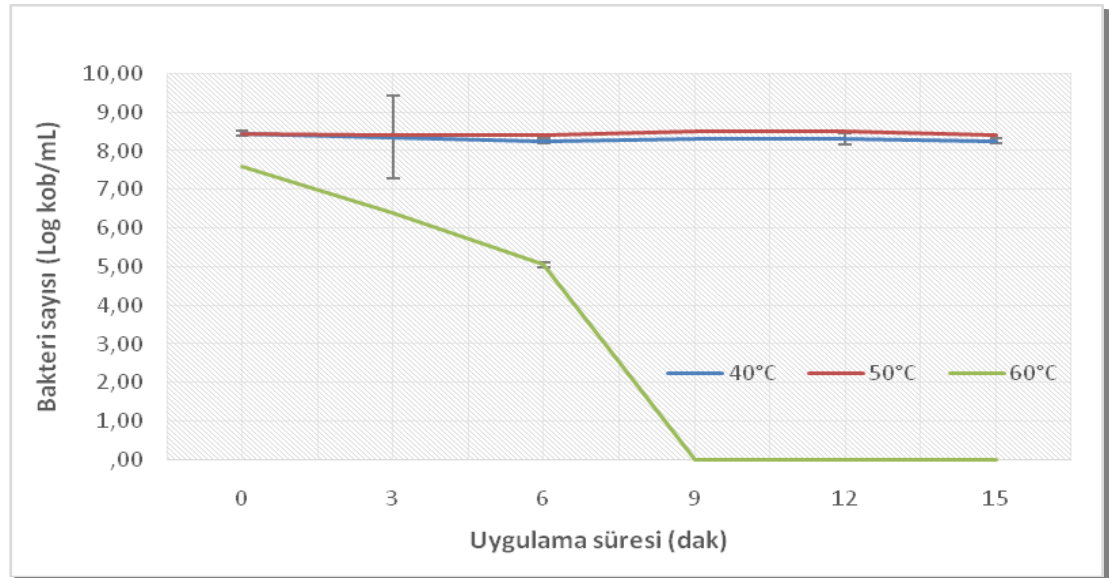
4.1.1. Isıl işlem uygulamasının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretiminde, haşlama suyunda farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıl işlemin *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.1’de verilmiştir. Gerek 40°C uygulanan ve gerekse 50°C de uygulanan ısıl işlemin bakteri sayısındaki azalma üzerine önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. ($p>0.05$). Ancak 60°C’de uygulanan ısıl işlem sonucunda 3. dakikadan itibaren bakteri sayısında azalma gözlenmeye başlanmış, 3. ve 6. dakikalar sonunda sırasıyla 1.20 ve 2.55 log kob/mL azalma olmuş; 9 dakikalık ısıl işlem sonunda ise 7.60 log kob/mL azalma gerçekleşerek başlangıçta ortamda bulunan tüm bakterilerin canlılığını kaybettiği belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.1. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama Süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	8.45 ± 0.071 ^a	8.45 ± 0.071 ^b	7.60 ± 0.000 ^a
3	8.35 ± 1.071 ^a	8.40 ± 0.000 ^b	6.40 ± 0.000 ^b
6	8.25 ± 0.071 ^a	8.40 ± 0.000 ^b	5.05 ± 0,071 ^c
9	8.30 ± 0.000 ^a	8.50 ± 0.000 ^b	0.00 ± 0.000 ^d
12	8.30 ± 0.141 ^a	8.50 ± 0.000 ^b	0.00 ± 0.000 ^d
15	8.25 ± 0.071 ^a	8.40 ± 0.000 ^b	0.00 ± 0.000 ^d

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (p<0,05).



Şekil 4.1. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

4.1.2. Termosonikasyon uygulamasının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında farklı sıcaklık ve sürelerdeki termosonikasyon uygulamalarının *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki

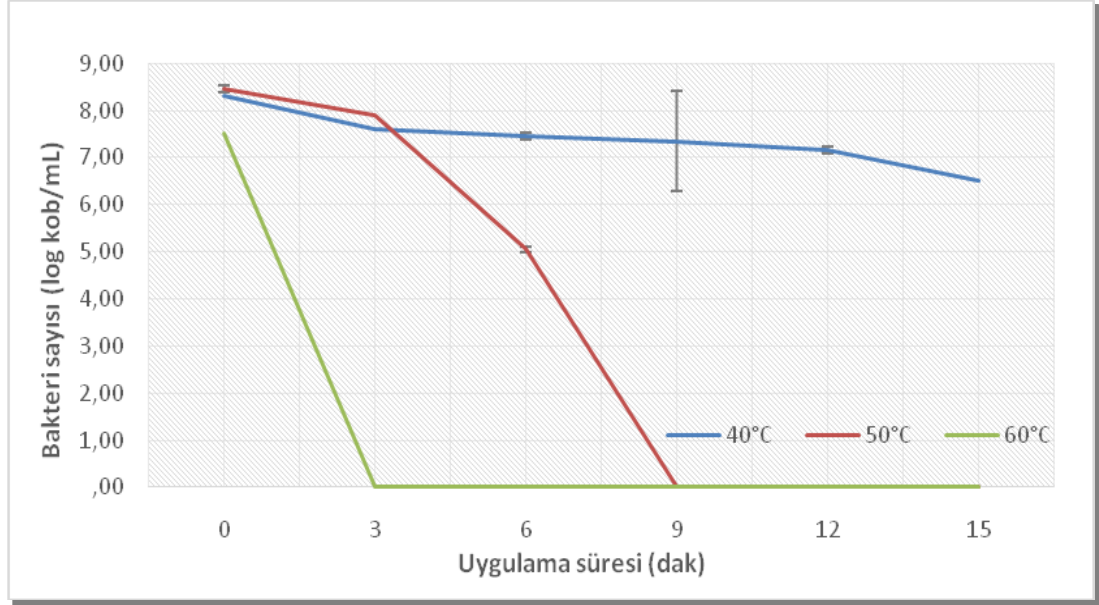
etkisi Çizelge 4.2’de verilmiştir. Buna göre; 40°C’ de uygulanan termosonikasyon uygulaması sonuçlarına göre 3, 6, 9, 12 ve 15. dakika sonunda sırasıyla 0.70, 0.85, 0.95, 1.15 ve 1.80 log kob/mL azalma gözlenmiştir. Bu azalmalar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$). 50°C’de gerçekleştirilen deneme sonuçlarına göre 3, 6 ve 9. dakika sonunda sırasıyla 0.55, 3.40 ve 8.45 log kob/mL azalma gözlenmiş olup, 9 dakikalık uygulama sonucunda ortamda bulunan mikroorganizmaların canlılıklarını tamamen kaybettikleri; bu azalmanın ise istatistiksel açıdan önemli olduğu testpit edilmiştir ($p<0.05$). Aynı yöntemle gerçekleştirilen 60°C’de uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucunda ise 3. dakikadan itibaren bakteri sayılarında azalma gözlenmeye başlanmış olup 7.5 log kob/mL azalma gerçekleşmiş ve ortamda bulunan mikroorganizmalar tamamen inaktif hale getirilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama Süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	8.30 ± 0.000 ^a	8.45 ± 0.071 ^a	7.50 ± 0.000 [#]
3	7.60 ± 0.000 ^b	7.90 ± 0.000 ^b	0.00 ± 0.000 [#]
6	7.45 ± 0.071 ^{bc}	5.05 ± 0.071 ^c	0.00 ± 0.000 [#]
9	7.35 ± 1.071 ^c	0.00 ± 0.000 ^d	0.00 ± 0.000 [#]
12	7.15 ± 0.071 ^d	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.000 [#]
15	6.50 ± 0.000 ^e	0.00 ± 0.00 ^d	0.00 ± 0.000 [#]

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

#: Standart hatalar 0 olduğu için istatistiksel olarak karşılaştırma yapılamamıştır.



Şekil 4.2. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

4.1.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularına farklı sıcaklıklarda bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesinin *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.3'te verilmiştir. Buna göre 25°, 40°, 50° ve 60°C' de 1 dakika % 5'lik bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulaması sonunda mikroorganizma kültürünün ortalama 8,5 log kob/mL azalma ile canlılığını tamamen kaybettiği belirlenmiştir. Elde edilen verilerin standart hataları 0 olduğu için bu azalmalar istatistiksel olarak değerlendirilememiştir.

Çizelge 4.3. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi

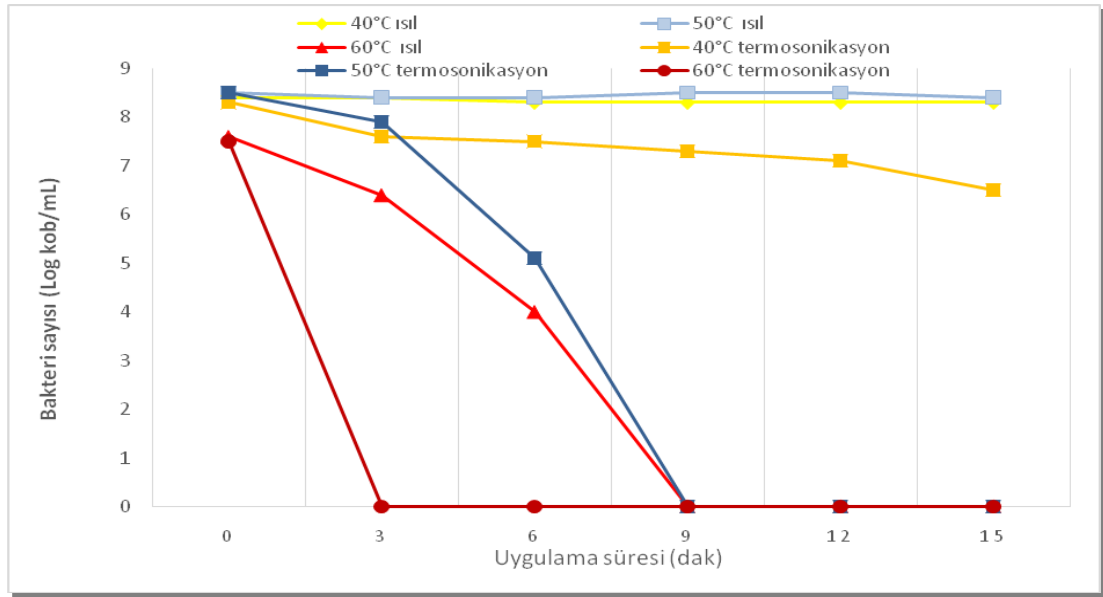
Uygulama sıcaklığı (°C)	Ekstrakt ilavesi öncesi	Ekstrakt ilavesi sonrası
	bakteri sayısı (Log kob/mL)	bakteri sayısı (Log kob/mL)
25	8.50 ± 0.000*	0.00 ± 0.00*
40	8.55 ± 0.071*	0.00 ± 0.00*
50	8.45 ± 0.071*	0.00 ± 0.00*
60	8.50 ± 0.000*	0.00 ± 0.00*

*: Standart hatalar 0 olduğu için istatistiksel olarak karşılaştırma yapılamamıştır.

