



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OHMİK ISITMA İŞLEMİNİN SÜTE İNOKULE EDİLEN
LİSTERİA MONOCYTOGENES ÜZERİNE ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dyt. Serap ÖZKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Danışman
Dr. Öğr. Üyesi H. Ahu KAHRAMAN

BURDUR-2021

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OHMİK ISITMA İŞLEMİNİN SÜTE İNOKULE EDİLEN
LİSTERİA MONOCYTOGENES ÜZERİNE ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dyt. Serap ÖZKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GIDA HİJYENİ VE TEKNOLOJİSİ ANABİLİM DALI

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi H. Ahu KAHRAMAN

Bu Araştırma Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri
Koordinatörlüğü tarafından 0694-YL-21 proje numarası ile desteklenmiştir.

BURDUR-2021

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım süresince bir hoca olmanın çok ötesinde bütün sorunlarıma çözüm olan, deneyimlerini ve bilgisini benimle paylaşmaktan kaçınmayan, yürüdüğüm yolu değerli kılan, bütün sorularıma cevap olan, yolumu aydınlatmak için gerekli her koşulu sağlayan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi H. Ahu KAHRAMAN'a, laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen bölümümüzün kıymetli doktora öğrencileri Jerina RUGJİ, Zuhale ÇALIŞKAN ve Soner TUTUN'a, attığım her adım ve aldığım her kararda koşulsuz yanımda olan, desteklerini asla esirgemeyen, beni hiçbir karşılık beklemeden seven ve bugünlere getiren canım annem, babam ve ahlama, hayatıma dahil olduğu günden bugüne her koşulda bana destek olan, yürüdüğüm bütün yollarda bana yol arkadaşı olan Sefa ÖZKALE'ye ve tez çalışmalarım sürecinde Burdur'da bana aile olan, evlerini açan, yardımlarını asla esirgemeyen çok kıymetli ATASOY ailesine içten bir teşekkürü borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

KABUL ve ONAY	ii
TEŞEKKÜR	iii
ETİK BEYAN	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER	vii
TABLOLAR	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	2
2.1. Ohmik Isıtma	2
2.2. <i>Listeria monocytogenes</i>	5
2.2.1. <i>L. monocytogenes</i> ' in Kontaminasyon Kaynakları ve Bulaşma Yolları	6
3. GEREÇ ve YÖNTEM	8
3.1. Bakteriyel Kültürün Hazırlanması	8
3.2. Örneklerin Gruplandırılması ve Bakteri İnokulasyonu	8
3.3. Ohmik Isıtma İşlemi	9
3.4. Konvansiyonel Isıtma İşlemi	10
3.5. Bakterilerin Sayımı	11
3.6. Subletal Hasarlı Hücre Sayısının Hesaplanması	11
3.7. Fizikokimyasal Analizler	12
3.7.1. Ham Protein (HP) Analizi	12
3.8. Hidroksimetil Furfurol Analizi	13
3.9. Renk Analizi	13
3.10. İstatistiksel Analiz	14
4. BULGULAR	15
4.1. Ohmik Isıtma İşlemi Sonuçları	16
4.1.1. Grup İçi Değişimler	16
4.1.2. Gruplar Arası Değişimler	17
4.2. Konvansiyonel Isıtma İşlemi Sonuçları	18
4.2.1. Grup İçi Değişimler	18
4.2.2. Gruplar Arası Değişimler	19
4.3. Ohmik ve Konvansiyonel Isıtma İşlemlerinin <i>L. monocytogenes</i> İnaktivasyonu Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması	20
4.4. Ohmik ve Konvansiyonel Isıtma İşlemlerinin Neden Olduğu Subletal Yaralanma Oranı	22
4.4.1. Yağlı Sütlerde Meydana Gelen Subletal Yaralanma	22
4.4.2. Yarım Yağlı Sütlerde Meydana Gelen Subletal Yaralanma	23
4.4.3. Yağsız Sütlerde Meydana Gelen Subletal Yaralanma	24
4.5. Fizikokimyasal Analizler	25
4.5.1. Kuru Madde, Yağ, PH ve Ham Protein Sonuçları	25
4.6. Hidroksimetil Furfurol Analizi Sonuçları	26

4.7. Renk Analizi Sonuçları	27
4.7.1. L^* Değeri Sonuçları	27
4.7.2. a^* Değeri Sonuçları	28
4.7.3. b^* Değeri Sonuçları	29
5. TARTIŞMA	30
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	41



ŞEKİLLER

Şekil 2.1.	Ohmik ısıtma sistemi	2
Şekil 3.1.	Ohmik ısıtma ünitesi	9
Şekil 3.2.	Ohmik ısıtmanın gerçekleştirildiği cam hazne, manyetik karıştırıcı ve elektrot asıcılar	10
Şekil 3.3.	Konvansiyonel ısıtma işlemi	11
Şekil 3.4.	HMF konsantrasyonları kullanılarak hazırlanan standart eğri	13
Şekil 4.1.	Ohmik ısıtma işleminin 0., 2., 4., ve 6. dakikalarında ulaşılan ortalama sıcaklık dereceleri	15
Şekil 4.2.	Ohmik ısıtma işleminin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde <i>L. monocytogenes</i> üzerine etkisi	16
Şekil 4.3.	Konvansiyonel ısıtma işleminin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde <i>L. monocytogenes</i> üzerine etkisi	19
Şekil 4.4.	Yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları	22
Şekil 4.5.	Yarım yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları	23
Şekil 4.6.	Yağsız sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları	24

TABLÖLAR

Tablo 3.1.	Uygulama grupları	8
Tablo 4.1.	Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna ait sonuçlar (log 10 kob/mL)	16
Tablo 4.2.	Konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde <i>Listeria monocytogenes</i> inaktivasyonuna ait sonuçlar (log 10 kob/mL)	18
Tablo 4.3.	Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin karşılaştırılması	21
Tablo 4.4.	Ohmik ve konvansiyonel ısıtma uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin % kuru madde ve pH düzeyleri	26
Tablo 4.5.	Süt örneklerinin hidroksimetil furfurol analizi sonuçları (µmol/mL)	27
Tablo 4.6.	Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin <i>L</i> * değeri sonuçları	27
Tablo 4.7.	Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin <i>a</i> * değeri sonuçları	29
Tablo 4.8.	Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin <i>b</i> * değeri sonuçları	29

SİMGELER ve KISALTMALAR

A	Amper
AC	Alternatif akım
CL	CompassListeria
HMF	Hidroksimetil Furfurol
KOB	Koloni oluşturan birim
OH	Ohmik Isıtma
TAL	Thin Agar Layer
TCA	Trikloroasetik Asit
TSA	Tryptic Soy Agar
UHT	Ultra High Temperature
V	Volt



ÖZET

Ohmik Isıtma İşleminin Süte İnokule Edilen *Listeria monocytogenes* Üzerine Etkinliğinin Değerlendirilmesi

Son yıllarda yapılan araştırmalar gıdaların yapısal özelliklerine zarar vermeden patojen inaktivasyonunu sağlayan yenilikçi teknolojiler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Buyenilikçi teknolojilerden biri olan ohmik ısıtma, kitlesel ve hızlı bir ısıtma sağlayarak etkin bir mikrobiyal inaktivasyon sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde *L. monocytogenes* üzerine etkilerini belirlemektir. Bu kapsamda; 200 mL'lik yağlı (%3,1), yarım yağlı (%1,5) ve yağsız (%0,14) UHT sütlerle %0,5 oranında *L. monocytogenes* 4b (ATCC 13932) suşu inokule edildi. Ohmik ısıtma işlemi, paslanmaz çelikelektrotlar, K-tipi termocupl, datalogger ve 0-250 V, 10 amper, AC akım sağlayan güç kaynağı kullanılarak oluşturulan laboratuvar tipi pilot ünite gerçekleştirildi. Ohmik ısıtma işleminin geleneksel pastörizasyon işlemiyle karşılaştırılması amacıyla termostatik su banyosu içerisinde konvansiyonel ısıtma işlemi uygulandı. Patojen ilave edilmiş süt örnekleri ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleriyle 62°C'ye kadar ısıtıldı, ardından başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakikalarında steril enjektör yardımıyla örnekler alınıp yayma plak yöntemiyle ekimler yapıldı. Ohmik ısıtma işleminin 6. dk'sında yarım yağlı ve yağsız sütlerde başlangıç yüküne göre ortalama 5,30 log kob/mL düzeyinde bir azalma meydana geldi ve *L. monocytogenes* tamamen inaktive oldu ($p<0,05$). Yağlı sütlerde ise başlangıç yüküne göre 3,10 log kob/mL düzeyinde bir azalma meydana geldi ($p<0,05$). Konvansiyonel ısıtma işleminde meydana gelen azalmanın yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde sırasıyla 0,21, 0,29 ve 0,39 log kob/mL düzeyinde olduğu görüldü ($p<0,05$). Sunulan bu çalışmada, artan yağ oranının sadece sütün elektriksel iletkenliğini azaltmakla kalmadığı, aynı zamanda *L. monocytogenes*'i termal hasardan koruduğu görüldü. Azalan elektriksel iletkenliğin ohmik ısıtmanın termal verimliliğinin de azalmasına yol açtığı tespit edildi. Ohmik ısıtma işlemiyle patojen inaktivasyonunun sağlanmasında yağ oranının önemli inhibitör etkilerinin olabileceği sonucuna varıldı.

Anahtar Kelimeler: Bakteriyel İnaktivasyon, Konvansiyonel Isıtma, *Listeria monocytogenes*, Ohmik Isıtma, Süt.

ABSTRACT

Evaluation of the Performance of Ohmic Heating for inactivation of *Listeria monocytogenes* in Milk

Research in recent years has focused on innovative technologies provide pathogen inactivation without damaging the structural properties of foods. Ohmic heating is one of the innovative technologies, providing an effective microbial inactivation with massive and rapid heating. This study aims to determine the effects of ohmic and conventional heating processes on *L. monocytogenes* in milk with different fat content. *L. monocytogenes* 4b (ATCC 13932) (0.05%) strain was inoculated into 200 mL of whole (3.1%), semi-skimmed (1.5%) and skimmed (0.14%) UHT milk. Ohmic heating was carried out by a laboratory type ohmic heater unit consisted of stainless steel electrodes, K-type thermocouple with data logger and power supply providing AC current, 0-250 V, 10 A. Conventional heating process was carried out by placing the samples in a thermostatic water bath. Inoculated milk samples were heated up to 62 °C with ohmic and conventional heating processes, then samples were taken after each treatment at the initial (0), 2nd, 4th and 6th minutes with sterile injectors. Bacterial populations of surviving microorganisms were enumerated with spread plate method. Ohmic heating completely inactivated *L. monocytogenes* in 6 min and lead to 5.30 log kob/mL decrease in bacterial load in semi-skimmed and skim milk ($p < 0.05$). However, there was only a 3.10 log kob/mL decrease in whole milk at the same process time ($p < 0.05$). Besides, conventional heating lead to a few reduction as 0.21, 0.29 and 0.39 log kob/mL in whole, semi- skimmed and skimmed milk, respectively ($p < 0.05$). In this study, the increased fat content lead to a decrease in the electrical conductivity and protected bacteria from thermal damage. Decreased electrical conductivity of milk leads to reduce the thermal efficiency of ohmic heating. It was concluded that fat content may have important inhibitory effects on pathogen inactivation in the ohmic heating process.

Keywords: Bacterial Inactivation, *Listeria monocytogenes*, Milk, Ohmic Heating.

1. GİRİŞ

Gıdaların kalite nitelikleri ve besin değerinde minimum kayıpla mikrobiyal açıdan güvenilir ürünlerin elde edilmesi gıdaların ısıtma işlemleriyle muhafazasının temel nedenini oluşturmaktadır. Süte uygulanan pastörizasyon işlemi, patojen mikroorganizmalar ile bozulmaya sebep olan ısıya duyarlı mikroorganizmaların öldürülmesini sağlayan ve enzimlerin inaktif edildiği etkili bir ısıtma işlemi yöntemidir. Bunun yanı sıra patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygulanan işlem süresi, ürünün bazı özelliklerinde olumsuzluklara neden olabilmektedir (Cho ve ark., 2017). Isıtma işleminin neden olduğu tüm olumsuzlukları engelleyerek güvenli ürünlerin elde edilebilmesine imkân sağlayan alternatif işleme yöntemleri günümüzde giderek önem kazanmaktadır. Dünyanın birçok bölgesinde görülen gıda kaynaklı enfeksiyonların büyük çoğunluğu yetersiz ısıtma işlemi görmüş gıdalar sebebiyle oluşmaktadır (Piette ve ark., 2004).

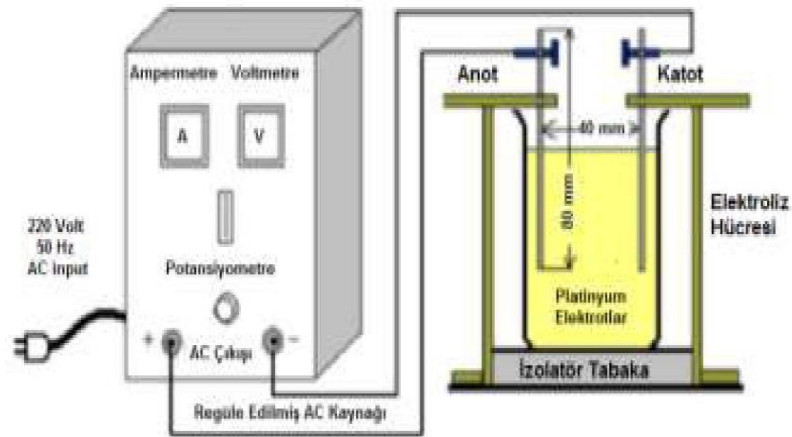
Son yıllarda, pastörizasyon işlemine alternatif olan non-termal yöntemler arasındaki ohmik ısıtma giderek yaygınlaşmaktadır. Ohmik ısıtma yöntemi, homojen ve hızlı bir ısıtma sağlayarak, işlem maliyeti ve atık potansiyelini azaltan bir teknik olarak tüm dünyada önem kazanmış durumdadır. Aynı zamanda bu uygulama ile gıda maddelerinde meydana gelebilecek zararlarını ve besin maddelerinin kaybını büyük ölçüde azaltılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, süt ve süt ürünleri açısından önemli bir gıda patojeni olan *Listeria monocytogenes* inokule edilen yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde düşük elektrik alan şiddetiyle uygulanan ohmik ısıtma işleminin etkinliğinin tespiti ve süt yağının işlem üzerine etkilerinin belirlenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Ohmik Isıtma

Isıtma, gıdaların işlenmesi ve muhafaza edilmesinin en eski yollarından biridir ve insanlık tarafından geçmiş yıllardan beri kullanılmaktadır. Isıtma teknolojileri, ohmik ısıtma, dielektrik ısıtma (mikrodalga ısıtma ve radyo frekanslı ısıtmayı içerir) ve endüktif ısıtma gibi teknolojilerin geliştirilmesiyle harikagelişmeler göstermiştir. Isı doğrudan gıdanın içinde üretildiğinden, enerji verimliliği oldukça yüksektir. Bu yeni ısıl işlem teknolojileri içerisinde ohmik ısıtma araştırmaları önem kazanmaya başlamıştır (Kaur ve Singh,2016).

Ohmik ısıtma işlemi, joule ısıtma, elektriksel direnç ısıtma, direkt direnç ısıtma, elektro- ısıtma, elektro-iletim ısıtma olarak bilinen, iki elektrot arasından alternatif akım geçirilirken, devreyi tamamlayan gıdanın mevcut elektriksel dirence bağlı olarak ısınması ilkesine dayanan tekniktir. Ohmik ısıtma adını Ohm Kanunundan almaktadır. Ohm kanununa göre, bir elektrik devresinde iki nokta arasındaki iletken üzerinden geçen akım, potansiyel farkla doğru; iki nokta arasındaki dirençle ters orantılıdır. (Kaur ve ark., 2016; Knirsch ve ark., 2010). Gıda maddesi iki elektrot arasına yerleştirildiğinde akım, gıda maddesinin içinden geçmektedir (Şekil 1.1). Gıda maddeleri bu akıma belirli oranda direnç göstermektedir. Bu nedenle gıdalar bu sistemde, elektrik devrelerinin bir parçası olarak rol oynamaktadırlar (Anderson, 2008; Balpetek ve Gürbüz, 2015; Chiu, 2002).



Şekil 2.1. Ohmik ısıtma sistemi (Başlar, 2016)

Ohmik ısıtma, elektrotların bulunmadığı mikrodalga ve endüktif ısıtmanın aksine elektrotların gıdalarla temas halinde olması, uygulanan frekansın radyo veya mikrodalga frekans aralığına göre daha az olması ve ayrıca dalga biçiminin sınırsız olması nedeniyle diğer elektrikli ısıtma yöntemlerinden ayrılır (Getchel, 1935).

Ohmik ısıtma teknolojisinin kullanımına dair ilk çalışmalar 1930'lu yıllarda başlamış ancak teknolojik yetersizlikler nedeniyle geliştirilememiş ve uygulamaya geçememistir. Ohmik ısıtmanın gıda sanayisinde kullanımı ve tasarımı konusundaki öncü çalışmalar Stirling (1987), Biss ve ark. (1989), tarafından yapılmıştır. Bu yıldan itibaren ohmik ısıtma üzerine araştırmalar artarak, önem kazanmaya başlamıştır (Fryer, 1995). Teknolojinin gelişmesine paralel olarak 1990 yılında ilk olarak APV şirketi patentli bir sistem geliştirmiş ve alternatif bir ısıtma sistemi olarak endüstriye sunmuştur. Bu yıldan itibaren bilimsel araştırmalar da hızla artmış ve yeni elektrot sistemleri incelenmiştir ve 1990-2000 yılları arasında modelleme ve optimizasyon araştırmalarına ağırlık verilmiştir. Bu yıllar arasında Avrupa ve ABD'deki bazı şirketler de modifiye ettikleri ohmik sistemler için patent almışlardır. Ohmik ısıtma sisteminin gıda kalitesine etkileri 2000 yılından itibaren sürekli sistemlerdeki sıcaklık kontrolleri ve işlem parametreleri konusunda bilimsel araştırmalar artmaya başlamıştır (Bozkurt ve İçier, 2008; Bozkurt ve İçier 2009b; İçier ve ark., 2009; Marra ve ark., 2009; Piette ve ark., 2004).

Ohmik ısıtmanın avantajları, daha kısa ısıtma süresi, kolay proses kontrolü, nispeten homojen ısıtma ve yüksek enerji dönüşüm verimliliğidir. Ohmik ısıtma, sağlanan elektrik gücünün neredeyse tamamı ısıya dönüştürüldüğü için iyi bir enerji verimliliğine sahiptir. Ohmik ısıtmada gıdadan geçen akım ani ısı oluşumuna neden olur. Böylelikle hacimsel ısıtma meydana gelir ve sıcaklık dağılımı homojendir. Bir saniyeden daha kısa sürede 55°C'lik bir sıcaklık farkı elde edilebilir (Reznick, 1996). Geleneksel ısıtma metoduyla karşılaştırıldığında bu metod; sıcak yüzey oluşumunu engeller, sıcaklık gradyanlarını azaltır ve böylece kısa sürede ısıtmasağlar. Ayrıca ürünün termofiziksel, elektriksel ve reolojik özelliklerinde, uniform ısıtma sağlamasından dolayı önemli bir rol oynar (Jaeger ve ark., 2016).

Ohmik ısıtma sistemi; beyazlatma (haşlama), buharlaştırma, dehidrasyon, fermantasyon, ekstraksiyon, sterilizasyon, pastörizasyon ve gıdaların askeri arazide

veya uzun süreli uzay görevlerinde servis sıcaklığı seviyesine ısıtılması gibi alanlarda kullanımı da dahil olmak üzere çok sayıda mevcut ve potansiyel uygulama alanı sunmaktadır (Knirsch ve ark., 2010).

Sistem, oldukça yüksek sıcaklıklara kısa bir sürede çıkmakta, böylelikle zamandan tasarruf sağlanmaktadır. Bu yöntemde ısıtma hacimsel olarak gerçekleşmektedir, 1 saniyeden daha kısa bir süre içerisinde, 55 °C'lık sıcaklık farkı oluşabilmektedir (Zareifard ve ark., 2003).

Böylece besin maddesi hızlı bir şekilde ve homojen bir biçimde ısıtılabilir (Sastry ve ark., 2000). Isı transfer katsayısı sıcaklık oranıyla sınırlandırılmamıştır. Enerji dönüşüm etkinliği %90 gibi oldukça yüksek düzeylere ulaşabilmektedir (De Halleux ve ark., 2005).

Ohmik ısıtma uygulaması; gıda maddelerinde meydana gelebilecek ısı zararlarını ve besin maddelerinin kaybını büyük ölçüde azaltmaktadır (Stirling, 1987; Zell ve ark., 2010). Sistemde herhangi bir ısıtma yüzeyi olmadığı için, ısı değiştiricilerde oluşabilecek kalıntı veya yanık tabaka problemi oluşmamaktadır. Böylece bakım ve temizlik giderlerinde olumlu etkilergörülmektedir. Ayrıca bakım işlerindeki azalma, çalışma süresini azaltarak fayda sağlamaktadır. Sistem devamlı olarak çalışabilmektedir (Chiu, 2002).

Bhale (2004), ohmik ısıtmanın gıda sanayinde kullanılmasının birçok avantajı bulunduğunu belirtmiştir. Araştırmacı, ohmik ısıtma ile UHT prosesi için gerekli sıcaklığın elde edilebildiğini, yüzeysel kirlenme veya ürünün aşırı ısınma probleminin oluşmadığını, konserveleme işleminden önce ön ısıtma gereken ürünlerde fayda sağlandığını, enerji dönüşümü verimliliğinin çok yüksek olduğunu, sürekli proseslere uygun olduğunu, mikrodalga ve geleneksel ısıtma yöntemlerine göre yatırım maliyetinin düşük olduğunu belirtmiştir (Bhale, 2004).

Ruan ve ark. (2004), ise ohmik ısıtma ile gıda ürününün yanmasının ve ısı transfer yüzeyinin kirlenme riskinin azaldığını, minimum mekanik zarar oluştuğunu, besin maddesinin besin değerinin korunduğunu, vitamin kayıplarının azaldığını, açma ve kapama düğmeleriyle prosesin kontrolünün kolay olduğunu, sessiz çalışmasıyla çevreyle dost bir sistem olduğunu vurgulamışlardır (Ruan ve ark., 2004).

Shirsat ve ark. (2004), farklı yağ içeriklerine sahip domuz etinin elektriksel iletkenliğini ölçmüşlerdir. Yağ içeriği arttıkça elektriksel iletkenliğin azaldığını tespit etmişlerdir. Hayvanın farklı yerlerinden alınan et örneklerinin (bacak, sırt) elektriksel iletkenliklerinin farklı olduğunu, bunun da lif yapısındaki farklılıklardan kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ohmik ısıtma işlemi sırasında çalışılacak olan et örneğine dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Shirsat ve ark., 2004).

İçier ve Ilıcalı (2005 a,b) ohmik ısıtma sistemleriyle gerçekleştirilen ısıtmalarda ohmik ısıtma hızını etkileyen en önemli faktörün sıcaklık, konsantrasyon ve voltaj gradyanı olduğunu belirtmişler, ancak örneğin asitlik değerinin de etkili olduğunu vurgulamışlardır.

2.2. *Listeria monocytogenes*

Listeria monocytogenes, doğada yaygın olarak bulunan, çoğunlukla gıda yoluyla insana bulaşarak hastalıklara sebep olan patojenik bir bakteri türüdür. Oksijen varlığında veya yokluğunda canlı kalabilen fakültatif anaerobik karakterli, gram pozitif, kısa çubuk şeklinde, spor ve kapsül oluşturmeyen bir bakteridir. 35- 37°C sıcaklıklarda optimum gelişme gösterip, suşları -0.4 ila 45°C gibi geniş bir sıcaklık aralığında üreyebilir (Juntilla ve ark., 1988; Norrung, 2000). 24 saatlik kültürlerde peritrik flagellaları sayesinde 20-25°C'de aktif hareket gösterirlerken, 37°C'de hareket kabiliyetleri daha zayıftır. *Listeria* türleri ısıya dayanıklıdır. Bu özellikleri *Listeria*'yı klasik gıda muhafaza teknikleriyle kontrol edilmesi çok zor bir organizma haline getirir ve gıda işleme tesisi ortamında birtakım zorluklar ortaya çıkarır (Donnelly, 2001). 4.1-9.6 pH aralığında aktivite gösterebilmekte olup, optimum geliştiği pH aralıkları ise 6.0- 8.0'dır. Halotoleranttır, dolayısıyla yüksek konsantrasyonlardaki (%25.5'e varan) NaCl varlığına bile dayanıklılık gösterebilirler. Su aktiviteleri minimum 0.92 olarak belirlenmiştir (Farber, 1991; Norrung, 2000).

Listeria cinsi içinde yaşayan altı tür vardır, bunlar; *L. monocytogenes*, *L. innocua*, *L. ivanovii*, *L. welshimeri*, *L. seeligeri* ve *L. grayi*'dir. Bu türlerden sadece *L. monocytogenes* önemli bir insan patojeni olarak kabul edilmektedir (Donnelly, 2001). *Listeria* türleri 4 alt türe ayrılmış olsa da ilerleyen zamanlarda yapılan çalışmalarda 1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4ab, 4b, 4c, 4d, 4e, 5, 7, 6a, 6b gibi farklı alt türleri de olduğu gözlemlenmiştir (Graves ve ark., 1999; Mc Lauchlin, 1987).

Bunlar içinde 4b serotipi hastalık yapıcı en önemli suş tespit edilmiştir (Liu, 2006).

Listerialar; ısıtma işlemi, soğutma, dondurma, kurutma, düşük pH, yüksek tuz konsantrasyonu gibi stres faktörlerine karşı bile canlılıklarını koruyup gelişim gösterebilme özelliklerinden dolayı gıda güvenliği ve halk sağlığı açısından riskteşkil eden tehlikeli bir patojendir.

2.2.1. *L. monocytogenes*' in Kontaminasyon Kaynakları ve Bulaşma Yolları

Listeria monocytogenes, ubiquiter bir bakteri olması sebebiyle silaj, lağım suyu, mezbaha atıkları, sağlıklı ve mastitisli ineklerin sütleri, insan ve hayvan dışkıları gibi doğada birçok yerde bulunabilmektedir (Farber ve Peterkin, 1991). Doğada yaygın bulunan bir patojen olup evcil ve vahşi hayvanlardan, toz, toprak, kanalizasyon, hayvan yemleri, süt ve ürünleri, taze veya dondurulmuş kanatlı etleri, taze veya işlenmiş et ürünlerinden izole edilmiştir (Doğan, 2000; Johnson ve ark., 1990; Lovett, 1988; Watkins ve ark., 1981).

Ayrıca süt ve ürünleri, et ve ürünleri, turp, lahana gibi sebzeler ile deniz ürünlerinden ve gıdaların hazırlık aşamasında izole edildiği de araştırmalar sonucunda tespit edilmiştir (Gudbjonsdottir ve ark., 2004; Rocourt ve Cossart, 1997). *Listeria*'nın çevreye yayılması; enfekte olmuş hayvanlardan, toprak ve yeşil yemlerin kontaminasyonu, dolayısıyla et ve süt hayvanlarına geçişi ile bir döngü içinde gerçekleşmektedir. Sonuç olarak bu döngü devam ederken sebze, meyve, et ve süt ürünlerinden de insanlara geçiş olduğu görülmektedir (Arda ve ark., 1999; Roche ve ark., 2009).

Süt ve süt ürünleri mikroorganizmaların gelişim gösterebilmesi için uygun olması sebebiyle gıda kaynaklı çeşitli hastalıkların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çiğ süt, önemli bir *L. monocytogenes* kaynağı olarak saptanmıştır. Sütün, elde edildiği hayvanın sağlık durumundan, ürün haline dönüşümüne kadarki sürede ve safhada hijyenik kalitesinde değişimler olmaktadır.

Charlton ve ark. (1990), süt işleme tesislerinden aldıkları numunelerin %12.6'sında (75/597) *Listeria* serotiplerini izole etmişler ve bunların çoğunluğunun *L. monocytogenes* olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Charlton ve ark., 1990)

Lovett ve ark. (1987), süt fabrikasından aldıkları pastörize süt örneklerinde *L. monocytogenes* yönünden yaptıkları muayene sonucunda *L. monocytogenes* insidensini %20 olarak tespit etmişlerdir (Lovett ve ark., 1987).