4.1.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması

Farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemi ve termosonikasyon uygulamalarının *S. Typhimurium*'un canlılığı üzerine etkileri Şekil 4.4.'de verilmiştir. Buna göre 40, 50 ve 60°C'de uygulanan tüm işlemlerde ısıtma işlemine kıyasla termosonikasyon uygulamasının inaktivasyon etkileri farklı olmuştur.

Örneğin; 40°C' de ısıtma işlemi uygulaması ile herhangi bir inaktivasyon gerçekleşmemesine karşın, aynı sıcaklıkta termosonikasyon uygulamasında 15. dakika sonunda mikroorganizma sayısında 1.80 log kob/mL'lik bir azalma olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkileri

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında düşük sıcaklık derecelerinde ısı işlem uygulamasının tek başına *S. Typhimurium* inaktivasyonu için yeterli olmadığı görülmektedir. Örneğin Sagong ve ark. (2011) taze salataya çeşitli patojenlerden oluşan bir kokteyl ile yapay kontaminasyon oluşturarak 20°C’de ultrasonikasyon uyguladıkları çalışmalarında, 60 dakika süren ultrasonikasyon uygulaması sonucunda *S. Typhimurium* sayısında 1.64 log kob/mL azalma gerçekleştiğini bulmuşlardır. Aynı çalışmada düşük sıcaklıkta uygulanan ultrasonikasyon işlemine organik asit ilavesiyle 5 dakikada yaklaşık 3 logaritmik birimlik azalma tespit etmişlerdir. Scouten ve Bouchat (2001) ise yaptıkları çalışmada *Salmonella* inoküle ettikleri alfalfa tohumlarına 5 dakika süreyle 23°C’de ultrasonikasyon uygulamışlar ve *Salmonella* hücre sayısında 0.73 log kob/mL azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada 23°C’de ultrasonikasyon uygulamasına %1’lik $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ilavesi yapılması durumunda 2.27 log kob/mL bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Buna benzer olarak Seymour ve ark. (2002), yaptıkları çalışmada düşük sıcaklıkta uygulanan ultrasonikasyonun inaktivasyon etkisinin düşük

olduğunu, kimyasal madde ilavesiyle ise etkinliğinin arttırılabildiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca; ultrasonikasyon ile klorin uygulamasının *S.Typhimurium* inaktivasyonunu arttırdığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçların aksine Lee ve ark. (1989) yaptıkları çalışmada 5°C’de 10 dakika süreyle peptonlu suda ultrasonikasyona maruz bırakılan *S. Typhimurium* kültüründe 4 logaritmik birimlik azalma olduğunu tespit etmişler ancak bu azalmanın bir kısmının ultrasonik prob etrafında oluşan 73°C’lik sıcaklıktan kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Yalnızca ısı işlem uygulaması ile 50°C’de *S. Typhimurium* sayısında herhangi bir azalma gerçekleşmemesine karşın termosonikasyon uygulamasında 6 dakikada 3.40 log kob/mL ve 9 dakika sonunda toplam 8.45 log kob/mL azalma gerçekleşmiş ve bakteri tamamen canlılığını kaybetmiştir. Scouten ve Bouchat (2001) yaptıkları çalışmada benzer şekilde alfalfa tohumlarında 55°C’de 5 dakika termosonikasyon uygulamasıyla 3.62 log kob/mL azalma tespit etmişlerdir. Wrigley ve Llorca (1992) ise yaptıkları bir çalışmada yağsız sütte *S. Typhimurium* hücrelerine 30 dakika süreyle 40 ve 50°C’de termosonikasyon işlemi uygulamışlar ve çalışmaları sonucunda bakteri sayılarında sırasıyla 2.5 ve 3.0 log kob/mL azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada mikroorganizmaların sıvı yumurta ortamında daha dayanıklı olduklarını; 50°C sıcaklıkta, 10 dakika süreyle uygulanan termosonikasyon işlemiyle 1 log kob/mL’den daha az azalma gerçekleştiğini; bunun nedeninin ise yumurtanın mikroorganizmaları kavitasyonun inhibe edici etkisinden korumasından kaynaklanmış olabileceğini rapor etmişlerdir. Viskozitenin artmasıyla kavitasyon azaldığı için bu olayın sıvı yumurtanın viskozitesiyle ilgili olabileceği belirtilmiştir (Hülse,1999). Yapılan farklı çalışmalarda, uygulama ortamları farklı olduğu için inaktivasyon etkilerinin de farklı olduğu görülmektedir.

Bu çalışmada yapılan denemelerde 60°C’ de uygulanan ısıtma işlemde 9. dakika sonunda bakteri sayısında 7.60 log kob/mL azalma gerçekleştiği ve mikroorganizmaların tamamen inaktif hale geldiği tespit edilmiştir. Buna karşın 60°C de uygulanan termosonikasyon uygulamasında ise 3. dakika sonunda 7.5 log kob/mL azalma gerçekleştiği ve mikroorganizmaların tamamen inaktif olduğu belirlenmiştir. Ultrasonikasyonun elma suyunda bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklere etkisinin incelendiği bir çalışmada benzer şekilde termosonikasyon ile *S. Typhimurium* sayısında 60°C’de 2 dakikada 6.92 log kob/mL azalma tespit edilmiştir (Yılmaz , 2014).

4.1.5. *S. Typhimurium* inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerinin matematiksel model olarak ifade edilmesi için yapılan analiz sonuçlarına göre determinasyon katsayısı (R^2), 0.688 olan karesel model oluşturulmuştur (Çizelge 4.4).

Salmonella Typhimurium sayısı =

$$10.174 + 2.571 \times \text{Proses} - 0.867 \times \text{Süre} - 2.819 \times \text{Sıcaklık}$$

Buna göre *S. Typhimurium* miktarındaki azalmanın % 68.8’i regresyon modeli tarafından açıklanmaktadır.

Çizelge 4.4. *S. Typhimurium* miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin std. hatası
1	0.8296	0.6883	0.6745	2.0935

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *S. Typhimurium* hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerine ait varyans analizi sonucuna göre çalışmada farklı proseslerin, sıcaklıkların ve sürelerin tek başına etkileri görüldüğü gibi bu parametrelerin bakteri sayıları üzerine ortak etkilerinin de bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5 incelendiğinde uygulanan prosesin *S. Typhimurium* inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Aynı sıcaklık ve aynı sürede uygulanan farklı proseslerde elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin; 40°C’ de 15 dakikalık ısıtma işlem sonucu *S. Typhimurium* sayısı 0.2 log kob/mL azalırken aynı sıcaklık ve sürede termosonikasyon uygulaması sonucunda 1.8 log kob/mL azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.5’te ayrıca uygulama sıcaklığının *S. Typhimurium* inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) Aynı proses ve sürelerde, farklı sıcaklık uygulamalarının farklı düzeylerde inaktivasyona neden olduğu belirlenmiştir. Örneğin 3 dakika termosonikasyon uygulaması sonucu *S. Typhimurium* sayısında 50°C’ de 0.55 log kob/mL azalma; 60°C’ de ise 7.5 log kob/mL azalma sağlanmıştır.

S. Typhimurium inaktivasyonuna uygulama süresinin etkisi incelendiğinde, sürenin inaktivasyon üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$; Çizelge 4.5) Aynı proses ve sıcaklıkta ancak farklı sürelerde gerçekleştirilen uygulamalarda elde

edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin 60°C’de ısıtım işlem uygulaması ile 3 dakika sonunda *S. Typhimurium* sayısında 1,20 log kob/mL azalma gerçekleşirken, 6 dakika sonunda 2.55 log kob/mL bir azalma olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *S. Typhimurium* inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	P
Proses	1	118.940	57091.011	<0.001
Süre	5	35.561	17069.336	<0.001
Sıcaklık	2	198.235	95152.824	<0.001
Proses * Süre	5	4.690	2251.139	<0.001
Proses * Sıcaklık	2	25.269	12128.931	<0.001
Süre * Sıcaklık	10	8.295	3981.675	<0.001
Proses * Süre * Sıcaklık	10	10.586	5081.046	<0.001

4.2. Uygulanan Farklı Yöntemlerin *L. monocytogenes* İnaktivasyonu Üzerine Etkileri

4.2.1. Isıl işlem uygulamasının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi

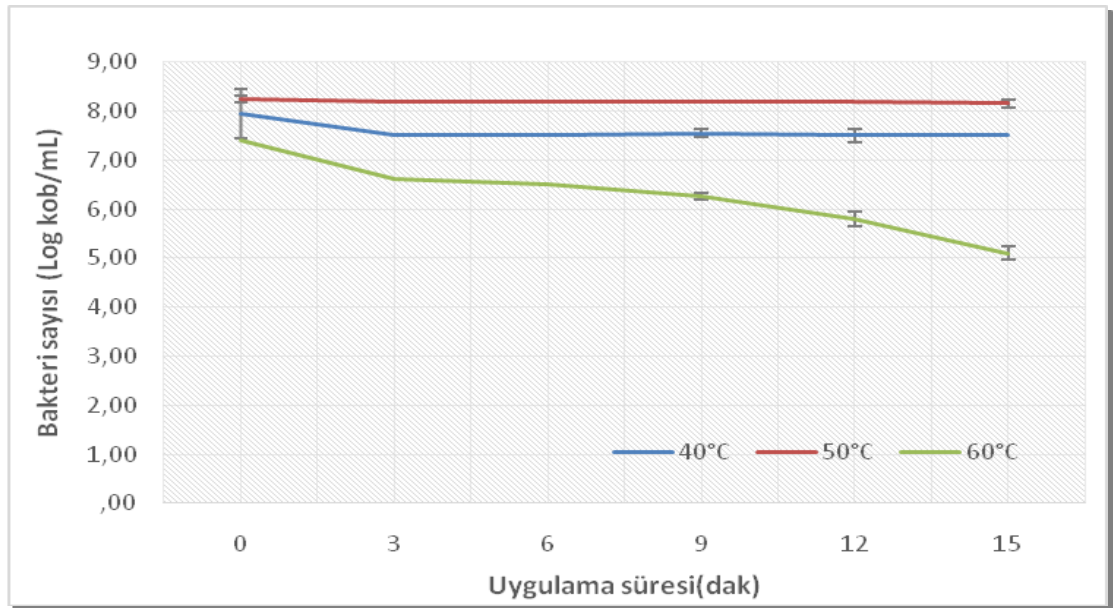
Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıtım işleminin *L. monocytogenes* hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.6’da verilmiştir. Gerek 40°C’de uygulanan ve gerekse 50°C’de uygulanan 15’er dakikalık ısıtım işlem sonucu elde edilen verilere göre bakteri sayılarında istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenmemiştir ($p>0,05$). Ancak, 60°C’de ısıtım

işlem uygulaması sonucunda 3. dakikadan itibaren bakteri sayısında azalma gözlenmeye başlanmış olup, 3, 6, 9, 12 ve 15. dakikalarda sırasıyla 0.8, 0.9, 1.15, 1.60 ve 2.3 log kob/mL azalma olduğu ve bu azalma düzeylerinin istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	7.95 ± 0.495 ^a	8.25 ± 0.071 ^b	7.40 ± 0.000 ^a
3	7.50 ± 0.000 ^a	8.20 ± 0.000 ^b	6.60 ± 0.000 ^b
6	7.50 ± 0.000 ^a	8.20 ± 0.000 ^b	6.50 ± 0.000 ^{bc}
9	7.55 ± 0.071 ^a	8.20 ± 0.000 ^b	6.25 ± 0.071 ^c
12	7.50 ± 0.141 ^a	8.20 ± 0.000 ^b	5.80 ± 0.141 ^d
15	7.50 ± 0.000 ^a	8.15 ± 0.071 ^b	5.10 ± 0.141 ^e

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).



Şekil 4.4. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlemin *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi*

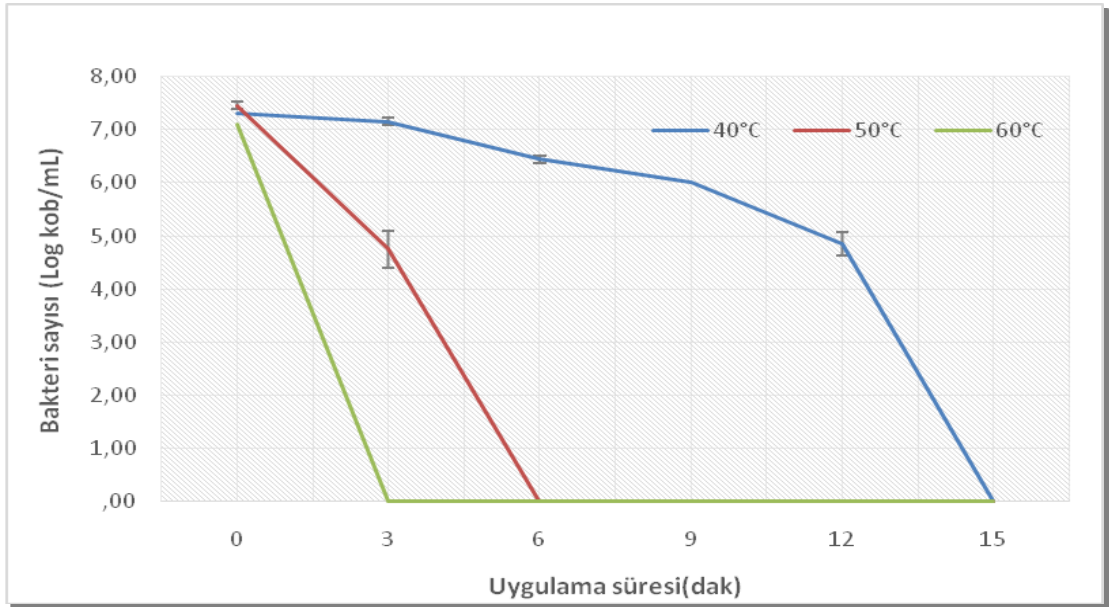
4.2.2. Termosonikasyon uygulamasının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında farklı sıcaklık ve sürelerdeki termosonikasyon uygulamalarının *L. monocytogenes* hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.7’de verilmiştir. Buna göre; 40°C’ de 15 dakikalık termosonikasyon uygulaması sonucu elde edilen verilere göre bakteri sayılarında istatistiksel olarak önemli bir azalma görülmemiştir ($p>0.05$). Diğer bir uygulama sıcaklığı olan 50°C de uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucunda ise 6 dakika sonuna kadar bakteri sayılarında istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenmemiştir ($p>0,05$). Ancak 9 ve 12. dakika sonunda sırasıyla 2.45 ve 7.50 log kob/mL azalma gözlenmiş olup 12 dakikalık termosonikasyon uygulaması sonucunda mikroorganizmaların tamamen inaktif olduğu ve bu azalmaların istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür ($p<0.05$). Benzer olarak 60°C’de termosonikasyon uygulaması sonucunda ise 3. dakikadan itibaren bakteri sayılarında azalma gözlenmeye başlanmış olup 3. ve 6. dakika sonunda bakteri sayılarında sırasıyla 2.25 ve 7.60 log kob/mL azalma tespit edilmiştir. Buna göre 60°C’de uygulanan 6 dakikalık termosonikasyon uygulaması sonucunda mikroorganizmaların tamamen inaktif olduğu ve bu inaktivasyonun istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	7.50 ± 0.000 ^a	7.50 ± 0.000 ^a	7.60 ± 0.000 ^a
3	7.50 ± 0.000 ^a	7.50 ± 0.000 ^a	5.35 ± 0.354 ^b
6	7.50 ± 0.000 ^a	7.15 ± 0.071 ^a	0.00 ± 0.000 ^c
9	7.50 ± 0.000 ^a	5.05 ± 0.212 ^b	0.00 ± 0.000 ^c
12	7.50 ± 0.000 ^a	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 ^c
15	7.40 ± 0.000 ^a	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 ^c

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (p<0,05).



Şekil 4.5. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi

4.2.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularına farklı sıcaklıklarda bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesinin *L. monocytogenes* hücreleri

üzerindeki etkisi Çizelge 4.8’de verilmiştir. Buna göre 25°, 40°, 50° ve 60°C’de 1 dakika %5’lik bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulaması sonucunda sırasıyla 2.25, 2.65, 1.20 ve 6.15 log kob/mL azalma tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde 25°, 40° ve 50°C’de uygulanan bitkisel ekstrakt karışımı ilavesi sonucunda sınırlı ve birbirine yakın düzeylerde inaktivasyon gözlenmiştir. Buna karşın, 60°C’de uygulanan bitkisel ekstrakt karışımı ilavesi sonucunda ise canlı mikroorganizmaların tamamen inaktive olduğu ve belirlenen tüm azalmaların istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir (p<0.05).

Çizelge 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama sıcaklığı (°C)	ekstrakt ilavesi öncesi bakteri sayısı (Log kob/mL)	ekstrakt ilavesi sonrası bakteri sayısı (Log kob/mL)
25	8.25 ± 0.071 ^a	6.00 ± 0.000 ^{bA}
40	8.15 ± 0.071 ^a	5.35 ± 0.071 ^{bB}
50	7.10 ± 0.707 ^a	5.90 ± 0.000 ^{bA}
60	6.15 ± 0.071 ^a	0.00 ± 0.000 ^{bC}

.*: Aynı sütundaki farklı harfler (A-D) ve aynı satırdaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir (p<0,05).

4.2.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması

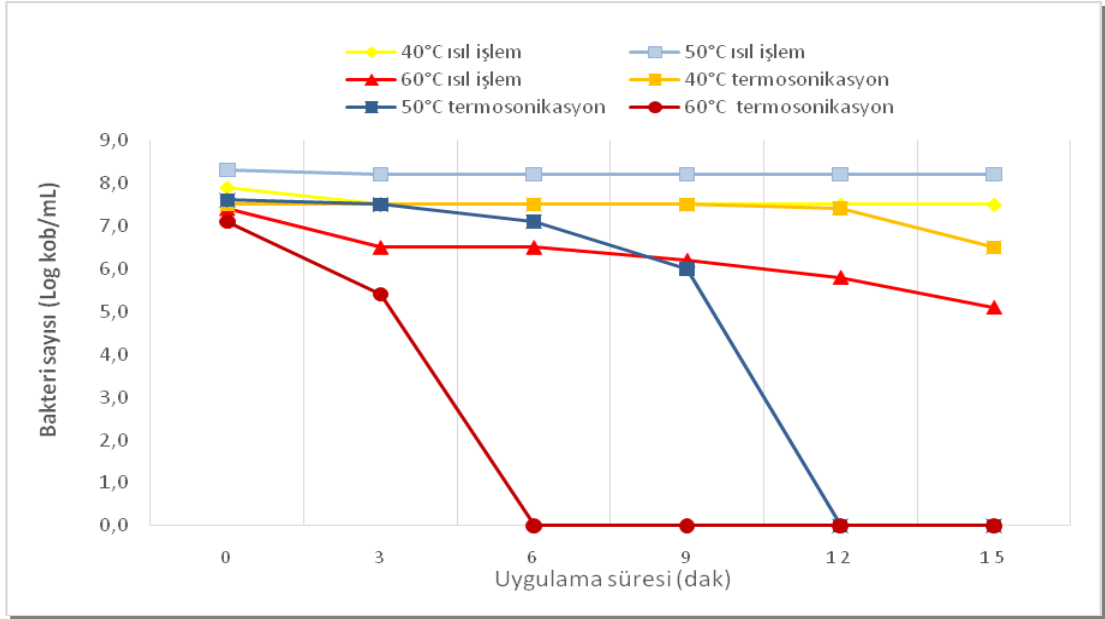
Farklı sıcaklıklarda ısıtma işlemi ve termosonikasyon uygulamalarının *L. monocytogenes* kültürünün canlılığı üzerine etkileri Şekil 4.7’de verilmiştir. Buna göre 40°C sıcaklıkta elde edilen ısıtma işlemi ve termosonikasyon uygulamalarının sonuçları benzer olmuş ve her iki uygulamada da *L. monocytogenes* kültürünün inaktivasyonunda istatistiksel olarak önemli bir azalma görülmemiştir. Bu çalışmada alınan sonuçlara benzer olarak Pagan ve ark. (1999a) yaptıkları çalışmada, oda sıcaklığında

L. monocytogenes inaktivasyonunda ultrasonikasyonun çok etkili olmadığını belirlemişlerdir. Delikara (2006) yaptığı çalışmada *L. monocytogenes* inaktivasyonunda 4°C'den 30°C'ye kadar bakteri sayılarında çok az bir azalma olduğunu; bakteri sayılarındaki önemli miktarda azalmanın ise 40-50°C arasında görüldüğünü belirlemiştir. Buna göre 4-30°C sıcaklık aralığında görülen azalmanın sonikasyondan kaynaklandığını; 40-50°C'lerde ise bakteri inaktivasyonunda sıcaklığın da önemli derecede etkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada; ayrıca sıcaklık arttıkça *L. monocytogenes*'in ultrasonikasyona karşı direncinin azaldığı rapor edilmiştir. Bermúdez-Aguirre ve ark. (2010) sütte bulunan *L. innocua* ve mezofilik bakterilerin ısı ve termosonikasyonla etkisizleştirilmesini incelemiş ve inaktivasyon hızının ısı ile işleme kıyasla termosonikasyon işleminde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Cameron ve ark. (2008) çalışmalarında yağlı sütte 24-26°C'de ultrasonikasyon uygulamasıyla pastörizasyon yapmaya çalışmışlar ve 10 dakika sonunda 2.0 log kob/mL *L. monocytogenes* inaktivasyonu elde etmişlerdir.