3. GEREÇ ve YÖNTEM

İnokulasyon işlemi için yağlı (%3,1), yarım yağlı (%1,5) ve yağsız (%0,14) 200 mL'lik UHT sütler kullanıldı. Her bir grup sütün aynı parti ve seri numarasında olmasına dikkat edildi. Kullanılan sütlerin 08.01.2010 tarih ve 27456 sayılı Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde belirtildiği gibi sterilite kontrolleri yapıldı. Uygulama öncesi yağlı, yağsız ve yarım yağlı sütler den alınan 0,1 mL örnekler yayma plak yöntemi ile Compass Listeria Agar (BİOKAR) üzerine ekim yapıp *Listeria* ile kontamine olup olmadığı belirlendi.

3.1 Bakteriyel Kültürün Hazırlanması

İnokulasyonda kullanılan *L. monocytogenes 4b* ATCC 13932 suşu Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi kültür koleksiyonundan sağlandı. Bakteriyel suş 10 mL'lik TSB broth'a (BK046HA, BİOKAR,) 30 µL inokule edilip 37 °C'de 18 saat inkube edildi. Ardından 5000 g'de 20 dakika santrifüj edilerek süpernatant uzaklaştırıldı. Peletler steril %0,9'luk NaCl ile yıkanıp tekrar santrifüj edildi. Ardından pelet %0,2'lik peptonlu suda süspansiyon haline getirildi. Bakteriyel suşun %0,2'lik peptonlu suda dilüsyonları yapıldı ve Compass Listeria Agar (BK192HA, BİOKAR) üzerine yayma plak yöntemiyle ekilerek suş gücü tespit edildi.

3.2 Örneklerin Gruplandırılması ve Bakteri İnokulasyonu

Uygulamada kullanılan sütler 6 gruba ayrılarak kodlandı (Tablo 3.1). Steril cam kaplar içerisine alınan 200 mL süte 1 mL (%0,5) 10^7 düzeyinde bakteri içeren suş inokule edildi.

Tablo 3.1. Uygulama grupları

Ohmik ısıtma	Konvansiyonel Isıtma
Yağlı Süt + <i>L. monocytogenes 4b</i>	Yağlı Süt + <i>L. monocytogenes 4b</i>
Yarım Yağlı Süt + <i>L.monocytogenes 4b</i>	Yarım yağlı Süt + <i>L. monocytogenes 4b</i>
Yağsız Süt + <i>L. monocytogenes 4b</i>	Yağsız Süt + <i>L. monocytogenes 4b</i>

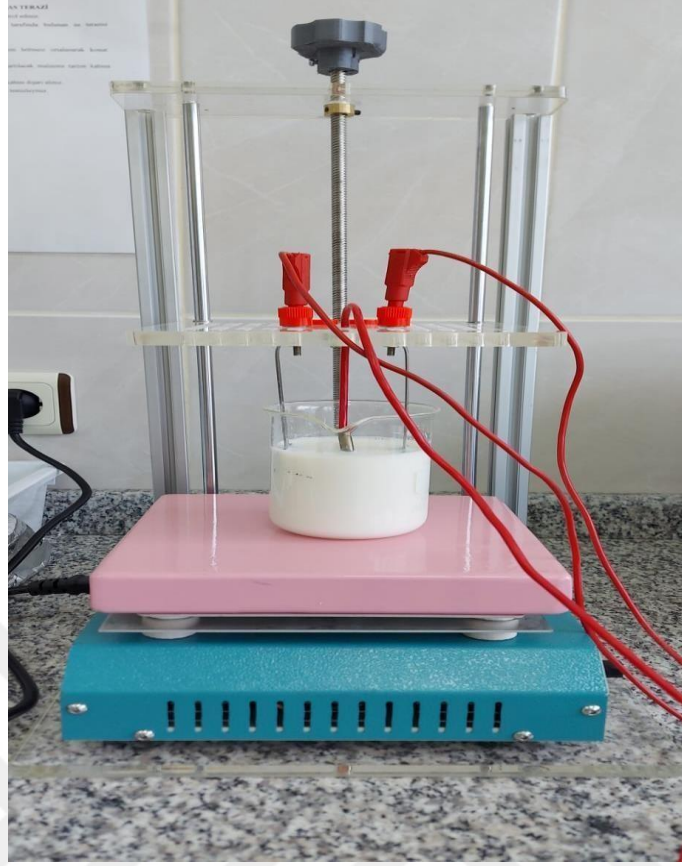
3.3. Ohmik Isıtma İşlemi

Çalışmada kullanılan ohmik ısıtma sistemi Şekil 1.1’de verilmiştir. Ohmik ısıtma işlemi, manyetik karıştırıcı, elektrot tutucu, cam hazne, paslanmaz çelik (304 L) elektrotlar, K-tipi termocupl ve 0-250 V, 10 amper, AC akım sağlayan güçkaynağı (VARYAK) kullanılarak oluşturulan laboratuvar tipi pilot ünite gerçekleştirildi. Sisteme verilen akım, voltaj kontrolü ve K-tipi termocuplile saniyelik sıcaklık ölçümleri bilgisayar sistemi üzerinde kaydedildi (ERAK-TEK, Konya).

Kullanılan 250 mL kapasiteli ohmik ısıtma hücresi ve paslanmaz çelik elektrotlar Şekil 3.2’de verilmiştir. Örnekler (200 mL) steril haldeki steril manyetik balık içeren cam hazneye konulup bakteri inokule edildi. Ardından karıştırma işlemi yapılarak steril enjektör yardımıyla 1 ml örnek alındı. Her süt örneği 10 V/cm elektrik alan şiddeti sağlanarak, 62°C’ye kadar ısıtıldı. Ohmik işlemin başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakikalarında steril enjektör yardımıyla 1’er mL örnek alındı. Alınan örnekler buzlu suyun içerisine aktarıldı. %0,2 lik peptonlu su ile dilasyonlar yapıldı ve yayma plak yöntemiyle ekimler gerçekleştirildi (Kim ve Kang, 2015).



Şekil 3.1. Ohmik ısıtma ünitesi



Şekil 3.2. Ohmik ısıtmanın gerçekleştirildiği cam hazne, manyetik karıştırıcı ve elektrot asıcılar

3.4. Konvansiyonel Isıtma İşlemi

Süt örneklerine uygulanan konvansiyonel ısıtma işlemi 62 °C ye ayarlanmış su banyosunda gerçekleştirildi (WB14, Memmert, Almanya). Steril cam kavanozlar içerisine alınan sütlere (200 mL) 1 mL bakteriyel suş ilave edilerek karıştırıldı. Ardından steril enjektör yardımıyla 1 mL örnek alındı. Örnekler 62°C'deki su banyosuna yerleştirildi. İçerisinde termocupl bulunan patojen ilave edilmemiş bir örnek sıcaklık kontrolü yapmak için belirlendi. Isıtma işleminin başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakikalarında steril enjektör yardımıyla 1'er mL örnek alındı. Alınan örnekler buzlu suyun içerisine aktarıldı. %0,2'lik peptonlu su ile dilasyonlar yapıldı ve yayma plak yöntemiyle ekimler gerçekleştirildi (Kim ve ark., 2017). Süt örneklerine konvansiyonel ısıtma işleminin uygulanışı Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Konvansiyonel ısıtma işlemi

3.5. Bakterilerin Sayımı

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri sonrası örneklerden 1'er mL alınarak buzlu su içerisinde bekletildi. 9 mL steril % 0,2 peptonlu su içeren tüplere dilüsyonlar gerçekleştirildi. Dilüsyonlardan 100 µL alınıp COMPASS *Listeria* agar (CL) ve COMPASS *Listeria* agar (CL) + TSA agar içeren (CLTSA) agar üzerine yayma plak yöntemiyle paralelli ekimler yapıldı. Tüm petriler 37°C'de 24-48 saat inkübe edildi. Yeşil renkli zon oluşturan kolonilerden sayım yapıldı (Kim ve ark., 2017).

3.6. Subletal Hasarlı Hücre Sayısının Hesaplanması

Ölümçül olmayan şekilde yaralanmış hücrelerin miktarı, seçici besi yeri olan COMPASS *Listeria* agar (CL) ve thin agar layer (TAL) metodu ile hazırlanan COMPASS *Listeria* agar (CL) + TSA agar içeren (CLTSA) besiyerine ekim yapılarak belirlendi. Subletal hasar oranı aşağıdaki denkleme göre “%” olarak hesaplandı (Tian ve ark., 2019).

$$\text{Sublethal Hasar Oranı (\%)} = 100 - \left(\frac{\text{CFU/ml CL}}{\text{CFU/ml CLTSA}} \right) \times 100$$

3.7. Fizikokimyasal Analizler

Örneklerin pH, yağ, kuru madde oranları AOAC (1995)'nin önerdiği metotlara göre yapıldı (AOAC, 1995).

3.7.1. Ham Protein (HP) Analizi

Ham protein analizi Kjeldahl metodu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu analiz için kjeldahl tüplerinin içerisine 4 g süt numunesi aktarılıp üzerine bir katalizör tablet (Kjeldahl Catalyst Sigma, 1.10958) ilave edildi. Ardından 25 mL sülfürik asit (H₂SO₄, Merck %95-97) ilave edilip Gerhardt KT 20s KJELDATHERM® yakma ünitesinde 390 °C 2 saat yakıldı. Daha sonra tüpler Gerhardt VAPODEST® 20s Carousel distilasyon cihazına yerleştirildi. Damıtması sırasında açığa çıkan amonyağı tutmak üzere %2'lik 50 mL borik asit cihaz tarafından otomatik olarak erlen içerisine ilave edildi. Yine cihaz tarafından tüp içerisine önce 90 mL H₂O, daha sonra 80 mL %32'lik NaOH eklenerek 4 dakikalık distilasyon işlemi tamamlandı. Distilat 0,1 N Sülfürik asit ile titrasyon işlemi yapılarak harcanan sülfürik asit kaydedilerek süt numunelerinde bulunan ham protein oranları hesaplandı.

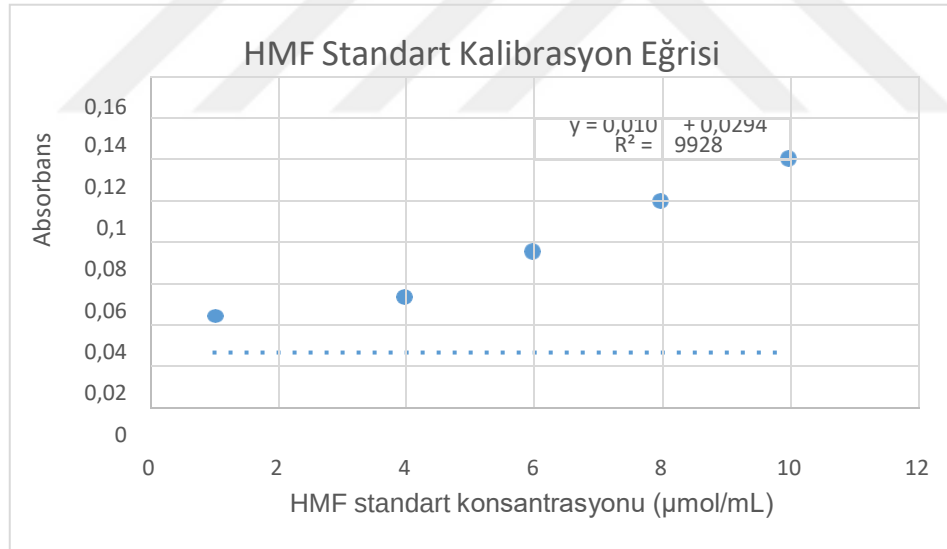
$$\%N = \frac{[1,4007 \times 0.1 \times (\text{Harcanan titrant (mL)} - \text{Kör numunede harcanan titrant (mL)})]}{\text{Kullanılan süt numunesi miktarı (g)}}$$

$$\% \text{Ham Protein} = \%N \times 6,38$$

6,38= Protein Faktörü

3.8. Hidroksimetil Furfurol Analizi

Örneklerinin toplam Hidroksimetil Furfurol (HMF) miktarı, Keeney ve Bassette (1959), tarafından tanımlanan spektrofotometrik yöntemle belirlendi. 10 mL alınansüt örnekleri üzerine 5 mL oksalik asit (0,3 N) ilave edildi. Hazırlanan örnekler vorteks ile karıştırılarak 95°C deki subanyosunda (WNB 14, Memmert, Schwabach, Almanya) 1 saat bekletildi. Örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğutulduktan sonra 5 mL %40'lık trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi ilave edilip ve Whatman No:42 filtre kâğıdı ile süzüldü. Filtrattan 4 mL alınarak üzerine 1 mL 0.05 M tiyobarbitürik asit (TBA) çözeltisi ilave edildi. Daha sonra örnekler 40°C'lik su banyosunda 30 dakika bekletildikten sonra absorbanslar spektrofotometrede (Varian, Cary 50 Bio UV-Visible Spectrophotometer, Palo Alto, CA) 443 nm'de ölçüldü. HMF standardı (1-10 µmol/mL) kullanılarak standart eğri oluşturuldu ve sonuçlar µmol/L olarak ifade edildi.



Şekil 3.4. HMF konsantrasyonları kullanılarak hazırlanan standart eğri

3.9. Renk Analizi

Örneklerin renk ölçümü Konica Minolta CR-400 renk ölçüm cihazı (Konica Minolta, Japan) ile gerçekleştirildi. Örnekler homojen bir şekilde karıştırıldıktan sonra L^* (parlaklık), a^* (yeşillik/kırmızılık) ve b^* (mavilik/sarıklık) değerleri ölçüldü. Her örnekten üçer kez ölçüm yapıp ortalaması alındı.