Ugarte-Romero ve ark (2007) çalışmalarında 35°C gibi kısmen düşük sıcaklıklarda termosonikasyonun *L. monocytogenes* sayısında azalmaya etkisi olmadığını ancak, termosonikasyonun 50-65°C civarındaki sıcaklıklarda 20 dakika sonunda yaklaşık 2.8 logaritmik birimlik azalma elde edilebileceğini rapor etmişlerdir. Pagan ve ark. (1999b) ise yaptıkları çalışmada 50°C'ye kadar olan sıcaklık artışının *L. monocytogenes* inaktivasyonunda çok fazla etkin olmadığını ancak bu değer üzerine çıkıldığında artan bir etki gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Yapılan denemelerde 50°C sıcaklıkta elde edilen sonuçlara göre yalnızca ısı ile işleme uygulaması ile herhangi bir inaktivasyon gerçekleşmemesine karşın, termosonikasyon uygulamasında 12. dakika sonunda toplam 7.50 log kob/mL bir

azalma gerçekleşmiş ve mevcut *L. monocytogenes* kùltürü tamamen inaktive edilmiştir.



Şekil 4.6. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıt işlemler ve termosonikasyon uygulamalarının *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkileri

Bu çalışmada uygulanan 60°C’de 15 dakika ısıt işlemler sonunda bakteri sayısında 1.60 log kob/mL azalma gerçekleşmesine karşın termosonikasyon uygulamasında ise 6. dakika sonunda 7.60 log kob/mL azalma gerçekleşmiş ve bakteri tamamen inaktive edilmiştir. Buna sonuçlara göre ısıt işlemlerin *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine tek başına etkisinin yetersiz kaldığı belirlenmiştir. Termosonikasyon uygulamasının inaktivasyon etkisinin ise sıcaklık artışına bağılı olarak arttığı gözlenmektedir; 60°C sıcaklıkta uygulanan işlemlerde etkinin en üst düzeye ulaştığı görölmektedir.

Süte *L. innocua* ilave edilerek yapılan çalışmada 63°C sıcaklık ve termosonikasyon etkisi incelenmiş, sıcaklık uygulamasının hücre duvarını incelttiği ve termosonikasyon işleminin por oluşumuna neden olduğu bulunmuştur. Ayrıca uygulama süresinin 10 dakika olması durumunda hücrelerde kırılmaların oluştuğu,

30 dakikaya çıktığında ise hücrenin tamamen parçalandığı gösterilmiştir (Bermúdez-Aguirre ve ark., 2011).

Bermúdez-Aguirre ve ark., (2008) yaptıkları başka bir çalışmada elde edilen inaktivasyon değerleri, bu çalışmada elde edilen sonuçlardan daha düşük olmakla birlikte 63°C’de 15 dakika termosonikasyon işlemi sonunda yaklaşık 3,5 log kob/mL azalma elde etmişlerdir. Aynı çalışmada farklı yağ oranlarına sahip süt örnekleriyle de çalışılmış ve sütteki yağ oranının artmasıyla birlikte inaktivasyon değerinin azaldığı tespit edilmiştir. Termosonikasyonun *L. innocua* inaktivasyonuna etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada bazı sebze ve meyveler için ısıl işlemle haşlama ve termosonikasyonla haşlama işlemlerinin etkileri karşılaştırılmıştır. Elde ettikleri sonuçlara göre araştırmacılar 65°C’de yapılan denemelerde termosonikasyonla haşlama işleminin 1 log kob/mL daha fazla *L. innocua* inaktivasyonu sağladığını ve ürünün kalite özelliklerini daha fazla muhafaza ettiğini tespit etmişlerdir (Alexandre, 2010).

4.2.5. *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında *L. monocytogenes* hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerinin matematiksel model olarak ifade edilmesi için yapılan analiz sonuçlarına göre determinasyon katsayısı (R²), 0.607 olan karesel model oluşturulmuştur (Çizelge 4.9).

Listeria monocytogenes Sayısı =

$$7.524 + 2.683 \times \text{Proses} - 0.659 \times \text{Süre} - 1.617 \times \text{Sıcaklık}$$

Buna göre *L. monocytogenes* miktarındaki azalmanın % 60.7'si regresyon modeli tarafından açıklanmaktadır.

Çizelge 4.9. *L. monocytogenes* miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin std. hatası
1	0.7794	0.6075	0.5902	1.8136

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *L. monocytogenes* hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerine ait varyans analizi sonucuna göre çalışmada farklı proseslerin, sıcaklıkların ve sürelerin tek başına etkileri görüldüğü gibi bu parametrelerin bakteri sayıları üzerine ortak etkilerinin de bulunduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10 incelendiğinde uygulanan prosesin *L. monocytogenes* inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Aynı sıcaklık ve aynı sürede uygulanan farklı proseslerde elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin; 60°C'de 15 dakika ısıtma işlem uygulaması sonucu *L. monocytogenes* sayısı 2,3 log kob/mL azalırken, aynı sıcaklık ve sürede termosonikasyon uygulaması sonucunda 7,6 log kob/mL azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.10'da ayrıca uygulama sıcaklığının *L. monocytogenes* inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0,01$). Aynı proses ve aynı sürelerde, farklı sıcaklık uygulamalarının farklı miktarlarda inaktivasyona neden olduğu belirlenmiştir. Örneğin 6 dakika uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucu *L. monocytogenes* sayısında 50°C'de 0.35 log kob/mL azalma olurken 60°C'de 7.6 log kob/mL azalma olduğu belirlenmiştir.

L. monocytogenes inaktivasyonuna uygulama süresinin etkisi incelendiğinde, sürenin inaktivasyon üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. ($P<0.01$; Çizelge 4.10) Aynı proses ve sıcaklıkta ancak farklı sürelerde gerçekleştirilen uygulamalarda elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin 60°C’de termosonikasyon ile 3 dakika sonunda *L. monocytogenes* sayısında 2,25 log kob/mL azalma gerçekleşirken 6 dakika sonunda 7,6 log kob/mL bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.10. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *L. monocytogenes* inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Proses	1	129.605	9331.560	<0.001
Süre	5	18.536	1334.560	<0.001
Sıcaklık	2	65.002	4680.160	<0.001
Proses * Süre	5	10.944	787.992	<0.001
Proses * Sıcaklık	2	26.585	1914.120	<0.001
Süre * Sıcaklık	10	5.709	411.040	<0.001
Proses * Süre * Sıcaklık	10	5.202	374.568	<0.001

4.3. Uygulanan Farklı Yöntemlerin *E. coli* O157:H7 İnaktivasyonu Üzerine Etkileri

4.3.1. Isıl işlem uygulamasının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi

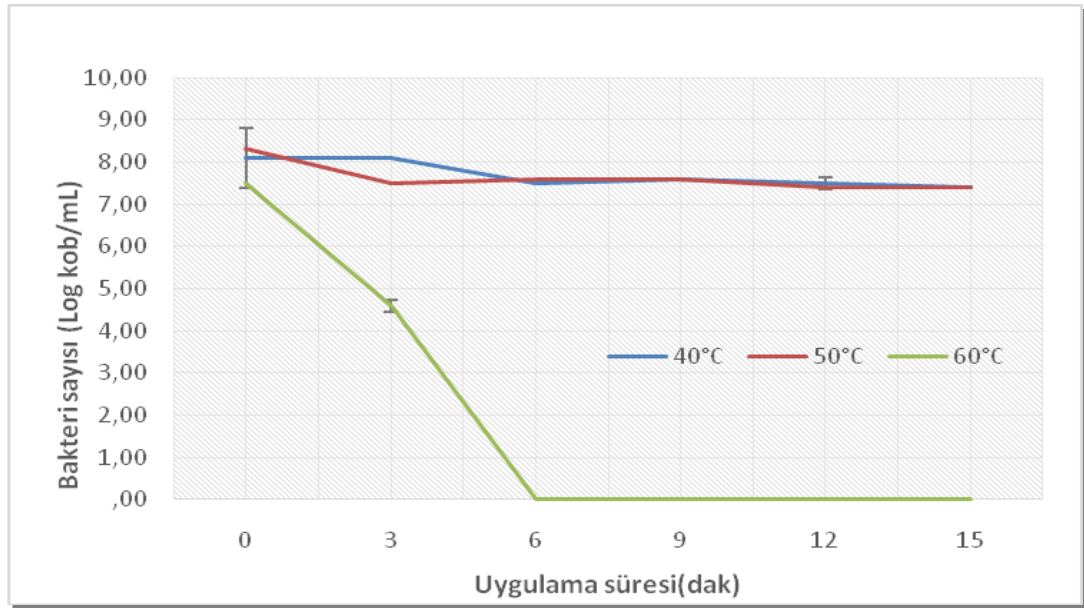
Dondurulmuş parmak patates üretimi haşlama sularında farklı sıcaklık ve sürelerde uygulanan ısıl işlem uygulamalarının *E.coli* O157:H7 hücreleri üzerindeki etkisi

Çizelge 4.11’de verilmiştir. Gerek 40°C’de uygulanan ve gerekse 50°C’de uygulanan 15’er dakikalık ısıt işlemin sonucu elde edilen verilere göre bakteri sayılarında istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenmemiştir ($p>0,05$). Fakat 60°C’de uygulanan ısıt işleminde ise 3 ve 6. dakikalarda sırasıyla 2.9 ve 7.5 log kob/mL azalma tespit edilmiş ve 6 dakikalık ısıt işlemin uygulaması sonucunda mikroorganizmaların tamamen inaktive olduğu görülmüş ve bu azalmaların istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$).

Çizelge 4.11. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıt işlemin *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	8.10 ± 0,707 ^a	8.30 ± 0.00 ^a	7.50 ± 0.000 ^a
3	8.10 ± 0.000 ^a	7.50 ± 0.00 ^a	4.60 ± 0.141 ^b
6	7.50 ± 0.000 ^a	7.60 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.000 ^c
9	7.60 ± 0.000 ^a	7.60 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.000 ^c
12	7.50 ± 0.141 ^a	7.40 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.000 ^c
15	7.40 ± 0.000 ^a	7.40 ± 0.00 ^a	0.00 ± 0.000 ^c

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil. 4.7. Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısı işlemin *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi

4.3.2. Termosonikasyon uygulamasının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi haşlama sularında farklı sıcaklık ve sürelerdeki termosonikasyon uygulamalarının *E. coli* O157:H7 hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.12’de verilmiştir. Buna göre, 40°C’de termosonikasyon uygulaması ile 3, 6, 9, 12 ve 15. dakika sonunda sırasıyla 0.15, 0.85, 1.30, 2.45 ve 7.30 log kob/mL inhibisyon gerçekleşmiş, 15 dakika sonunda canlı mikroorganizma tespit edilememiş; bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Aynı mikroorganizma ile gerçekleştirilen diğer bir denemede ise 50°C’de termosonikasyon uygulaması sonucunda 3 ve 6. dakika sonunda sırasıyla 2.70 ve 7.45 log kob/mL inhibisyon sağlanarak 6 dakika sonunda canlı bakteri sayısı tespit edilememiş ve bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Benzer şekilde 60°C’de termosonikasyon uygulaması sonucunda ise 3. dakikadan itibaren bakteri sayılarında azalma gözlenmeye başlanmış olup 7.10 log

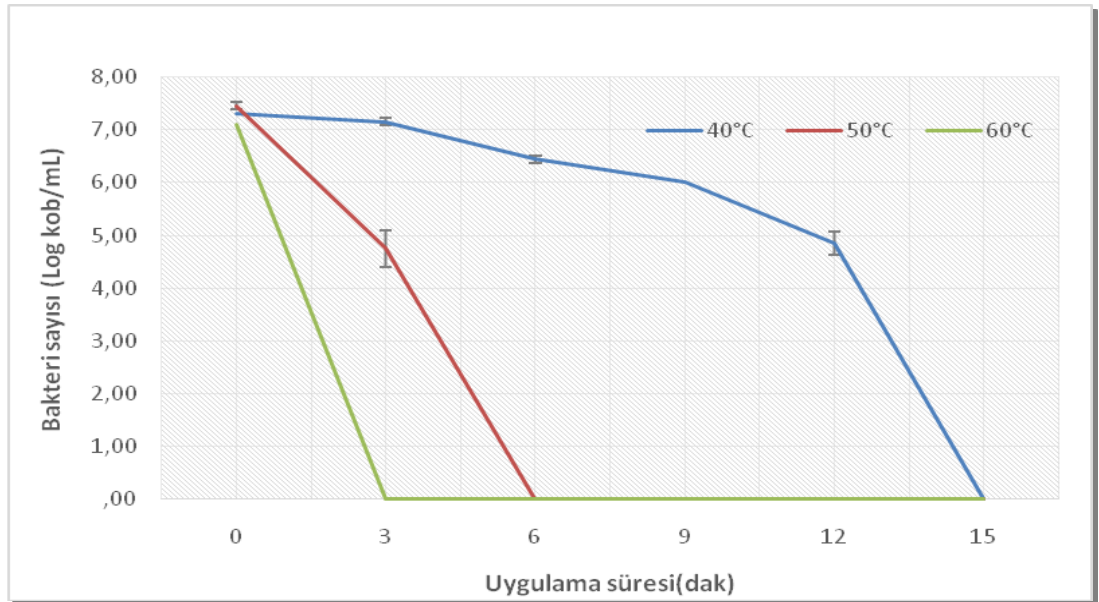
kob/mL inhibisyon gerçekleşerek bakteri gelişimi tespit edilememiş; bu sonuç istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 4.12 Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama süresi (dk)	Bakteri Sayısı (Log kob/mL)		
	40°C	50°C	60°C
0	7.30 ± 0.000 ^a	7.45 ± 0,071 ^a	7.10 ± 0.000 [#]
3	7.15 ± 0,071 ^a	4.75 ± 0.354 ^b	0.00 ± 0.000 [#]
6	6.45 ± 0.071 ^b	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 [#]
9	6.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 [#]
12	4.85 ± 0.212 ^d	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 [#]
15	0.00 ± 0.000 ^e	0.00 ± 0.000 ^c	0.00 ± 0.000 [#]

*: Aynı sütundaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

#: Standart hataları 0 olduğu için istatistiksel karşılaştırma yapılamamıştır.



Şekil 4.8. Farklı sıcaklıklarda uygulanan termosonikasyonun *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi

4.3.3. Bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi

Dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularına farklı sıcaklıklarda bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) ilavesinin *E. coli* O157:H7 hücreleri üzerindeki etkisi Çizelge 4.13’de verilmiştir. Buna göre; 25°, 40°, 50° ve 60°C’de 1 dakika %5 lik bitkisel sıvı ekstrakt karışımı uygulaması sonunda mikroorganizma kültüründe sırasıyla 0.85, 1.85, 7.40 ve 7.45 log kob/mL canlılık kaybı meydana geldiği belirlenmiştir. Denemelerde 25 ve 40°C’de uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımı ilavesi işlemleri sonucunda sınırlı mikrobiyal inaktivasyon gözlenmiş olmasına karşın, 50 ve 60°C’de uygulanan işlemler sonucunda test edilen bakterilerin canlılığını tamamen kaybettiği ve bu azalmanın istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($p<0.05$).

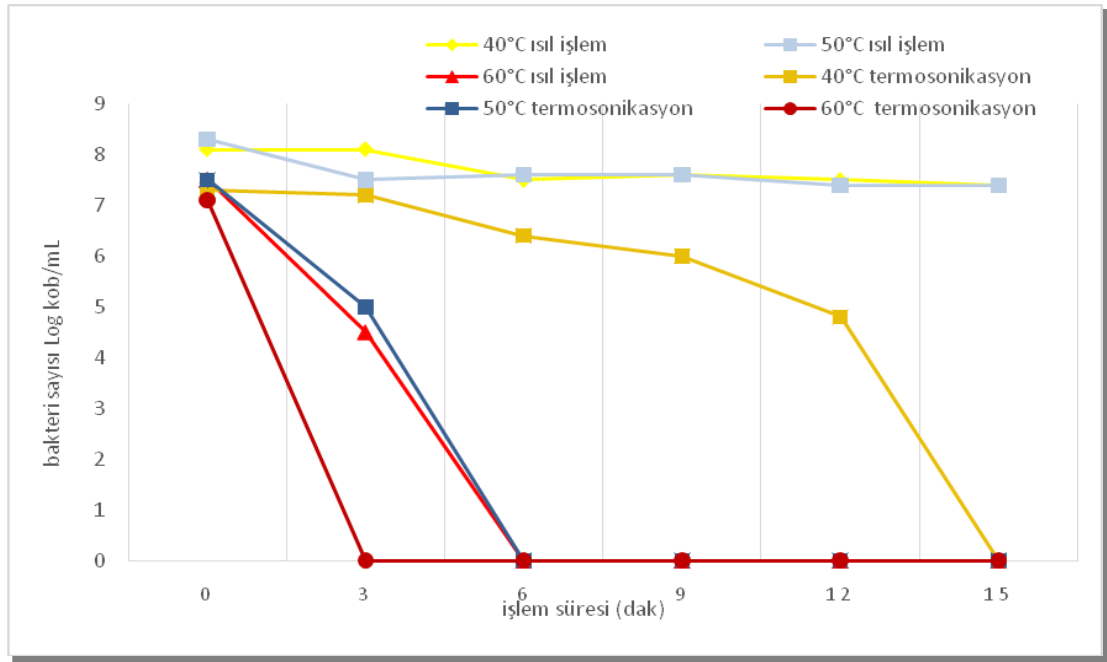
Çizelge 4.13. Farklı sıcaklıklarda uygulanan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkisi*

Uygulama sıcaklığı (°C)	ekstrakt ilavesi öncesi	ekstrakt ilavesi sonrası
	bakteri sayısı (Log kob/mL)	bakteri sayısı (Log kob/mL)
25	7.40 ± 0.000 ^a	6.55 ± 0.071 ^{bA}
40	7.55 ± 0.071 ^a	5.70 ± 0.141 ^{bB}
50	7.40 ± 0.000 ^a	0.00 ± 0.000 ^{bC}
60	7.45 ± 0.071 ^a	0.00 ± 0.000 ^{bC}

*: Aynı sütundaki farklı harfler (A-D) ve aynı satırdaki farklı harfler (a-d) istatistiksel olarak farklılığı göstermektedir ($p<0.05$).

4.4.4. Isıl işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması

Farklı sıcaklıklardaki ısıtım işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *E. coli* O157:H7 canlılığı üzerine etkileri Şekil 4.10'da verilmiştir. Buna göre 40°C sıcaklıkta uygulanan ısıtım işlem uygulaması ile herhangi bir inaktivasyon olmamasına karşın, termosonikasyon uygulaması ile 15 dakika sonunda 7.30 log kob/mL canlılık kaybı meydana geldiği ve bakteri gelişiminin tespit edilemediği belirlenmiştir. Öldürücü olmayan sıcaklıkta elde edilen sonuçlar, Cameron ve arkadaşlarının (2009b) yaptıkları çalışmada elde ettikleri sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Buna göre araştırmacılar 24-26°C'de yağlı sütte 10 dakika sonunda ultrasonikasyon işlemi ile *E. coli* sayısında yaklaşık 5 log kob/mL inaktivasyon elde etmişlerdir. Aynı araştırmacıların gerçekleştirdikleri başka bir çalışmada ise 24-26°C de uygulanan ultrasonikasyon işlemi ile *E.coli* sayısında 10 dakika sonunda süt ortamında 4.42, tuzlu su solüsyonunda ise 3.88 log kob/mL inhibisyon tespit edilmiştir (Cameron ve ark., 2009a). İnsan sütünde ultrasonikasyon ile pastörizasyon yapmayı amaçlayan bir çalışmada ise 4°C'de 5 dakikada 3 log kob/mL inhibisyon gerçekleşmesine karşın 45° ve 50°C'de termosonikasyon ile 5 dakikada yaklaşık 5 log kob/mL inhibisyon gerçekleştiği belirlenmiştir (Czak ve ark., 2010).



Şekil 4.9 Farklı sıcaklıklarda uygulanan ısıt işlem ve termosonikasyon uygulamalarının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine etkileri

Engin ve Yüceer (2011) sütte toplam koliform, *E. coli* ve *Staphylococcus* spp. inhibisyonu için ısıt işleme alternatif olarak UV ışık ve ultrasonikasyonun kullanımını araştırmışlar. Çalışmada 5°C’de 15 dakikalık ultrasonikasyon işlemiyle 1,7 log kob/mL *E. coli* inhibisyonu elde etmişlerdir. Patil ve ark. (2009) çalışmalarında model portakal suyunda 30°C altındaki sıcaklıkta uyguladıkları Termosonikasyon işlemiyle 15 dakika sonunda *E. coli* ATCC 25922 sayısında 5.9 log kob/mL inhibisyon elde etmişlerdir.

Yapılan denemelerde 50°C’de uygulanan ısıt işlemle herhangi bir inhibisyon olmamasına karşın termosonikasyon uygulaması ile 6 dakika sonunda 7,45 log kob/mL inhibisyon tespit edilmiş ve bakteri gelişiminin tamamen engellendiği belirlenmiştir.