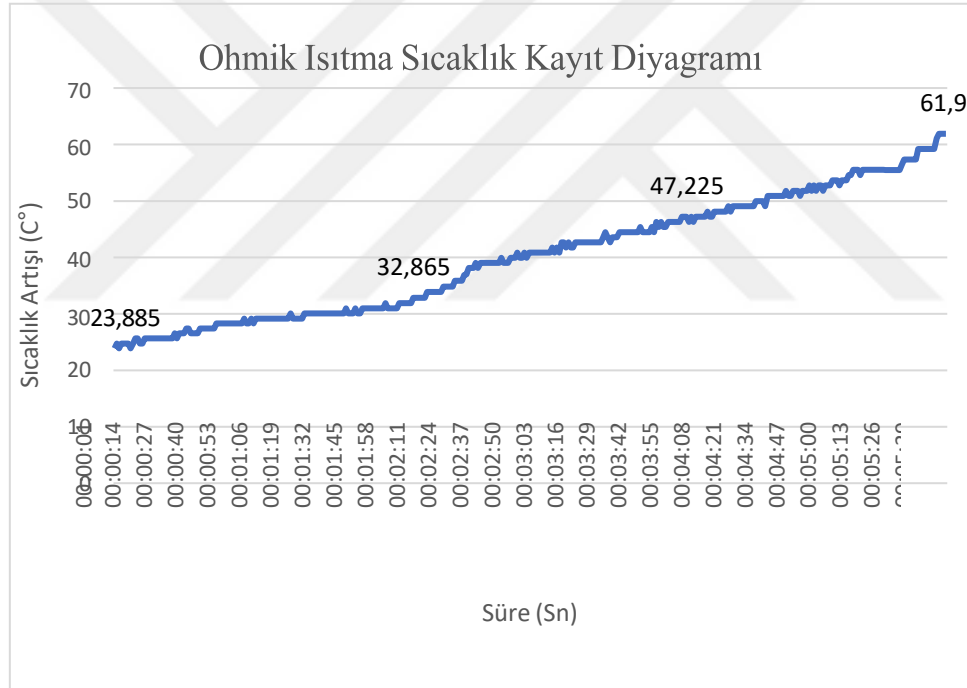
3.10. İstatistiksel Analiz

Tüm uygulamalar 3 tekrar ve 2 paralel olarak gerçekleştirildi. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin uygulama süreleri ve kullanılan süt türlerine göre incelenmesinde tek yönlü varyans analizi ve Duncan's çoklu karşılaştırma testleri kullanıldı. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin birbiri ile karşılaştırılması T testi ile SPSS 21.0 programı kullanılarak gerçekleştirildi. Önem düzeyi $p > 0,05$ olarak alındı. Sonuçlar ortalama $\pm$ standart sapma ($\bar{x} \pm SD$) olarak verildi.



4. BULGULAR

Bu çalışmada, UHT sütler *Listeria monocytogenes* inokulasyonu yapıp oluşturulan ohmik ısıtma sisteminin farklı yağ miktarlarına sahip sütlerde *L. monocytogenes*'in inaktivasyonu üzerine etkinliğini değerlendirmek amaçlanmıştır. Bu amaçla 200 mL'lik yağlı, yarım yağlı ve yağsız UHT sütler steril cam beher içerisine alınıp 1 mL bakteri (10^7 düzeyinde) inokule edilmiş, ardından paslanmaz çelik elektrotlarla 10 V/cm elektrik akımı uygulanan ohmik ısıtma işleme tabi tutuldu. Ohmik ısıtma işlemine süt sıcaklığı $\approx 24^\circ\text{C}$ de başlanıp, ısıtma işleminin 2., 4. ve 6. dakikalarında, süt sıcaklıkları sırasıyla 33°C , 47°C ve 62°C 'ye ulaştığında steril enjektörle örnekler alındı.



Şekil 4.1. Ohmik ısıtma işleminin 0., 2., 4., ve 6. dk'larında ulaşılan ortalama sıcaklıklar dereceleri

Sütler uygulanan konvansiyonel ısıtma işlemi su banyosu içerisinde gerçekleştirildi. Steril cam kavanozlar içerisine 200 mL'lik yağlı, yarım yağlı ve yağsız UHT sütler alındı, üzerine 1 mL bakteri (10^7 düzeyinde) inokule edildi. Kavanozlar 62°C ye ayarlanan su banyosu içerisine yerleştirilerek ısıtma işleminin başlangıç (0.), 2., 4. ve 6. dakikalarında steril enjektörlerle örneklemeler yapıldı.

4.1. Ohmik Isıtma İşlemi Sonuçları

4.1.1. Grup İçi Değişimler

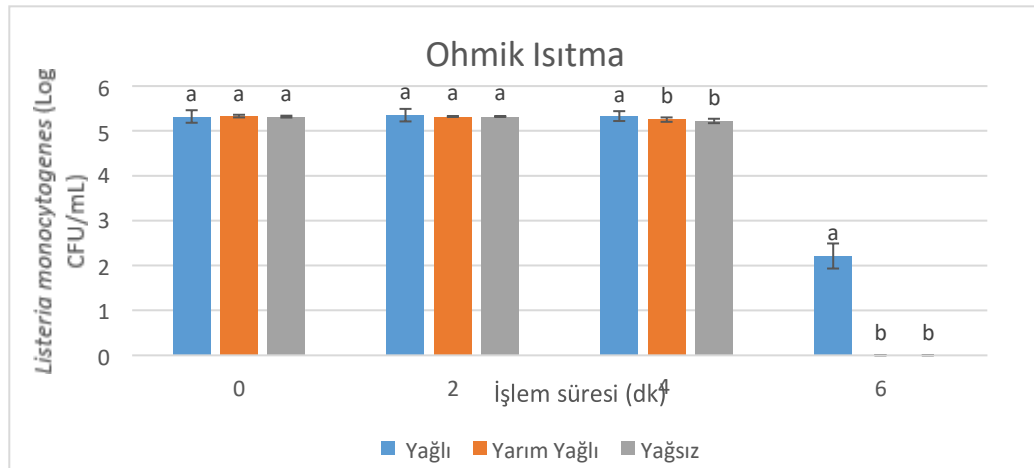
Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *L. monocytogenes*'in inaktivasyonuna ait sonuçlar Tablo 4.1 ve Şekil 4.2'de verilmiştir. Çalışma sonucunda yağlı sütlerle inokule edilen bakteri sayısının başlangıçta $5,32 \pm 0,14 \log 10 \text{ kob/mL}$ olduğu, ohmik ısıtma işleminin 2., 4. ve 6. dakikalarda sırasıyla $5,35 \pm 0,14$, $5,33 \pm 0,11$, $2,21 \pm 0,28 \log 10 \text{ kob/mL}$ olduğu tespit edildi. Ohmik ısıtma işleminin 0., 2. ve 4. dakika arasında bakteri sayılarında meydana gelen azalma istatistiki açıdan önemsiz iken ($p > 0,05$), 6. dakikada başlangıç yüküne göre 3,1 log azalma meydana geldiği ve istatistiki açıdan önemli olduğu görüldü ($p < 0,05$).

Tablo 4.1. Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *Listeria monocytogenes* inaktivasyonuna ait sonuçlar ($\log 10 \text{ kob/ml}$)

İşlem çeşidi	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik Isıtma	0	$5,32 \pm 0,14x$	$5,33 \pm 0,03x$	$5,32 \pm 0,02x$
	2	$5,35 \pm 0,14x$	$5,32 \pm 0,01x$	$5,32 \pm 0,01x$
	4	$5,33 \pm 0,11x$	$5,25 \pm 0,05y$	$5,22 \pm 0,05y$
	6	$2,21 \pm 0,28ya$	*zb	*zb

x-z; aynı sütündeki, a-c; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir ($p < 0,05$).

*:Üreme görülmeydi.



Şekil 4.2. Ohmik ısıtma işleminin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde *L. monocytogenes* üzerine etkisi

Yarım yağlı sütlerle inokule edilen bakteri sayısının ohmik işlem uygulama sürelerine göre değişiminin 0., 2. ve 4. dakikalarda sırasıyla $5,33 \pm 0,03$, $5,32 \pm 0,01$ ve

5,25±0,05 log 10 kob/mL olduğu tespit edildi. Ohmik ısıtma işleminin 4. dakikada mevcut bakteri sayısının 0. ve 2. dakikadaki değerlere göre önemli ölçüde azaldığı görüldü ($p<0,05$). Aynı zamanda ohmik ısıtma işleminin 6. dakikada başlangıça göre bakteri sayısında ortalama 5,30 log düzeyinde bir azalmaya neden olduğu ve *L. monocytogenes* 'in tamamen inaktivasyonunun sağlandığı görüldü ($p<0,05$).

Yağsız sütlere inokule edilen bakteri sayısının ohmik işlem uygulama sürelerine göre değişiminin 0., 2. ve 4. dakikalarda sırasıyla 5,32±0,02, 5,32±0,01 ve 5,22±0,05 log 10 kob/mL olduğu tespit edildi. Yağsız sütlere uygulanan ohmik ısıtma işleminin 4. dakikasında mevcut bakteri sayısının 0. ve 2. dakikadaki değerlere göre önemli ölçüde azaldığı görüldü ($p<0,05$). Aynı zamanda ohmik ısıtma işleminin 6. dakikada başlangıça göre bakteri sayısında ortalama 5,30 log düzeyinde bir azalma olduğu ve *L. monocytogenes* 'in tamamen inaktive olduğu görüldü ($p<0,05$).

4.1.2. Gruplar Arası Değişimler

Çalışmada yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlere bakteri inokulasyonu gerçekleştirildikten sonra alınan ilk örneklerde (0. dk), başlangıç bakteri yüklerinin sırasıyla 5,32±0,14, 5,33±0,03, 5,32±0,02 kob/mL olduğu, başlangıç yükleri arasında istatistiki açıdan bir farklılık bulunmadığı görüldü ($p>0,05$).

Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlere uygulanan ohmik ısıtma işleminin 2. dakikasında *L.monocytogenes* sayılarının sırasıyla 5,35±0,14, 5,32±0,01, 5,32±0,01 log 10 kob/ml düzeyinde olduğu ve gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık oluşmadığı tespit edildi ($p>0,05$).

Ohmik ısıtma işleminin 4. dakikasında yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerdeki mevcut *L. monocytogenes* sayılarının sırasıyla 5,33±0,11, 5,25±0,05, 5,22±0,05 log 10 kob/mL düzeyine ulaştığı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde daha fazla bir azalma meydana gelip istatistiksel açıdan benzerlik taşırken yağlı sütlerde daha düşük bir azalma elde edildiği ve yağlı sütlerin diğer iki gruba göre istatistiksel açıdan farklı olduğu görüldü ($p<0,05$, Tablo 4.1).

Ohmik ısıtma işleminin 6. dakikasında, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *L. monocytogenes* tamamen inaktive olmuş ve her iki grupta başlangıç yüküne göre (0.

dk) ortalama 5,30 log düzeyinde bir azalma meydana gelmiştir. Ancak, yağlı sütlerde başlangıç yüküne göre 3,10 log düzeyinde bir azalma olup, yağlı sütlerdeki bu değişim diğer iki gruba göre istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

4.2. Konvansiyonel Isıtma İşlemi Sonuçları

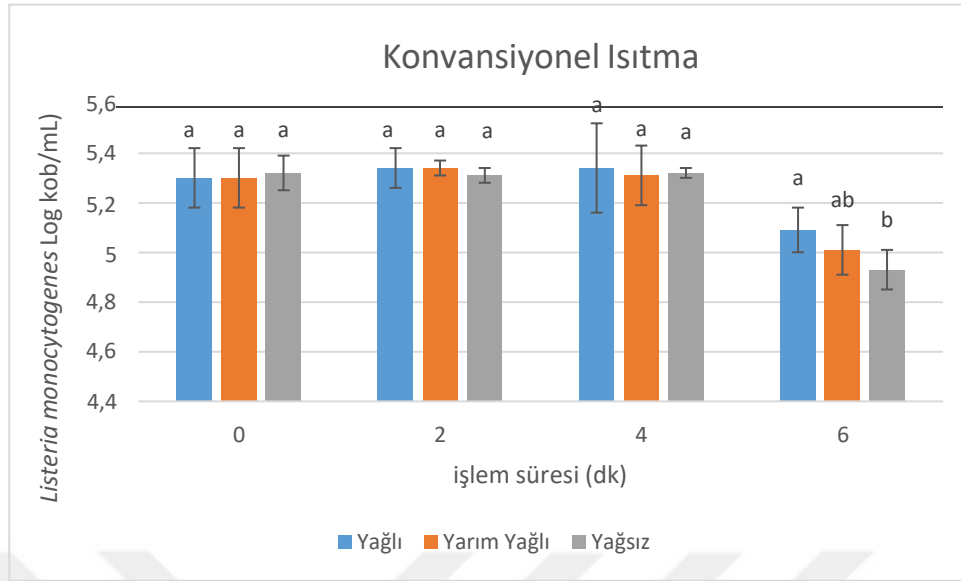
4.2.1. Grup İçi Değişimler

Konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *L. monocytogenes*'in inaktivasyonuna ait sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir. Çalışma sonucunda yağlı sütler inokule edilen bakteri sayısının başlangıçta $5,30\pm0,12$ log 10 kob/mL olduğu, konvansiyonel ısıtma işleminin 2., 4. ve 6. dakikalarda sırasıyla $5,34\pm0,08$, $5,34\pm0,18$ ve $5,09\pm0,09$ log 10 kob/mL düzeylerinde bulunduğu tespit edildi. Yağlı sütlerde konvansiyonel ısıtma işleminin başlangıç yüküne göre 2. ve 4. dakikalarında herhangi bir azalma meydana getirmediği ($p>0,05$), 6. dakikada meydana gelen azalma sonucunda bakteri yükünün $5,09\pm0,09$ log 10 kob/mL olduğu ve 0., 2., 4. dakikalardaki sonuçlara göre meydana gelen bu azalmanın istatistiki açıdan önem teşkil ettiği görülmüştür ($p<0,05$; Tablo 4.2).

Tablo 4.2. Konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *L.monocytogenes* inaktivasyonuna ait sonuçlar (log 10 kob/mL)

İşlem çeşidi	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
	0	$5,30\pm0,12x$	$5,30\pm0,12x$	$5,32\pm0,07x$
Konvansiyonel Isıtma	2	$5,34\pm0,08x$	$5,34\pm0,03x$	$5,31\pm0,03x$
	4	$5,34\pm0,18x$	$5,31\pm0,12x$	$5,32\pm0,02x$
	6	$5,09\pm0,09ya$	$5,01\pm0,10yab$	$4,93\pm0,08yc$

x-z; aynı sütündeki, a-c ; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.3. Konvansiyonel ısıtma işleminin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde *L. monocytogenes* üzerine etkisi

Yarım yağlı sütler inokule edilen bakteri sayısının konvansiyonel ısıtma işleminin uygulama sürelerine göre değişiminin 0., 2., 4. ve 6. dakikalarda sırasıyla $5,30 \pm 0,12$, $5,34 \pm 0,03$, $5,31 \pm 0,12$, $5,01 \pm 0,10 \log 10$ kob/mL olduğu tespit edildi. Konvansiyonel ısıtma işleminin 0. 2. ve 4. dakikalarındaki mevcut bakteri sayılarının benzer olduğu görüldü ($p > 0,05$). Ancak konvansiyonel ısıtma işleminin 6. dakikasında başlangıç düzeyine göre *L.monocytogenes* sayısında önemli bir azalma olduğu belirlendi ($p < 0,05$; Tablo 4.2).