Lee ve ark. (2013) fosfat tampon çözeltisinde 40°, 47°, 54° ve 61°C’de termosonikasyon ile *E. coli* K12 inaktivasyonu amaçlamışlar ve 4 dakikalık işlem

sonunda sırasıyla yaklaşık 4.0, 4.5, 4.5 ve 7.0 log kob/mL azalma tespit etmişler. Ancak bu çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde yalnızca ısıtma işlemi uygulamasıyla 40°C, 47°C ve 54°C’de hiçbir inhibisyon sağlanamadığını; buna karşın 61°C’de ısıtma işlemi uygulaması sonucunda 5,0 log kob/mL bir inhibisyon elde ettiklerini rapor bildirmişlerdir. Elma suyunda *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu amaçlanan diğer bir çalışmada ise 20°C’de 6 dakikada 5 log kob/mL inhibisyon elde edilmesine karşın 57°C’de 4,5 dakikada 5 log kob/mL inhibisyon elde edildiği belirtilmiştir (D’Amico ve ark., 2006). Ugarte-Romero ve ark. (2006) elma suyunda 5 log kob/mL *E. coli* K12 inhibisyonu için 60°C’de 4 dakika termosonikasyonun yeterli olduğunu ve ancak 60°C’nin altındaki sıcaklıklarda 5 log kob/mL inhibisyon elde etmek için termosonikasyon süresinin 10 dakikanın üzerine çıkması gerektiğini rapor etmişlerdir. Salleh-Mack ve ark. (2007) tarafından yayınlanan makalede ise öldürücü olmayan sıcaklıklarda pastörizasyon için 5 log kob/g inhibisyona ulaşmak için uzun süren ultrasonikasyon uygulamasına ihtiyaç duyulduğunu, 30°C civarında uygulanan termosonikasyon işleminde *E. coli* ATCC 25922 sayısında 4-5.4 log kob/g inhibisyon için 9-11 dakika uygulama süresi gerektiği, sıcaklığın 60°C’ye çıkmasıyla 3 dakikadan daha az bir sürede 5 log kob/g inhibisyon elde edilebildiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ısıtma işlemi uygulaması ile 40° ve 50°C de *E. coli* O157:H7 sayısında herhangi bir azalma tespit edilmemesine karşın, 60°C’ de uygulanan ısıtma işlemi ile 6 dakika sonunda 7,50 log kob/mL inhibisyon gerçekleşerek, bakteri gelişiminin tamamen durduğu belirlenmiştir. Aynı sıcaklıkta uygulanan termosonikasyon sırasında ise 3 dakika sonunda 7.10 log kob/mL inhibisyon gerçekleşerek bakteri gelişimi tamamen inhibe edilmiştir.

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlara benzer şekilde Ugarte-Romero ve ark. (2006) öldürücü sıcaklıkta (60°C) termosonikasyon uygulamasıyla yalnızca ısıl işlem uygulamasını karşılaştırdıklarında, elma suyunda *E. coli* K12 inhibisyonu üzerine belirgin bir fark olmadığını; öldürücü olmayan sıcaklıklarda ise ultrasonikasyonun inaktivasyon etkisinin daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada 40° ve 50°C’ de *E. coli* K12 inhibisyonunda ısıl işleme göre termosonikasyon uygulamasının 20 dakika sonunda yaklaşık 5,3 ve 5,0 log kob/mL daha fazla öldürücü etkisi bulunduğunu rapor etmişlerdir. Isıl işleme göre termosonikasyon uygulaması 60°C’ de ise yalnızca 0,1 log kob/mL daha fazla inhibisyon etkisi göstermiştir. Lee ve ark. (2013) elma suyunda 59°C’de *E. coli* K12 inhibisyonu çalışmışlar ve 3.8 dakika sonunda 5 log kob/mL inhibisyon değeri elde etmişlerdir. Aynı sıcaklıkta elma suyunda termosonikasyon uygulamasını 200 kPa altında yapınca (manotermosonikasyon) 5 log kob/mL birimlik *E. coli* K12 inhibisyonu için gerekli olan süreyi 1.4 dakika olarak bulmuşlardır. Scherba ve ark. (1991) termosonikasyonun *E. coli* inhibisyonu üzerine etkisini sıvı ortamda farklı süre ve farklı genliklerde denemişler; uygulama süresiyle birlikte inhibisyon etkisinin arttığını fakat uygulama genliğinin artmasının inhibisyona etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

Herceg ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada sütte ultrasonikasyonla *E. coli* ve *Staphylococcus aureus* inhibisyonunu amaçlamışlardır. *E. coli* inhibisyonunda 20°C gibi düşük sıcaklıkta 6 dakikada 1.34 logaritmik birimlik azalma elde etmişler ve termosonikasyonla *E. coli* inhibisyonun daha yüksek sıcaklıklarda (40 - 60°C) arttığını bulmuşlardır.

Scouten ve Bouchat (2001) ise yaptıkları çalışmada *E. coli* O157:H7 inokule ettikleri alfalfa tohumlarına 5 dakika süreyle 23°C’de ultrasonikasyon uygulamışlar ve

bakteri sayısında 0.55 log kob/mL inhibisyon tespit etmişlerdir. Uygulama sıcaklığı 55°C çıkarıldığında ise termosonikasyon işlemiyle 5 dakika sonunda 1.77 log kob/mL inhibisyon tespit etmişler. Termosonikasyon uygulamasına %1’lik Ca(OH)₂ ilavesi yapılması durumunda 23° ve 55°C’de canlılık kayıplarının sırasıyla 1.94 ve 2.71 log kob/mL olarak gerçekleştiğini belirlemişlerdir.

4.4.5. *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu üzerine uygulama parametrelerinin etkileri

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin dondurulmuş parmak patates üretimi proses haşlama sularında *E. coli* O157:H7 hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerinin matematiksel model olarak ifade edilmesi için yapılan analiz sonuçlarına göre determinasyon katsayısı (R²), 0.689 olan karesel model oluşturulmuştur (Çizelge 4.14).

Escherichia coli O157:H7 sayısı =

$$10.174 + 2.571 \times \text{Proses} - 0.867 \times \text{Süre} - 2.819 \times \text{Sıcaklık}$$

Buna göre *E. coli* O157:H7 miktarındaki azalmanın % 68.9’u regresyon modeli tarafından açıklanmaktadır.

Çizelge 4.14. *E. coli* O157:H7 miktarındaki azalmaya ait oluşturulan model özeti

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin std. hatası
1	0.8303	0.6894	0.6756	2.0267

Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *E. coli* O157:H7 hücreleri üzerindeki inaktivasyon etkilerine ait varyans analizi sonucuna göre çalışmada farklı

proseslerin, sıcaklıkların ve sürelerin tek başına etkileri görüldüğü gibi bu parametrelerin bakteri sayıları üzerine ortak etkilerinin de bulunduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15 incelendiğinde uygulanan prosesin *E. coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) Aynı sıcaklık ve aynı sürede uygulanan farklı proseslerde elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin; 50°C’ de 15 dakika ısıtım uygulaması sonucu *E. coli* O157:H7 sayısı 0,9 log kob/mL azalırken, aynı sıcaklık ve sürede uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucunda 7,45 log kob/mL azalma olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.15’te ayrıca uygulama sıcaklığının *E. coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) Aynı proses ve aynı sürelerde, farklı sıcaklıklardaki uygulamalarda elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin; 3 dakika uygulanan termosonikasyon uygulaması sonucu *E. coli* O157:H7 sayısında 50°C’ de 2.70 log kob/mL azalırken 60°C’ de 7.10 log kob/mL azalma olduğu tespit edilmiştir.

E. coli O157:H7 inaktivasyonuna uygulama süresinin etkisi incelendiğinde, sürenin inaktivasyon üzerine etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$) Aynı proses ve sıcaklıkta ancak farklı sürelerde gerçekleştirilen ısıtım uygulamalarda elde edilen inaktivasyon değerlerinin farklı olduğu belirlenmiştir. Örneğin; 60°C’ de ısıtım uygulaması sonucu 3. dakika sonunda *E. coli* O157:H7 sayısında 2.90 log kob/mL azalma meydana gelirken, 6 dakika sonunda 7.50 log kob/mL azalma olmuştur.

Çizelge 4.15. Uygulanan proses, sıcaklık ve sürenin *E. coli* O157:H7 inaktivasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Proses	1	156.350	7763.593	<0.001
Süre	5	42.300	2100.404	<0.001
Sıcaklık	2	148.750	7386.214	<0.001
Proses * Süre	5	5.570	276.570	<0.001
Proses * Sıcaklık	2	35.388	1757.221	<0.001
Süre * Sıcaklık	10	6.775	336.396	<0.001
Proses * Süre * Sıcaklık	10	6.666	330.983	<0.001

5. SONUÇ

Bu çalışmada elde edilen verilere göre; termosonikasyon uygulamasının ısıl işlem uygulamasına kıyasla daha yüksek canlılık kayıplarına neden olduğu belirlenmiştir. Buradan her iki uygulamanın da inaktivasyon etkisinin sıcaklıkla beraber arttığı gözlenmekle beraber termosonikasyon uygulamasının inhibe edici etkisinin 40°C gibi düşük sıcaklıklarda da gerçekleştiği, böylece aynı inaktivasyon değerlerine ulaşmak için daha yüksek sıcaklık uygulamasına gerek olmadığı tespit edilmiştir. Yeterli sıcaklık ve sürede uygulandığında ısıl işlemin bakterileri tek başına inhibe etmeye yeterli olduğu, 60°C sıcaklıkta ise termosonikasyon uygulanmasının inaktivasyon süresini azalttığı belirlenmiştir.

Bitkisel sıvı ekstrakt karışımı (Asatim) uygulaması ile düşük sıcaklıklarda patojen bakterilerin inaktivasyonunda 1 dakika gibi kısa bir sürede 2 ila 8 logaritmik birim arası azalma gerçekleşmiş; 60°C gibi kısmen daha yüksek sıcaklıklarda ise tüm patojenleri 1 dakikalık uygulama sonunda tamamen inhibe etmiştir. Dolayısıyla hem uygulama süresi açısından hem de inhibisyon etkinliği açısından araştırmada kullanılan bitkisel sıvı ekstrakt karışımının oldukça etkili olduğu gözlenmiştir.

Her iki uygulama da çalışmamızda amaçlanan düşük sıcaklıklarda mikrobiyal inaktivasyonda etkin olmalarına karşın gerçek gıda üretim koşullarında etkin bir şekilde uygulanabilirliğinin kanıtlanması, düşük sıcaklıklarda enzim inaktivasyonunun, indirgen şeker kontrolü ve haşlamaya etkileri gibi gerçek üretim koşullarındaki parametrelerle de ayrıca çalışılması ve elde edilecek verilere göre sürekli sistemlerde de uygulanabilirliğinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Acharya TK, Chatterjee IB. 1975. Isolation of Chrysophanic acid-9-anthrone, the Major Antifungal Principle of Cassia tora. Lloydia, 38: 218-220.

Al Bsoul, A., Magnin, J.P., Commenges-Bernole, N., Gondrexon, N., Willison, J., Petrier, C. 2010. Effectiveness of ultrasound for the destruction of *Mycobacterium* spp. strain. Ultrason. Sonochem. 17 (1): 106-110.