Yağsız sütler inokule edilen bakteri sayısının ohmik işlem uygulama sürelerine göre değişimi 0., 2., 4.ve 6. dakikalarda sırasıyla $5,32 \pm 0,07$, $5,31 \pm 0,03$, $5,32 \pm 0,02$, $4,93 \pm 0,08 \log 10$ kob/ml düzeyinde olduğu tespit edildi. Yağsız sütler uygulanan konvansiyonel ısıtma işleminin 0., 2. ve 4. dakikalarında mevcut bakteri sayılarının benzer olduğu tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Konvansiyonel ısıtma işleminin 6. dakikasında başlangıça göre *L.monocytogenes* sayısında önemli bir düşüş olduğu belirlendi ($p < 0,05$; Tablo 4.2).

4.2.2. Gruplar Arası Değişimler

Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütler konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanması öncesi başlangıç (0. dk) bakteri yüklerinin sırasıyla $5,30 \pm 0,12$, $5,30 \pm 0,12$, $5,32 \pm 0,07 \log 10$ kob/mL olduğu ve başlangıç yükleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık

bulunmadığı görüldü ($p>0,05$; Tablo 4.2). Konvansiyonel ısıtma işleminin yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerle 2. dakika uygulanmasının ardından alınan örneklerde *L. monocytogenes* sayılarının sırasıyla $5,34\pm0,08$, $5,34\pm0,03$, $5,31\pm0,03$ log 10 kob/mL düzeyinde olduğu ve gruplar arasında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık bulunmadığı görüldü ($p>0,05$; Tablo 4.2).

Konvansiyonel ısıtma işleminin 4. dakikasında yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerdeki mevcut *L. monocytogenes* sayılarının sırasıyla $5,34\pm0,18$, $5,31\pm0,12$, $5,32\pm0,02$ log 10 kob/mL düzeyinde olduğu ve gruplar arasında istatistiksel açıdan farklılık olmadığı tespit edildi ($p>0,05$, Tablo 4.2). Konvansiyonel ısıtma işleminin 6. dakikasında yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde *L. monocytogenes* sayıları sırasıyla $5,09\pm0,09$, $5,01\pm0,10$, $4,93\pm0,08$ log 10 kob/mL olarak tespit edilmiştir. Yağlı ve yarım yağlı sütlerdeki bakteriyel azalmanın daha az gerçekleştiği (sırasıyla 0,21 ve 0,29 log); en yüksek azalmanın ise (ortalama 0,39 log) yağsız sütlerde olduğu tespit edildi ($p<0,05$; Tablo 4.2).

4.3. Ohmik ve Konvansiyonel Isıtma İşlemlerinin *L. monocytogenes* İnaktivasyonu Üzerine Etkilerinin Karşılaştırılması

Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerle uygulanan ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin *L. monocytogenes* inaktivasyonu üzerine etkilerine ait sonuçlar Tablo 3.3'de verilmiştir. Yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin başlangıç (0. dk), 2. ve 4. dakikalarında sırasıyla 5,32-5,30, 5,35-5,34 ve 5,33-5,34 log 10 kob/mL düzeyinde *L. monocytogenes* bulunduğu tespit edilmiş ve her iki işlemde de 0., 2. ve 4. dakikalarda elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı görülmüştür ($p>0,05$; Tablo 4.3). Yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin 6. dakika uygulanması sonucu elde edilen sonuçların sırasıyla $2,21\pm0,28$ ve $5,09\pm0,09$ log 10 kob/mL olduğu, ohmik ısıtma işleminin konvansiyonel ısıtma işlemine göre *L. monocytogenes* sayısında daha fazla bir azalmaya yol açtığı belirlenmiştir ($p<0,05$; Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin karşılaştırılması

Süre (dk)	Yağlı Süt		Yarım Yağlı Süt		Yağsız Süt	
	O	K	O	K	O	K
0	5,32±0,14	5,30±0,12	5,33±0,03	5,30±0,12	5,32±0,02	5,32±0,07
2	5,35±0,14	5,34±0,08	5,32±0,01	5,34±0,03	5,32±0,01	5,31±0,03
4	5,33±0,11	5,34±0,18	5,25±0,05	5,31±0,12	5,22±0,05b	5,32±0,02a
6	2,21±0,28b	5,09±0,09a	*b	5,01±0,10a	*b	4,93±0,08a

O: Ohmik ısıtma, K: Konvansiyonel ısıtma, a,b; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir (p<0,05). *: Üreme görülmedi.

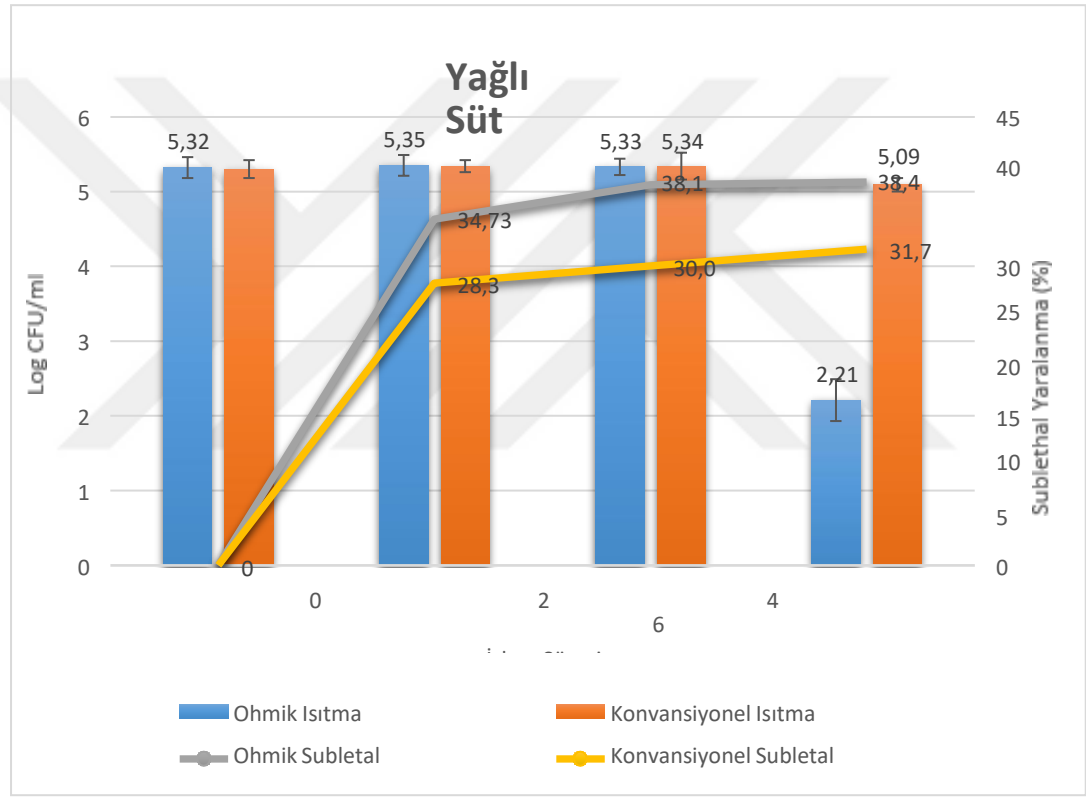
Yarım yağlı sütlerde 0. 2. ve 4. dakika sonrasında her iki işlemde sırasıyla 5,33-5,30, 5,32-5,34 ve 5,25-5,31 log 10 kob/mL düzeyinde *L. monocytogenes* bulunduğu belirlenmiş ve her iki işlemin 0., 2. ve 4. dakikalarında elde edilen sonuçların istatistiksel açıdan önemli olmadığı tespit edilmiştir (p>0,05; tablo 4.3). Yarım yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin 6. dakika boyunca uygulanması sonucu elde edilen sonuçlara bakıldığında, ohmik ısıtma işleminin yaklaşık 5,30 log düzeyinde azalmaya neden olup *L. monocytogenes*'in tespit sınırının altına indiği, ancak konvansiyonel ısıtmada ise 5,01±0,10 log 10 kob/mL düzeyinde bakterinin canlılığını sürdürdüğü görülmüştür. Her iki uygulama yöntemi arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

Yağsız sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin 0., 2. ve 4. dakikalarında sırasıyla 5,32-5,32, 5,32-5,31 ve 5,22-5,32 log 10 kob/mL düzeyinde *L. monocytogenes*'in canlılığını sürdürdüğü görülmüştür. Her iki işlemin 0. ve 2. dakikalarında elde edilen sonuçlar benzer iken 4. dakika itibarıyla ohmik ısıtma işlemindeki azalmanın (yaklaşık 0,10 log kob/mL), konvansiyonel ısıtma işlemine göre istatistiksel açıdan önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0,05; Tablo 3.3). Yağsız sütlere uygulanan her iki işlemin 6. dakikadaki etkileri incelendiğinde; ohmik ısıtmanın yaklaşık 5,32 log düzeyinde azalmaya neden olup *L. monocytogenes*'i tespit sınırının altına indirdiği; ancak konvansiyonel ısıtmada ise 4,93±0,08 log 10 kob/mL düzeyinde bakterinin canlılığını sürdürdüğü görülmüştür. Her iki uygulama yöntemi arasındaki fark istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur (p<0,05).

4.4. Ohmik ve Konvansiyonel Isıtma İşlemlerinin Neden Olduğu Sublethal Yaralanma Oranı

4.4.1. Yağlı Sütlerde Meydana Gelen Sublethal Yaralanma

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri oluşturduğu etkiler sebebiyle bakteri hücrelerinde bozulmalara neden olmaktadır. Yağlı sütlerde her iki ısıtma işleminin meydana getirdiği ölümcül olmayan şekilde yaralanan (sublethal) *L.monocytogenes* hücrelerinin oranı “%” olarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4.4’de verilmiştir.



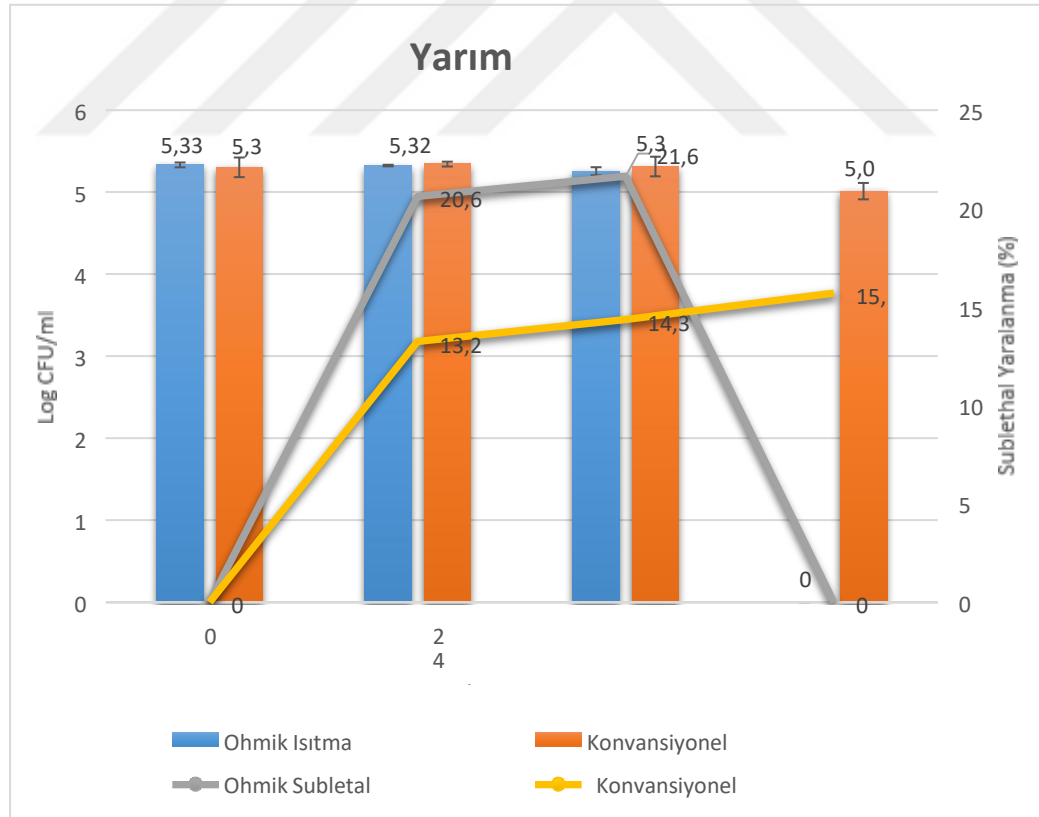
Şekil 4.4. Yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları

Ohmik ısıtma işleminin yağlı sütlerde uygulanmaya başlamasıyla birlikte *L. monocytogenes* hücreleri üzerinde 2. dakikada % 34,73 düzeyinde, 4. dakikada %38,16 ve 6. dakikada ise %38,45 oranında sublethal yaralanma oranına neden olmuştur. Konvansiyonel ısıtma işleminde ise bu oranlar 2. dakikada %28,32, 4. dakikada % 30,04’e, 6. dakikada ise %31,72 seviyesine ulaşmıştır. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri karşılaştırıldığında ohmik ısıtma işleminin. 2., 4. ve 6. dakikalarda konvansiyonel ısıtma işlemine göre daha yüksek oranda sublethal

yaralanmaya neden olduğu görülmüştür.