Altun M. 1996. Depolanma sıcaklığının patatesin nişasta ve C vitamini düzeyleri üzerine etkisinin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi

Anonymus, Food and Drug Administration Report, Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies: Ultrasound. Basım: Haziran 2. 2000. <http://vm.cfsan.fda.gov/~comm/ift-us.html>

Award, T. S., Moharram, H. A, Shaltout, O. E., Asker, D., Youssef, M. M. 2012. Applications of ultrasound in analysis, processing and quality control of food: A review. Food Research International, 48: 410–427

Barbosa-Canovas, G. V., Pothakamury, U.R., Palou, E. ve Swanson, B. G. 1998. nonthermal preservation foods, Marcel Dekker, Inc, New York.

Bermúdez-Aguirre, D., Mawson, R., Barbosa-Cánovas, G.V. 2011. Study of possible mechanisms of inactivation of *Listeria innocua* in thermo-sonicated milk using Scanning electron microscopy and transmission Electron microscopy, Journal of Food Processing and Preservation, 35: 767–777.

Bermudez-Aguirre D., Corradini MG., Mawson R., Barbosa-Canovas, G.V. 2010. Modeling the inactivation of *Listeria innocua* in raw whole milk treated under thermo-sonication. Inno Food Sci Emerg Tec, 10: 172–178.

Bermúdez-Aguirre, Daniela ve Gustavo V. Barbosa-Cánovas. 2008. Study of butter fat content in milk on the inactivation of *Listeria innocua* ATCC 51742 by thermo-sonication. Innovative Food Science & Emerging Technologies 9: 176-185.

Beuchat, L.R., Antimicrobial properties of spices and their essential oils. In: Dillon, Y.M., Board, R.G. (Eds.). 1994. Natural Antimicrobial Systems and Food Preservation. CAB International, Oxon, pp. 167–179.

Butz, P., Tauscher, B. 2002. Emerging Technologies: Chemical Aspects. *Food Research International*, 35(2/3): 279–284.

Cameron M, McMaster L.D., Britz TJ. 2009a. Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components. Dairy Sci Tec, 89: 83-98.

- Cameron, M., McMaster, L.D., Britz, T.J. 2008. Electron microscopic analysis of dairy microbes inactivated by ultrasound, *Ultrasonics Sonochemistry* 15: 960-964
- Cameron, M., McMaster, L.D., Britz, T.J. 2009b. Impact of ultrasound on dairy spoilage microbes and milk components", *Dairy Science & Technology*, vol. 89: 83-98
- Chandrapala, J., Zisu, B., Kentish, S., Ashokkumar, M. 2012. The effects of high-intensity ultrasound on the structural and functional properties of α -Lactalbumin, β -Lactoglobulin and their mixtures. *Food Research International*, 48: 940-943.
- Condon, S., Raso, J., Pagan, R. 2005. Microbial inactivation by ultrasound: in *Novel Food Processing Technologies*, , Eds. Barbosa-Canovas, G. V., Tapia, M. S., Cano, M. P., CRC Press, 423-442. USA.
- Crum, L.A. 1995. Comments on the evolving field of sonochemistry by a cavitation physicist. *Ultrason. Sonochem.* 2 (2), S147eS152.
- Cutler, H.G. 1995. Natural product flavor compounds as potential antimicrobials, insecticides, and medicinals. *Agro-Food-Industry Hi-Tech*, 6, 19–23.
- Czank C, Simmer K, Hartmann PE. 2010. Simultaneous pasteurization and homogenization of human milk by combining heat and ultrasound: effect on milk quality. *J Dairy Res.* 7, 1-7.
- D'Amico, D.J., Silk, T.M., Wu, J.R. ve Guo, M.R. 2006. Inactivation of microorganisms in milk and apple cider treated with ultrasound. *Journal of Food Protection*, 69: 556-563.
- Demirdoven A., Baysal T. 2008. The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation, *Food Reviews International*, 25: 1-11
- Deans, S. G. ve Svoboda, K. P. 1989. Antimicrobial activity of summer savory (*Satureja hortensis* L.) essential oil and its constituents. *Journal of Horticultural Science*, 64: 205–210.
- Delikara, B. 2006. *L. monocytogenes'* in Sonikasyonla İnaktivasyonunda Farklı Amplitüd, pH ve Sıcaklığın Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Eskişehir.
- Drakopoulou S., Terzakis S., Fountoulakis MS., Mantzavinos D., Manios D. 2009. Ultrasound -induced inactivation of gram-negative and gram-positive bacteria in secondary treated municipal wastewater. *Ult Sonoc*, 16: 629–634
- Ugarte-Romero E., Feng H., Martin S.E., Cadwallader K.R., Robinson S.J. 2006. Inactivation of *Escherichia coli* with power ultrasound in apple cider, *J. Food Sci.* 71: E102–E108.
- Earnshaw, R.G., Appleyard, J. ve Hurst, R.M. 1995. Understanding physical inactivation processes: Combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28: 197-219.

- Engin B., Yuceer Y. K. 2012. Effect of ultraviolet light and ultrasound on microbial quality and aroma-active components of milk, J Sci Food Agric 1245-1252.
- Ercan S. Ş., Soysal Ç. 2011. Ultrasonun gıdalarda ve enzimlerin inaktivasyonunda kullanılması, GIDA 36 (4): 225-231
- Ercan, S., Ş., Soysal Ç. 2013. Use of ultrasound in food preservation. Natural Science Vol.5, No.8A2, 5-13
- Fellows, P. 2000. Food processing technology, principles and practice (2nd ed.), New York: CRC Press.
- Gao S., Hemar Y., Ashokkumar M., Paturel S., Lewis G. D. 2014. Inactivation of bacteria and yeast using high frequency ultrasound treatment. Water Research 60: 93-104
- Garcia, M.L., Burgos, J., Sanz, B. ve Ordonez, J.A. 1989. Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of *Bacillus subtilis*, Journal of Applied Bacteriology 67: 619-628.
- Garcia, M.L., Burgos, J., Sanz, B., Ordonez, J.A. 1989. Effect of Heat and Ultrasonic Waves on the Survival of Two Strains of *Bacillus subtilis*. Journal of Applied Bacteriology, 67:619-628.
- Harvey, E., Loomis, A.I. 1929. The destruction Luminous bacteria by high frequency sound waves. J. Bacteriol. 17: (5), 373-376
- Herceg Z; Anet Režek J; Vesna L; Selma Mededovic T. 2012. The Effect of High Intensity Ultrasound Treatment on the Amount of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* in milk, Food Technology & Biotechnology; Jan-Mar, 50 : 46
- Hızlısoy H., Erdoğan S., Abay S., Aydın F. 2010. *Rumex acetosella*, *Achillea millefolium* ve *Plantago lanceolata* Bitkilerinden Hazırlanan Ekstre Karışımının Tavuk Karkaslarındaki *Campylobacter jejuni* Üzerine Antibakteriyel Etkinliği, 9. Ulusal Veteriner Mikrobiyoloji Kongresi
- Hoover, D.G. 1997. Minimally processed fruits and vegetables: Reducing microbial load by nonthermal physical treatments. Food Technology, 51: 66–71.
- Hülsem, U. 1999. Alternative heat treatment processes. European Dairy Magazine 3: 20– 24.
- İlisulu, K. 1960. Nişasta-Şeker Bitkileri ve Islahı, A:Ü:Z:F:Yayınları Ders kitabı, 279. A:Ü:Basımevi, Ankara, (1986) 278s.
- Jayasooriya, S.D., Bhandari, B.R., Torley, P. ve Darcy, B.R. 2004. Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: A review. International Journal of Food Properties, 2: 301-319.
- Johnson, L.L., Peterson, R.V., Pitt, W.G. 1998. Treatment of Bacterial Biofilms on Polymeric Biomaterials Using Antibiotics and Ultrasound. Journal of Biomaterial Science, Polymer Ed., 9: 1177-1185.

Joyce, E., Al-Hashimi, A., Mason, T.J. 2011. Assessing the effect of different ultrasonic frequencies on bacterial viability using flow cytometry. J. Appl. Microbiol. 110 (4), 862-870.

Kentish, S., Ashokkumar, M. 2011. The physical and chemical effects of ultrasound. In: Feng, H., Barbosa-Canovas, G.V., Weiss, J., (Eds.), *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer, London. 1-12.

Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V. ve Lee, D.U. 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 261-266. doi:10.1016/j.tifs.2003.12.001

Krefting, D., Mettin, R. ve Lauterborn, W. 2004. High-speed observation of acoustic cavitation erosion in multibubble systems, *Ultrasonics Sonochemistry*, 11, 119– 123.

Kuldiloke J, Eshtiaghi MN. 2008. Application of non-thermal processing for preservation of orange juice. *Kmitl Sci Tec*, 8 : 1-11.

Lee B. H., Kermasha S., Baker B. E. 1989. Thermal, ultrasonic and ultraviolet inactivation of *Salmonella* in thin films of aqueous media and chocolate. *Food Microbiol.* 6 : 143–152.

Lee H., Zhou B., Liang W., Feng H., Martin E. S. 2009. Inactivation of *Escherichia coli* cells with sonication, manosonication, thermosonication, and manothermosonication: Microbial responses and kinetics modeling. *Journal of Food Engineering*, 93: 354-364.

Lee H., Zhou B., Liang W., Feng H., Martin E. S. 2013. Sonication in combination with heat and low pressure as an alternative pasteurization treatment – Effect on *Escherichia coli* K12 inactivation and quality of apple cider. *Ultrasonics Sonochemistry* 20: 1131-138.

Lee, B.H., Kermasha, S., Baker, B.E. 1989. Thermal, ultrasonic and ultraviolet inactivation of *Salmonella* in thin films of aqueous media and chocolate, *Food Microbiology* 6 : 143-152.

Leighton, TG. 2007. What is ultrasound?, *Prog Biophys Molecular Biology*, 93, 3–83.

Lilliard, H.S.i. 1993. Bactericidal effect of chlorine on attached *Salmonella* with and without sonication, *Journal of Food Protection*, 56 – 8: 716-717

Lilliard, H.S.i. 1994. Decontamination of poultry skin by sonication, *Food Technology*, Dec., 72-73.

Liu, E. Z., Scanlon, M. G. 2007. Modeling the effect of blanching conditions on texture of potato strips, *Journal of food engineering*, 81: 292-297

Limaye, M.S. ve Coakley, W.T. 1998. Clarification of small volume microbial suspensions in an ultrasonic standing wave, *Journal of Applied Microbiology* 84: 1035-1042.

Lopez-Malo, A., Guerrero, S., Alzamora, S.M.i. 1999. *Saccharomyces cerevisiae* thermal inactivation kinetics combined with ultrasound, *Journal of Food Protection*, 62: 1215-1217

Maisonhaute, E., Prado, C., White, P.C. ve Compton, R.G. 2002. Surface acoustic cavitation understood via nanosecond electrochemistry. Part III: shear stress in ultrasonic cleaning, *Ultrasonics Sonochemistry*, 9: 297–303.