4.4.2. Yarım Yağlı Sütlerde Meydana Gelen Sublethal Yaralanma

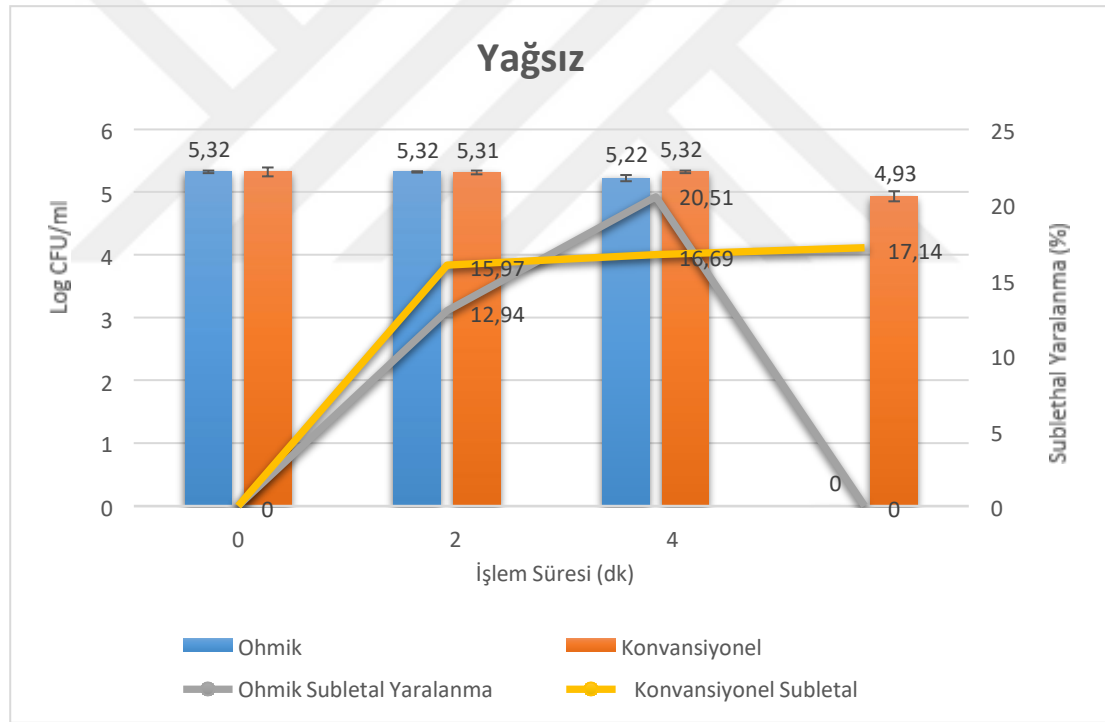
Yarım yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin meydana getirdiği ölümcül olmayan şekilde yaralanan (sublethal) *L. monocytogenes* hücrelerinin oranları Şekil 4.5’de verilmiştir. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri yarım yağlı sütlerde 2. dakikada sırasıyla %20,61 ve %13,24; 4. dakikada ise %21,64 ve % 14,36 düzeyinde sublethal yaralanma oranına neden olmuştur. Ohmik ısıtma işleminin 6. dakikada inaktivasyon oluşturması sebebiyle 6. dakikadaki sublethal yaralanma oranı hesaplanamamıştır. Konvansiyonel ısıtma işleminin 6. dakikasında sublethal yaralanma oranı %15,7 olmuştur. Her iki işlem kıyaslandığında ısıtma işlemlerinin 2. ve 4. dakikalarında ohmik ısıtmanın konvansiyonel ısıtmaya göre daha yüksek oranda sublethal yaralanmaya neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.5. Yarım yağlı sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları.

4.4.3. Yağsız Sütlerde Meydana Gelen Sublethal Yaralanma

Yağsız sütlerde ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin meydana getirdiği ölümcül olmayan şekilde hasar gören (sublethal) *L. monocytogenes* hücrelerinin % oranları Şekil 4.6'da verilmiştir. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri yağsız sütlerde 2. dakikada sırasıyla %12,94 ve %15,97; 4. dakikada ise %20,51 ve %16,69 düzeyinde sublethal yaralanma oranına neden olmuştur. Ohmik ısıtma işleminin 6. dakikada inaktivasyona neden olması sebebiyle 6. dakikadaki sublethal yaralanma oranı hesaplanamamıştır. Konvansiyonel ısıtma işleminin 6. dakikasında sublethal yaralanma oranı %17,14 olmuştur. Her iki işlem kıyaslandığında 4. dakikada ohmik ısıtmanın konvansiyonel ısıtmaya göre daha yüksek oranda sublethal yaralanmaya neden olduğu görülmektedir.



Şekil 4.6. Yağsız sütlerde ohmik ve konvansiyonel işlemler sonucu meydana gelen sublethal yaralanma oranları

4.5. Fizikokimyasal Analizler

4.5.1. Kuru Madde, Yağ, PH ve Ham Protein Sonuçları

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin % kuru madde, pH ve ham protein düzeyleri Tablo 4.4'te verilmiştir. Örneklerin başlangıç kuru madde miktarları yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde sırasıyla $11,23 \pm 0,01$, $9,63 \pm 0,03$, $8,18 \pm 0,09$ olarak tespit edilmiştir. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin süt örneklerinin % kuru madde miktarlarında herhangi bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Kullanılan örneklerin farklı markalara ait olmaları sebebiyle kuru madde miktarlarının başlangıçtan itibaren farklı olduğu, uygulama yöntemin ya da uygulama süresinin istatistiksel açıdan fark oluşturmadığı tespit edilmiştir ($p > 0,05$). Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin başlangıç pH değerleri sırasıyla $6,54 \pm 0,07$, $6,67 \pm 0,02$ ve $6,53 \pm 0,02$ olarak belirlenmiştir. Gruplar arası başlangıç pH değerleri istatistiksel açıdan farklı olsada, işlem süresince bu farklılık ortadan kalkmıştır ($p > 0,05$). Her iki uygulamada kullanılan yağlı, yarım yağlı ve yağsız süt örneklerinin etiket bilgilerinde belirtildiği üzere sırasıyla %3,1, %1,5 ve %0,1 oranında yağ içeriğine sahip olduğu ve uygulanan işlemler sonrasında mevcut yağ düzeylerinde değişim olmadığı görülmüştür ($p > 0,05$).

Çalışmada ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemlerinin örneklerin ham protein oranlarında değişikliğe neden olup olmadığında incelenmiştir. Örnekler başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakikalarda içerdikleri ham protein oranları Kjeldal metodu ile belirlenmiştir. Ohmik işlem uygulanan örneklerin protein oranlarının yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde sırasıyla %2,78- 2,82, %2,87-2,91 ve %3,02-3,04 olarak belirlenmiş olup, her bir süt grubunda işlem süreleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmamıştır ($p > 0,05$).

Konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde ham protein oranları ise sırasıyla %2,90-2,96, %2,91-2,97 ve %3,07- 3,09 oranları arasında olduğu tespit edilmiş, her bir süt grubunda işlem süreleri arasında istatistiksel açıdan bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir ($p > 0,05$).

Tablo 4.4. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin % kuru madde ve pH düzeyleri

	İşlem Süresi (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik	0	11,23±0,01a	9,63±0,03b	8,18±0,09c
	2	11,10±0,15a	9,55±0,07b	8,29±0,25c
	4	11,13±0,06a	9,50±0,06b	8,35±0,04c
	6	11,19±0,16a	9,78±0,03b	8,29±0,04c
% Kuru madde	0	11,23±0,01a	10,63±0,03b	8,18±0,09c
	2	11,30±0,12a	10,40±0,58b	8,24±0,01c
	4	11,44±0,10a	10,20±0,16b	8,09±0,15c
	6	11,47±0,19a	10,62±0,04b	8,78±0,16c
Konvansiyonel	0	6,54±0,07b	6,67±0,02a	6,53±0,02b
	2	6,61±0,16	6,56±0,05	6,57±0,02
	4	6,57±0,14	6,55±0,05	6,54±0,03
	6	6,59±0,20	6,52±0,11	6,55±0,02
Ohmik	0	6,54±0,07b	6,52±0,10a	6,47±0,08b
	2	6,61±0,17	6,55±0,10	6,48±0,08
	4	6,57±0,18	6,49±0,12	6,47±0,11
	6	6,56±0,19	6,49±0,13	6,46±0,14
pH	0	6,54±0,07b	6,52±0,10a	6,47±0,08b
	2	6,61±0,17	6,55±0,10	6,48±0,08
	4	6,57±0,18	6,49±0,12	6,47±0,11
	6	6,56±0,19	6,49±0,13	6,46±0,14

a-c ; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir (p<0,05).

4.5. Hidroksimetil Furfurol Analizi Sonuçları

Süt örneklerine ait hidroksimetil furfurol (HMF) değerleri Tablo 4.5 'de verilmiş ve değerler $\mu\text{mol / mL}$ olarak ifade edilmiştir. Ohmik ısıtma işleminin yağlı sütlerde uygulama sürelerinde oluşturduğu hmf değerleri açısından farklılık gösterdiği ve uygulamanın 6. dakikasında ($9,17 \mu\text{mol/mL}$) diğer sürelerle göre en yüksek hmf değerine ulaşıldığı görülmüştür ($p<0,05$). Ancak yarım yağlı ve yağsız sütlerde uygulama süreleri arasında hmf değerleri açısından bir farklılık oluşmamıştır ($p>0,05$). Bunun yanı sıra ohmik işlemin başlangıç (0) ve 6. dakikalarında yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde gruplar arası farklılık olduğu görülmüştür.

Konvansiyonel ısıtma işleminde ise uygulama süreleri açısından yağlı yarım yağlı ve yağsız sütlerde istatistiksel açıdan bir farklılık görülmezken ($p>0,05$), 0., 2 ve 4. dakikalarda gruplar arası farklılık olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). HMF değerlerinde işlem başlangıcından itibaren gözlemlenen bu farklılığın kullanılan sütlerdeki marka farklılıkları sebebiyle oluşabileceği düşünülmektedir.

Tablo 4.5. Süt örneklerinin hidroksimetil furfural analizi sonuçları ($\mu\text{mol/mL}$)

İşlem	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik	0	8,09 $\pm$ 0,23 ya	6,34 $\pm$ 0,32b	7,72 $\pm$ 0,54a
	2	8,25 $\pm$ 0,71y	6,98 $\pm$ 1,34	8,34 $\pm$ 0,37
	4	8,30 $\pm$ 0,30y	7,06 $\pm$ 1,53	8,99 $\pm$ 2,00
	6	9,17 $\pm$ 0,33xa	7,11 $\pm$ 0,71b	9,06 $\pm$ 0,66a
	0			
Konvansiyonel	2	7,95 $\pm$ 0,97a	6,34 $\pm$ 0,32b	7,72 $\pm$ 0,54a
	4	8,73 $\pm$ 0,91a	6,45 $\pm$ 0,61b	8,14 $\pm$ 0,68a
	6	9,96 $\pm$ 1,27a	7,06 $\pm$ 1,53b	8,19 $\pm$ 1,09b
		8,54 $\pm$ 1,41	7,07 $\pm$ 1,39	8,25 $\pm$ 1,37

x-z; aynı sütündeki, a-c ; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

4.7. Renk Analizi Sonuçları

4.7.1. L^* Değeri Sonuçları

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin L^* değeri sonuçları Tablo 4.6'da verilmiştir. Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde 0., 2., 4. ve 6. dakikalarda L^* değerleri arasındaki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$; Tablo 4.6). Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin başlangıç L^* değerlerine bakıldığında, yağlı ve yarım yağlı sütlerde sonuçlar benzer iken (90,74 $\pm$ 0,89 ve 89,29 $\pm$ 2,05; $p>0,05$) yağsız sütlerdeki başlangıç değerinin (86,35 $\pm$ 1,27; $p<0,05$) farklılık taşıdığı görülmektedir. Ohmik ısıtma işleminin 2. ve 4. dakikalarında yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerdeki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olduğu ($p<0,05$), 6. dakikada ise yağlı ve yarım yağlı sütlerde benzer iken yağsız sütlerdeki değerin istatistiksel açıdan bu iki değerden farklılık taşıdığı görülmüştür ($p<0,05$).

Tablo 4.6. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin L^* değeri sonuçları

İşlem	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik	0	90,74 $\pm$ 0,89x	89,29 $\pm$ 2,05x	86,35 $\pm$ 1,27y
	2	92,73 $\pm$ 0,21x	89,17 $\pm$ 1,18y	86,11 $\pm$ 1,79z
	4	91,32 $\pm$ 0,99x	89,38 $\pm$ 1,38y	85,63 $\pm$ 1,03z
	6	91,39 $\pm$ 0,67x	89,92 $\pm$ 0,87x	86,34 $\pm$ 1,35y
Konvansiyonel	0	90,74 $\pm$ 0,89bx	89,29 $\pm$ 2,05x	86,35 $\pm$ 1,27y
	2	92,53 $\pm$ 0,64ax	90,69 $\pm$ 0,94x	84,28 $\pm$ 1,85y
	4	93,05 $\pm$ 0,26ax	90,81 $\pm$ 0,85y	85,13 $\pm$ 1,25z
	6	92,67 $\pm$ 0,43ax	90,56 $\pm$ 0,84y	85,83 $\pm$ 1,75z

x-z; aynı satırdaki, a-b; aynı sütündeki gruplar arası farklılığı göstermektedir ($p<0,05$).

Konvansiyonel ısıtma işleminin başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakika değerlendirildiğinde L^* değeri açısından yarım yağlı ve yağsız sütlerdeki değişim önemsiz iken, yağlı sütlerdeki değişimin istatistiksel açıdan önem taşıdığı görülmüştür ($p<0,05$; Tablo 4.6). İşlem süresince yağlı sütlerdeki L^* değerleri $90,74\pm0,89$ ile $93,05\pm0,26$ arasında değişim göstermiştir. Ohmik ısıtma işleminin 2., 4. ve 6. dakikalarındaki sonuçlar benzer iken bu değerlerdeki değişimlerin başlangıç değerine göre farklılık taşıdığı görülmüştür ($p<0,05$).

Konvansiyonel ısıtma işleminin başlangıç (0) ve 2. dakikalarında yağlı ve yarım yağlı sütlerin L değerleri benzer iken ($p>0,05$; Tablo 4.6), yağsız sütlerin bu iki değerden farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Konvansiyonel ısıtma işleminin 4. ve 6. dakikalarında ise yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin L^* değerlerinin hepsinin birbirinden farklı olduğu ve bu farklılığın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

4.7.2. a^* Değeri Sonuçları

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin a^* değeri sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir. Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde 0., 2., 4. ve 6. dakikalarda a^* değerleri arasındaki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$; Tablo 4.7). Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin başlangıç (0), 2., 4. ve 6. dakikalarında a^* değerlerine bakıldığında yarım yağlı ve yağsız sütlerde sonuçlar benzer iken ($p>0,05$), yağlı sütlerdeki değerlerin istatistiksel açıdan farklılık taşıdığı görülmektedir ($p<0,05$).

Konvansiyonel ısıtma işlemi uygulanan yağlı ve yarım yağlı sütlerde işlem sürelerine göre a^* değerlerindeki değişim önemsiz iken ($p>0,05$), yağsız sütlerdeki değişim istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Yağsız sütlerde konvansiyonel işleminin neden olduğu a^* değerlerindeki değişim 0. dakikaya göre 2. dakikada artış göstermiş ($p<0,05$), 2. 4. ve 6. dakikada a^* değerlerindeki değişim benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Konvansiyonel ısıtma işleminin başlangıç (0), 2., 4 ve 6. dakikalarında yarım yağlı ve yağsız sütlerin a^* değerleri benzer iken ($p>0,05$; Tablo 4.7), yağlı sütlerin bu iki değerden farklı olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Tablo 4.7. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin a* değeri sonuçları

İşlem	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik	0	-2,48±0,07x	-3,52±0,23y	-3,35±0,37y
	2	-2,46±0,11x	-3,50±0,39y	-3,54±0,42y
	4	-2,40±0,11x	-3,54±0,30y	-3,55±0,07y
	6	-2,42±0,06x	-3,43±0,26y	-3,50±0,15y
Konvansiyonel	0	-2,48±0,07x	-3,52±0,23y	-3,35±0,37by
	2	-2,53±0,04x	-3,55±0,30y	-3,71±0,09ay
	4	-2,60±0,02x	-3,54±0,24y	-3,70±0,07ay
	6	-2,52±0,03x	-3,55±0,25y	-3,70±0,13ay

a-b; aynı sütündeki, x-y; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir (p<0,05).

4.7.3. b* Değeri Sonuçları

Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin b* değeri sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir. Ohmik ısıtma işlemi uygulanan yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde 0., 2., 4. ve 6. dakikalarda b* değerleri arasındaki değişim istatistiksel açıdanönemli bulunmamıştır (p>0,05; Tablo 4.8). Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin başlangıç (0), değerleri arasında (sırasıyla 7,62±0,25, 7,33±2,26, 5,61±0,86) istatistiksel açıdan farklılık bulunmamıştır (p>0,05). Ohmik ısıtma işleminin 2.,4. ve 6. dakikalarında bakıldığında yağlı ve yağsız sütlere ait b* değerlerindeki farklılıklar önemli iken (p<0,05), yarım yağlı sütler her ikisütle benzer bulunmuştur (p>0,05).Konvansiyonel ısıtma işlemine bakıldığında, yağlı, yarım yağlıve yağsız sütlerde 0., 2., 4. ve 6. dakikalardaki b* değerleri değişimi önemsiz bulunmuştur (p>0,05). Yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerin aynı işlem süreleri karşılaştırıldığında, yağlı sütlerde a* değeri yüksek iken (p<0,05); yarım yağlı ve yağsız sütlerde daha düşük ve benzer bulunmuştur (p>0,05).

Tablo 4.8. Ohmik ve konvansiyonel ısıtma işlemleri uygulanan sütlerin b* değeri sonuçları

İşlem	Süre (dk)	Yağlı	Yarım Yağlı	Yağsız
Ohmik	0	7,62±0,25	7,33±2,26	5,61±0,86
	2	8,54±0,53x	6,58±1,99xy	5,18±1,58y
	4	7,84±1,02x	6,00±0,99xy	5,47±1,42y
	6	7,66±0,80x	6,78±1,53xy	5,53±1,33y
Konvansiyonel	0	7,62±0,25	7,33±2,26	5,61±0,86
	2	8,09±1,35x	5,97±1,42y	5,76±0,79y
	4	8,55±1,22x	6,07±1,53y	5,89±0,85y
	6	8,14±1,23x	6,03±0,80y	6,22±0,29y

x-z; aynı satırdaki gruplar arası farklılığı göstermektedir (p<0,05).

5. TARTIŞMA

Gıdaların patojenler açısından güvenilir hale getirilmesi amacıyla uygulanan ısıtma işlemleri, gıdaların muhafazasında kullanılan en eski metotlardan biridir. Isıtma işlemleriyle hedeflenen temel amaç gıdanın kalite nitelikleri ve besin değerinde minimum kayıpla mikrobiyolojik açıdan güvenilir ürünlerin elde edilmesine olanak sağlamaktır (Donnell ve ark., 2010). Bu amaçla gıdalara uygulanan yüksek ısı ve ısıya maruz kalma süresi ürünün renginde, lezzetinde ve besin değerlerinde kayıplar meydana getirebilmektedir.

Geleneksel ısıtma işlemi olarak tanımlanan konvansiyonel ısıtma işleminde ısı transferi, kondüksiyon (iletim), konveksiyon (taşıma) ve radyasyon (ışınım) yoluyla gerçekleşmektedir. Bu nedenle, gıdaların farklı bölümlerinde ısı iletimine karşı iç direnç sebebiyle heterojen ısı dağılımı meydana gelmekte, bu durumda eşit olmayan ısı dağılımına yol açarak gıda kalitesinde bozulmalara neden olmaktadır (Şengün ve ark., 2013). Geleneksel gıda işleme yöntemlerinin olumsuz etkileri ve tüketiciler tarafından daha kaliteli ürünlere yönelik artan talep, geleneksel işleme yöntemlerinin yerini alacak yeni işleme teknolojilerinin araştırılmasına gerekliliğini doğurmuştur (Donnell ve ark., 2010). Bu araştırmalar sonucunda gıdadan doğrudan elektrik akımı geçirilerek ısıtmanın üretildiği yeni bir ısıtma yöntemi olan, elektro-iletken ısıtma, elektro-ısıtma ve doğrudan elektrik dirençli ısıtma olarak da bilinen ohmik ısıtma yöntemine ilgi duyulmaya başlanmıştır (Sastry, 2009).

Ohmik ısıtma termal nitelikteki mikrobiyal inaktivasyon mekanizmalarına alternatif bir yöntem olup, kitlesel ve hızlı bir ısıtma ile etkin bir mikrobiyal inaktivasyon sağlamaktadır. Ohmik ısıtmanın temeli; sıvı-partikül sisteminden oluşan bir gıdadan alternatif elektrik akımının geçirilmesi ilkesine dayanmakta olup, kullanılan elektrotlar sayesinde gıdaya akım (50-60 Hz) verilerek gıdanın ısıtılması sağlanmaktadır. Ohmik ısıtmada patojenlerin inaktivasyonunda geleneksel ısıtma yöntemlerinin sağladığı termal etkilerin yanı sıra oluşturduğu elektroporasyon ile bakterilerin membran geçirgenliğini artırarak ısıya karşı dirençlerinin düşmesine neden olmaktadır. Böylelikle daha etkin bir mikrobiyal inaktivasyon gerçekleşmektedir (Lebovka ve ark., 2007; Park ve Kang, 2013).

Sun ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada ohmik ve konvansiyonel ısıtmanın aeroblar ve *Streptococcus thermophilus* 2646 üzerine etkilerini araştırmışlardır. İki işlemin sütün kalitesi üzerindeki etkilerini, çiğ ve pastörize sütte protein denatürasyon derecelerini araştırmışlardır. Araştırmacılar ohmikısıtmanın konvansiyonel ısıtmaya göre bakteri sayısı ve D değeri sonuçları açısından daha düşük değerlere sahip olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda her iki ısıtma metodu arasında neden olduğu protein denatürasyonu açısından farklılık oluşturmadığını görmüşlerdir. Araştırmacılar ohmik ısıtmanın sadece termal öldürücü bir etkiye sahip olmadığını, aynı zamanda elektrik akımı nedeniyle mikroorganizmalar üzerinde non- termal bir etkiye de sahip olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, sütü protein denatürasyonuna neden olmadan pastörize etmek için ohmik ısıtmanın etkili bir şekilde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sun ve ark. (2011), ohmik ısıtmanın sadece termal öldürücü etkiye sahip olmadığını, aynı zamanda elektrik akımı nedeniyle mikroorganizmalar üzerinde non-termal bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada, süte *Streptococcus thermophilus* 21072 inoküle ederek ardından ohmik ısıtma ile inaktivasyonunu araştırmışlardır. Sonuç olarak non-termal ohmik ısıtma işleminin elektrik akımı, hücre zarının geçirgenliğini artırarak, *S. thermophilus* hücre zarında non-termal hasara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Gerçekleştirilen bu çalışma ile, düşük elektrik alan şiddetiyle uygulanan ohmik ısıtma işleminin farklı yağ oranlarına sahip sütlerde *L. monocytogenes* üzerine etkisi belirlenmiştir. Bu kapsamda; 200 mL'lik yağlı, yarım yağlı ve yağsız UHT sütleri *L. monocytogenes* 4b (ATCC13932) suşu inoküle edilip, K-tipi termocupl, datalogger ve 0-250V, 10 amper AC akım sağlayan güç kaynağı kullanılarak oluşturulan laboratuvar tipi pilot ünite, paslanmaz çelik elektrotlar yardımıyla 10v/cm elektrik alan şiddetinde akım sağlanıp ohmik ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre ohmik ısıtma işleminin 6. dakikasında yarım yağlı ve yağsız sütlerde başlangıç yüküne göre ortalama 5,30 log kob/mL düzeyinde bir azalma meydana gelmiş ve *L. monocytogenes* tamamen inaktive edilmiştir ($p<0,05$). Yağlı sütlerde ise başlangıç yüküne göre 3,10 log kob/mL düzeyinde bir azalma gözlemlenip, uygulanan işlem süreleri dahilinde inaktivasyon gerçekleşmemiştir ($p<0,05$).

Konvansiyonel ısıtma işleminde ise aynı sürelerde meydana gelen azalmanın yağlı, yarım yağlı ve yağsız sütlerde sırasıyla 0,21, 0,29 ve 0,39 log kob/mL düzeyinde olduğu görülmüştür ($p<0,05$).

Son yıllarda yapılan ohmik ısıtma çalışmalarına bakıldığında, portakal suyu, elma suyu, karpuz suyu, nar suyu, aserola küspesi, et, yumurta, havuç, patates ve süt gibi pek çok farklı gıda türü üzerinde araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Bu çalışmalar ile gıdanın, ısıtmaya karşı davranışı, elektriksel iletkenlikte meydana gelebilecek değişiklikler, gıdalarda bulunan enzim ve mikrobiyal inaktivasyonu, gıdanın renk ve besin bileşenleri gibi çeşitli yönlerden değerlendirilmesi amaçlanmaktadır (Bhat ve ark., 2017; İçier ve Ilıcalı, 2005; Jakob ve ark., 2010; Makroove ark., 2017; Park & Kang, 2013; Pez ve ark., 2016; Shim ve ark., 2010; Yıldız, 2009).

Ohmik ısıtma sisteminde ısıtma işlemi uygulanan gıda materyalinin özellikleri ve işleme koşulları (sıcaklık, frekans ve elektrik alan gücü), elektrik alanının termal olmayan etkileri ve bakteride meydana gelecek hasarın derecesini önemli düzeyde etkilemektedir. Aynı zamanda ohmik ısıtma ile sağlanan termal etkiler nedeniyle de mikroorganizmaların hücre zarları ve hücre duvar yapılarında elektroporasyon sebebiyle bozulmaya yol açarak geleneksel termal inaktivasyona benzer etkilerini oluşturmaktadır (Gavahian ve ark., 2018).

Kim ve ark. (2017), ohmik ısıtma ile gıda kaynaklı patojenlerin inaktivasyonu üzerindeki laktoz ve süt yağının inhibitör etkisinin inceledikleri bir çalışmada, sütün laktoz ve yağ içeriği azaldıkça ve uygulama süresi arttıkça patojenlerin inaktivasyon oranlarının arttığını, 100 s'lik sabit bir uygulama süresinde, laktoz ve yağın patojenlerin inaktivasyonu üzerinde önemli bir inhibitör etkileri olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda sütün laktoz içeriğinin %4'ten %0'a düşmesi ile birlikte *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes* sayılarındaki azalmanın sırasıyla 1,19, 2,35 ve 1,51 (log kob/ml) düzeyinde arttığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, sütün yağ içeriğinin %5,5'ten %1,5'e düşmesiyle *E. Coli* O157:H7, *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes* sayılarındaki azalmanın sırasıyla 2,14, 1,46 ve 0,80 (log kob/mL) arttığını ifade etmişlerdir.

Aynı araştırmacılar 18,2 V/cm elektrik alan şiddetiyle 100 saniye boyunca uygulanan ohmik ısıtma işlemiyle, %2 laktoz ihtiva eden sütlerde yağ oranındaki %4 artışın *L.monocytogenes* sayısındaki azalmayı 0,80 log düzeyinde azalttığını bildirmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise süt yağındaki %1,5'lik artış bakteri inaktivasyonunda ortalama 3 log azalmaya neden olmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlar arasındaki farklılık ohmik sisteme sağlanan voltaj gradienti (elektrik alan şiddeti) ve uygulama süresi ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Sütte artan laktoz veya yağın, sadece sütün elektriksel iletkenliğini azaltmakla kalmadığını aynı zamanda gıda kaynaklı patojenleri termal hasardan koruduğu, sütte meydana gelen elektriksel iletkenlikteki azalmanın, ohmik ısıtmanın termal verimliliğinin düşmesine neden olduğunu ve bu durumun patojenlerin canlılığını sürdürmesiyle sonuçlandığı belirtilmektedir (Bozkurt ve İçier, 2010; Kim ve ark., 2017). Ayrıca, gıdalardaki bazı nutrientlerin, patojenleri ısıl işleminden koruyan bir etkisinin de olduğu rapor edilmiştir.

Espina ve ark. (2010), elma suyunun *E. coli* O157:H7'nin termal inaktivasyonu (54 C) üzerinde az da olsa koruyucu bir etkisinin olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada tuz, şeker, protein ve yağ gibi gıda bileşenlerinin bakteriyel ısı direncinin artışına katkı sağladığı rapor edilmiştir.

Juneja ve Eblen (1999), sodyum klorür konsantrasyonunun (%0-6) arttırılmasının *L. monocytogenes*'i ısıl işleme (55-60°C) karşı koruduğunu bildirmiştir. Bu nedenlerle, sabit işlem süresi ile ohmik ısıtmaya tabi tutulan sütlerde yağ oranı artıkça daha fazla patojenin canlı kalabileceği bizim çalışma sonuçlarımız ile de desteklenmiştir.

Portakal ve domates suyunda *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella Typhimurium* ve *L. monocytogenes*'in ohmik ısıtma ile inaktivasyonu üzerine yapılan bir çalışmada, patojen inokule edilen portakal ve domates suyu, 10 ila 20 V/cm elektrik alan kuvveti ve 0 ila 540 s akıma maruz bırakılmıştır. Portakal suyunda 15 V/cm akımın 180 s uygulaması sonucunda *L. monocytogenes* popülasyonları 3,76 log kob/mL'ye ve 210 s uygulama sonrası saptama limitinin (1 log) altına düşürülmüştür. Domates suyunda 20 V/cm elektrik alan gücü ile 90 s uygulanması sonra üç patojende saptama sınırının (1 log) altına indirilmiştir. Elektrik alan şiddetinin 15 V/cm olarak

180 ve 150s uygulanması sonucu her üç patojen saptama limitinin altına düşürülmüştür. 10 V/cm elektrik alan şiddetinde ise 480 ve 420 sn uygulanması sonrasında aynı patojenlerin tespit limiti altına indiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, ohmik ısıtmanın *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium* ve *L. monocytogenes*'in inaktivasyonu için faydalı olduğunu ve inaktivasyonun etkisinin uygulanan elektrik alan kuvvetine, uygulama süresine, patojen türlerine ve ohmik ısıtma uygulanan gıdanın türüne bağlı olduğunu göstermektedir (Sagong ve ark., 2011).