Manas, P., Munoz, B., Sanz, D. ve Condon. 2006. S. Inactivation of lysozyme by ultrasonic waves under pressure at different temperatures. *Enzyme and Microbial Technology*, 39 : 1177-1182.

Marx G., Moody A., Bermúdez-Aguirre D. 2011. A comparative study on the structure of *Saccharomyces cerevisiae* under nonthermal technologies: High hydrostatic pressure, pulsed electric fields and thermo-sonication *International Journal of Food Microbiology* 151: 327–337

Mason, T.J.. Paniwnyk, L. Lorimer, J.P. 1996. The uses of ultrasound in food technology. *Ultrasonics Sonochemistry*, 3 : 253–260.

McClements, D.J. 2005. Advances in the application of ultrasound in food analysis and processing. *Trends in Food Science and Technology*, 6 : 293-299. doi:10.1016/S0924-2244(00)89139-6

Mertens, B. ve Knorr, D. 1992. Developments of nonthermal processes for food preservation, *Food Technology*, 46 : 124-133.

Miranda, M. L., Aguilera, J., M. 2006. Structure and Texture Properties of Fried Potato Products, *Food Reviews International*, 22 : 173-201,

Mosley, A. R. 2014. Manufacture, Storage and Transport of Frozen French Fries, 18 Kasım 2014 tarihinde erişildi: <http://oragonstate.edu/potatoes/Frozen>

Munkacsi, F., Elhami, M. 1976. Effect of ultrasonic and ultraviolet irradiation on chemical and bacteriological quality of milk. *Egyptian Journal of Dairy Science* 4: 1 – 6.

Muthukumarappan, K., Tiwari, B. K., O'Donnel, C. P., Cullen, P. J. 2010. Ultrasound processing: rheological and functional properties of food: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, 85-102, Edt. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.

Nakatani, N. 1994. Antioxidative and antimicrobial constituents of herbs and spices. In: Charalambous, G. (Ed.), *Spices, Herbs and Edible Fungi*. Elsevier Science, New York, pp. 251–271.

Piyasena P., Mohareb E., McKellar R.C. 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Food Research Program, International Journal of Food Microbiology* 87: 207– 216

Pagan, R., Manas, P., Alvarez, I., Condon, S. 1999a. Resistance of *Listeria monocytogenes* to ultrasonic waves under pressure at sublethal (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures. *Food Microbiology*, 16: 139-148.

Pagan, R., Manas, P., Rso. J., Condon, S. 1999b. Bacterial resistance to ultrasonic waves under pressure (manosonication) and lethal (manothermosonication) temperatures, *Applied and Environmental Microbiology*, 65 : 297-300.

Palacios, P., Burgos, J., Hoz, L., Sanz, B., Ordonez, J. A.i. 1991. Study of substances released by ultrasonic treatment from *Bacillus stearothermophilus* spores, *Journal of Applied Bacteriology*, 71 :445-451.

Patil, S., Bourke B., Kelly B., Frias J. M., Cullen P.J. 2009. The effects of acid adaptation on *Escherichia coli* inactivation using power ultrasound. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, Vol.10, Issue 4, pp. 486-490

Pehlivan A. S. 2014. İşlenmiş Patates Yatırımı Yapın. Erişim tarihi: 11 Kasım 2014. <http://www.myfikirler.org/islenmis-patates-yatirimi-yapin.html>.

Rastogi N. K. 2011. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51 : 705–722

Riener J., Noci F., Cronin d.a., Morgan D.J., Lyng J.G. 2009. The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry* 114 : 905–91

Sala, F. J., Burgos, J., Condon, S., Lopez, P., Raso, J. 1995. Effect of heat and ultrasound on microorganisms and enzymes, In G. W. Gould (Ed.), *New methods of food preservation*, London Blackie Academic and Professional. 176-204.

Sams, A.R., Ferial, R. 1991. Microbial effects of ultrasonication of broiler drumstick skin, *Journal of Food Science*, 56 : 247-248.

Salleh-Mack S.Z., Roberts J.S. 2007. Ultrasound pasteurization: the effect of temperature, soluble solids, organic acids and pH on the inactivation of *Escherichia coli* ATCC 25922, *Ultrason. Sonochem.* 14 : 323–329.

Sagong, H.G., Lee S.H., Chang P. S., Heu S., Ryu S. 2011. Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *Int J Food Microbiol*, 145: 287-292.

Salazar, J., Chávez, J. A., Turó, A. ve García-Hernández, M. J. 2010. Effect of ultrasound on food processing: in *Novel Food Processing, Effects on Rheological and Functional Properties*, Sf. 65-84, Eds. Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Kasapis, S., Boye, J. I., CRC Press, USA.

Sanz, T., Primo-Martin, C., Vliet, T. 2007. Characterization of Crispness of French fries by fracture acoustic measurements, effect of pre-frying and final frying times *Food research international*, 40 : 63-70

São José J.F.B.de, Andrade N.j.de,Ramos A.M., Vanetti M.C.D., Stringheta P.C., Chaves J.P.B. 2014. Decontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. Food Control 45 : 36-50

Scherba, G., Weigel, R.M., O'Brien, W.D. 1991. Quantitative assessment of the germicidal efficacy of ultrasonic energy. Applied and Environmental Microbiology 57 (7), 2079– 2084.

Scouten, A.J., Beuchat, L.R. 2002. Combined effects of chemical, heat and ultrasound treatments to kill *Salmonella* and *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. Journal of Applied Microbiology 92 :668–674.

Seymour, I.J., Burfoot, D., Smith, R.L., Cox, L.A., Lockwood, A. 2002. Ultrasound decontamination of minimally processed fruits and vegetables. International Journal of Food Science & Technology 37 : 547– 557.

Smid E.J., Gorris L.G.M. 1999. Natural antimicrobials for food preservation. In: Rahman M.S., Ed., Handbook of Food Preservation. Marcel Dekker, New York, pp. 285-308.

Suslick, K. S. 1988. Ultrasound, its chemical, physical and biological effects, Chapter 4, Homogeneous Sonochemistry, VCH Publishers, 125p.

Tornuk F., Gokmen S., Bugdayci K., Sagdic O., Yetim H. 2011. Efficiency of a commercial liquid spice extracts mix for the decontamination of *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7 from meat surface, 57th International Congress of Meat Science and Technology, 7-12 August 2011, Ghent Belgium

Tuzlacı E., Şifa Niyetine, Türkiye'nin Bitkisel Hlak İlaçları, Alfa Yayınları, İstanbul 2006. 18-301.

Ugarte-Romero, E., Feng, H., Martin, S. 2007. Inactivation of *Shigella boydii* 18 IDPH and *Listeria monocytogenes* Scott A with power ultrasound at different acoustic energy densities and temperatures. Journal of Food Science, 72(4), 103–107.

Ugarte-Romero, E., Feng, H., Martin, S. E., Cadwallader, K. R. and Robinson, S. J.2006. Inactivation of *Escherichia coli* with Power Ultrasound in Apple Cider. Journal of Food Science, 71 : 102–108

Übeyitoğulları, F. 2005. “Hatay Yöresinde Yetiştirilen Bazı Patates Çeşitlerinin Fiziksel, Kimyasal ve Teknolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Hatay, 1 s.,

Valero, M., Recrosio, N., Saura, D., Munoz, N., Marti, M., Lizama, M. 2007. Effects of Ultrasonic Treatments in Orange Juice Processing. Journal of Food Engineering, 80 : 509-516.

Van Der Vijver L.M., Lotter A.P. 1971. Connstutiens in the rotts of *P. zeylanica* responsible for antibacterial activity. Planta Med 20(1):8-13

Villamiel, M., De Jong, P. 2000. İnactivation of *Pseudomonas fluorescens* and *Streptococcus thermophilus* in Trypticase Soy Broth and Total Bacteria in Milk by

Continuous-Flow Ultrasonic Treatment and Conventional Heating. Journal of Food Engineering, 45 : 171-179.

Villamiel, M., Van Hamersveld, E.H., Jong, P. 1999. Review: effect of ultrasound processing on the quality of dairy products. Milchwissenschaften, 54 : 69–73.

Weiss, J., Gulseren, I., Kjartansson, G. 2011. Physicochemical effects of high intensity ultrasonication on food proteins and carbohydrates. In: Zhang, H., Barbosa-Canovas, G.V., Balasubramaniam, V.M., Dunne, C.P., Farkas, D.F., Yuan, J. T.C. (Eds.), Nonthermal Processing Technologies for Foods. Wiley, UK, pp. 109–134.

Wrigley, D.M. ve Llorca, N.G. 1992. Decrease of *Salmonella* Typhimurium in skim milk and egg by heat and ultrasonic waves treatment, Journal of Food Protection 55 (9), 678-680.

Yılmaz, M. 2014. Ultrasonikasyonun elma suyunda bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklere etkisinin yüzey cevap yöntemiyle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi., Abant İzzet Baysal Üniversitesi.

Zenker, M., Heinz, V., Knorr, D. 2003. Application of ultrasound-assisted thermal processing for preservation and quality retention of liquid foods. Journal of Food Protection, 66 : 1642–1649.

Zenker, M., Heinz, V., Knorr, D. 2001. Combined application of ultrasound and temperature for energy-saving and mild preservation of liquid food. In Conference Proceedings of the 3rd European Congress of Chemical Engineering, 26-28 June 2001, Nuremberg, Germany.

Zheng, L. ve Sun, D.W. 2006. Innovative applications of power ultrasound during food freezing processes. A review. Trends in Food Science and Technology, 17:16-23.

Nothinghamblogs. 2014. Ultrasonication. Erişim tarihi: 20 Kasım 2014. <http://blogs.nottingham.ac.uk/malaysiaknowledgetransfer/2013/06/25/what-is-pharmaceutical-nanoemulsion>.

ÖZGEÇMİŞ

İsmail İŞÇİ

Borazanlar Mah. Turgut Özal Bul. 433. Sk. No:47/3 Merkez/Bolu

(533) 512 53 92

E-mail: i_isci@hotmail.com

Doğum Yeri ve Yılı: Gölcük / 18. 09. 1984

Orta Öğrenim: Gölcük Anadolu Lisesi, Kocaeli, 2003

Üniversite Öğrenim: Ankara Üniversitesi Lisans 2003 - 2009

Yüksek Lisans: Abant İzzet Baysal Üniversitesi Yüksek Lisans 2011-2014

İş Tecrübesi:

Ankara Helvacısı 2007 (stajyer), Üretim (30 iş günü)

Koru Bal 2008 (stajyer), Kalite Yönetim (30 iş günü)

Highway Tuna A.Ş., Sorumlu Yönetici, Temmuz, 2011 – Aralık, 2011

Bolpat Bolu Patates Gıda San. Ve Tic. A.Ş., Üretim Mühendisi, Aralık, 2011 -