Inmanee ve ark. (2019), vakum paketli sosislerin dekontaminasyonu için ohmik ısıtmayı değerlendirdikleri çalışmalarında, 75°C'de 30 s boyunca uygulanan ohmik (OH) ve konvansiyonel ısıtma (CT) ile 75°C'de 2 dakika uygulanan konvansiyonel ısıtma işlemlerini *L. monocytogenes* inaktivasyonu açısından karşılaştırmışlardır. OH, 5 log'dan fazla bir azalma ile tamamen inaktivasyon sağlarken, CT 30 saniye ve CT 2 dakika uygulandığında sırasıyla 3- ve 4- log düzeyinde azalmaya neden olduğunu görmüşlerdir. Aynı zamanda ohmik ısıtmanın, sosisin kimyasal bileşimini, pH'ını, lipid oksidasyonunu, pişirme kaybını veya su tutma kapasitesini istatistiksel olarak değiştirmede, yalnızca minimum düzeyde renk ve dokuda değişikliklere neden olduğunu ifade etmişlerdir. CT 2 dakika uygulandığında ise, daha uzun ısıtma süresinin sosiste pişirme kaybını arttırdığını ve gevrekliği azalttığını belirtmişlerdir. Hem ohmik hem de konvansiyonel ısıtmanın enstrümental olarak tespit edilen renk ve doku değişikliklerine rağmen, duyusal analiz sonucu yöntemler arasında herhangi bir duyusal farklılık tespit edemediklerini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, OH'nın sosis kalitesi üzerinde oluşturduğu minimum etki ile hem gıda güvenliği hem de proses verimliliği açısından sosis üretiminde kullanılma potansiyelinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışma sonucunda, mikroorganizmaların inaktivasyonu için ohmik ısıtmanın, geleneksel ısıtma işlemine kıyasla daha kısa işlem süresi ve daha yüksek düzeyde etkinliğe sahip olduğu görülmüştür. Ohmik ısıtmanın termal etkilerinin yanısıra, mikroorganizmaların hücre zarlarında elektroporasyon meydana getirmesi sebebiyle diğer yöntemlerle kıyaslandığında bakteriyel inaktivasyon açısından önemli avantajlar sağladığı tespit edilmiştir. Sunulan bu çalışmada, artan yağ oranının sadece sütün elektriksel iletkenliğini azaltmakla kalmadığı, aynı zamanda *L.monocytogenes* 'itermal hasardan koruduğu görülmüştür. Yüksek yağ oranına sahip sütlerde oluşan düşük elektriksel iletkenliğin ohmik ısıtmanın termal verimliliğinin de azalmasını engelleyen etki açtığı tespit edilmiştir. Ohmik ısıtma işlemiyle patojen inaktivasyonunun sağlanmasında yağ oranının önemli inhibitör etkilerinin olabileceği sonucuna varılmıştır. Ohmik işleme teknolojisinin sağlamış olduğu düşük enerji maliyeti, kısa işlem süresi ve oluşturduğu hızlı mikrobiyal inaktivasyon gibi avantajlar sayesinde, yüksek kaliteli ve güvenli gıda ürünleri üretmek amacıyla ilerleyen süreçte gıda endüstrisinde daha çok ilgi kazanacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anderson DR (2008).** *Ohmic heating as an alternative food processing technology.*
- AOAC (1995).** *Official methods of the association official analytical chemist.* Washington D.C.
- Arda M, Minbay A, Leloğlu N, Aydın N, Kahraman M, Akay Ö, Ilgaz A, İzgür M, Diker KS (1999).** *Özel mikrobiyoloji.* Ankara: Medisan Yayınevi, s: 362.
- Balpetek D, Gürbüz Ü (2015).** Application of ohmic heating system in meat thawing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, **195**, 2822-2828
- Başlar M (2016).** *Sebzelerin mikrobiyal ve pestisit güvenliğinin sağlanmasında ultrases ve düşük şiddet elektrik akımının birlikte kullanılma olanaklarının belirlenmesi.* Tübitak.
- Bhale SD (2004).** *Effect of ohmic heating on color, rehydration and textural characteristics of fresh carrot cubes.*
- Bhat S, Saini CS, Sharma HK (2017).** Changes in total phenolic content and color of bottle gourd (*Lagenaria siceraria*) juice upon conventional and ohmic blanching. *Food Science and Biotechnology*, **26**, 26-36.
- Biss CH, Coombes SA, Skudder PJ (1989).** *The development and application of ohmic heating for the continuous heating of particulate foodstuffs.* In: Field RW, Howell JA (Eds), *Process engineering in the food industry, developments and opportunities.* New York: Elsevier, p:17-25.
- Bozkurt H, Icier F (2008).** *Alternative thawing methods; Ohmic Thawing*, 1st International Congress of Seafood Technology. 18-21 May İzmir/Çeşme, p:261 265.
- Bozkurt H, Icier F (2009).** Electrical conductivity changes of minced beef-fat blends during ohmic cooking, *Journal of Food Engineering*, in press.
- Bozkurt H, Icier F (2010).** Electrical conductivity changes of minced beef-fat blends during ohmic cooking. *Journal of Food Engineering*, **96**, 86e92.
- Charlton BR, Kinde H, Jensen LH (1990).** Environmental survey for *Listeria* species in California milk processing plants. *Journal of Food Protection*, **53**, 198-201.
- Chiu L (2002).** *Comparison of quality change kinetics in ham emulsions cooked under conventional and ohmic heating conditions.*
- Cho WI, Kim EJ, Hwang HJ, Cha YH, Cheon HS, Choi JB, Chung MS (2017).** Continuous ohmic heating system for the pasteurization of fermented redpepper paste. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **42**, 190-196.
- De Halleux D, Piette G, Buteau ML, Dostie M (2005).** Ohmic cooking of processed meats: energy evaluation and food safety considerations. *Canadian Biosystems Engineering*, **47**, 341-347.
- Doğan HB (2000).** *Gıda mikrobiyolojisi ve uygulamaları.* Ankara, s:373-387.

Donnell CPO, Tiwari BK, Bourke P, Cullen PJ (2010). Effect of ultrasonic processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, **21**, 358-367.

Donnelly CW (2001). *Listeria monocytogenes*: a continuing challenge. *Nutrition reviews*, **59(6)**, 183-194.

Espina L, Somolinos M, Pagan R, García-Gonzalo D (2010). Effect of citral on the thermal inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 in citrate phosphate buffer and apple juice. *Journal of Food Protection*, **73**, 2189e2196.

Farber JM (1991). *Listeria monocytogenes*. *Journal of AOAC International*, **74**, 701-704.

Farber JM, Peterkin PI (1991). *Listeria monocytogenes*, a food-borne pathogen. *Microbiol. Rev.*, **55**, 476-511.

Fryer P (1995). *Electrical resistance heating of foods*. In: Goould GV. (Ed), *New Methods of Food Preservation*, 1st Edition, Chapman and Hall, p:205-235.

Gavahian M, Chu YH, Sastry S (2018). Extraction from food and natural products by moderate electric field: Mechanisms, benefits, and potential industrial applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **17**, 1040-1052.

Getchel BE (1935). Electric pasteurization of milk. *Agr. Eng.*, **16**, 408-410.

Graves LM, Swaminathan B, Hunter S (1999). Subtyping *Listeria monocytogenes*. In Ryser ET, Marth EH (Eds), *Listeria, Listeriosis, and Food Safety*. 2nd Edition, New York: Marcel Dekker, Inc, p:279-297.

Gudbjonsdottir B, Suihiko ML, Gustavson P, Thorkelssons G, Salo S, Sjöberg AM (2004). The incidence of *Listeria monocytogenes* in meat, poultry and seafood plants in Nordic countries. *Food Microbiology*, **21**, 217-225.

İcier F, Ilicali C (2005). The effects of concentration on electrical conductivity of orange juice concentrates during ohmic heating. *European Food Research and Technology*, **220**, 406-414.

İcier F, Ilicali C (2005a). Temperature dependent electrical conductivities of fruit purees during ohmic heating, *Food Research. International*, **38**, 1135-1142.

İcier F, Ilicali C (2005b). The use of tylose as a food analog in ohmic heating studies, *Journal of Food Engineering*, **69**, 67-77.

Inmanee P, Kamonpatana P, Pirak T (2019). Ohmic heating effects on *Listeria monocytogenes* inactivation, and chemical, physical, and sensory characteristic alterations for vacuum packaged sausage during post pasteurization. *Lwt*, **108**, 183-189.

İcier F, Engin M, Bozkurt H (2009). Et ürünlerinin işlenmesinde Ohmik çözündürme ve ohmik pişirmenin uygulanabilirliğinin incelenmesi, Tubitak, s:171.

Jaeger H, Roth A, Toepfl S, Holzhauser T, Engel KH, Knorr D, Steinberg P (2016). Opinion on the use of ohmic heating for the treatment of foods. *Trends in Food Science & Technology*, **55**, 84-97.

Jakób A, Bryjak J, Wójtowicz H, Illeová V, Annus J, Polakovic M (2010). Inactivation kinetics of food enzymes during ohmic heating. *Food Chemistry*, **123**, 369-376.

Johnson JL, Doyle MP, Cassens RG (1990). *L. monocytogenes* and Other *Listeria* spp. in Meat and Meat Products. A review. *J. Food Protect.*, **53**, 81-91.

Juneja VK, Eblen BS (1999). Predictive thermal inactivation model for *Listeria monocytogenes* with temperature, pH, NaCl, and sodium pyrophosphate as controlling factors. *Journal of Food Protection*, **62**, 986-993.

Juntilla, JR, Niemela SI, Hirn J (1988). Minimum growth temperatures of *Listeria monocytogenes* and non-haemolytic *Listeria*. *Journal of Applied Bacteriology*, **65**, 321-327.

Kaur N, Singh AK (2016). Ohmic heating: concept and applications-a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, **56**, 2338-2351.

Kaur R, Gul K, Singh AK (2016). Nutritional impact of ohmic heating on fruits and vegetables-A review. *Cogent Food & Agriculture*, **2**, 1159000.

Keeney M., Bassette R., 1959. Detection of intermediate compounds in the early stages of browning reaction in milk products. *Journal of Dairy Science*, **42(6)**: 945-960.

Kim SS, Kang DH (2015). Comparative effects of ohmic and conventional heating for inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella enterica* serovar typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in skim milk and cream. *Journal of Food Protection*, **78**, 1208-1214.

Kim SS, Kang DH (2017a). Synergistic effect of carvacrol and ohmic heating for inactivation of *E. coli* O157:H7, *S. Typhimurium*, *L.monocytogenes*, and MS-2 bacteriophage in salsa. *Food Control*, **73**, 300-305.

Kim SS, Kang DH (2017b). Combination treatment of ohmic heating with various essential oil components for inactivation of food-borne pathogens in buffered peptone water and salsa. *Food Control*, **80**, 29-36.

Knirsch MC, Dos Santos CA, de Oliveira Soares AAM, Penna TCV (2010). Ohmic heating-a review. *Trends in food science & technology*, **21**, 436-441.

Lebovka NI, Shynkaryk M, Vorobiev E (2007). Moderate electric field treatment of sugar beet tissues. *Biosystems Engineering*, **96**, 47-56.

Liu D (2006). Identification, subtyping and virulence determination of *Listeria monocytogenes*, an important foodborne pathogen. *Journal of Medical Microbiology*, **55**, 645-659.

Lovett J (1988). Isolation and Identification of *L. monocytogenes* in Dairy Products. J. Assoc. Off. Anal. Chem., **71**, 658-660.

Lovett J, Francis DW, Hunt JM (1987). *Listeria monocytogenes* in raw milk: detection, incidence and pathogenicity. *J. Food Prot.*, **50**, 188-192.

Makroo HA, Saxena J, Rastogi NK, Srivastava B (2017). Ohmic heating assisted polyphenol oxidase inactivation of watermelon juice: Effects of the treatment on pH, lycopene, total phenolic content, and color of the juice. *Journal of Food Processing and Preservation*, **41**, e13271.

Marra F, Zell JG, Morgan DA, Cronin DA (2009). Analysis of heat transfer during ohmic processing of a solid food, *Journal of Food Engineering*, **91**, 56- 63.

Mc Lauchlin J (1987). *Listeria monocytogenes* Recent Advances in the Taxonomy and Epidemiology of Listeriosis in Human. *Journal of Applied Bacteriology*, **63**, 1-11.

Norrung B (2000). Microbiological criteria for *Listeria monocytogenes* in foods under special consideration of risk assessment approaches. *International Journal of Food Microbiology*, **62**, 217-221.

Park I, Kang D (2013). Effect of electroporabilization by ohmic heating for inactivation of *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enterica* serovar typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in buffered peptone water and apple juice. *Applied and Environmental Microbiology*, **79**, 7122-7129.

Pez D, Damasceno L, Marczak F, Domeneghini G (2016). Evaluation of nonthermal effects of electricity on ascorbic acid and carotenoid degradation in acerola pulp during ohmic heating. *Food Chemistry*, **199**, 128-134.

Piette G, Buteau ML, Halleux DD, Chiu L, Raymond Y, Ramaswamy HS, Dostie M (2004). Ohmic cooking of processed meats and its effects on product quality. *J. Food Sci.*, **69**, 71-78.

Reznick D (1996). Ohmic heating of fluid foods. *Food Technology*, **50**, 250-251.

Roche SM, Kerouanton A, Minet J, Le Monnier A, Brisabois A, Velge P (2009). Prevalence of low-virulence *Listeria monocytogenes* strains from different foods and environments. *International Journal of Food Microbiology*, **130**, 151-155.

Rocourt J, Cossart P (1997). *Listeria monocytogenes*. In: Doyle MP, Beuchat LR, Montville TJ. (Eds), *Food Microbiology Fundamentals and Frontiers*, Washington DC: American Society for Microbiology (ASM) Press, p:237-352.

Ruan RYX, Chen P, Doona CJ, Yang T (2004). *Developments in Ohmic heating*. In: Richardson P. (Ed), *Improving the thermal processing of foods*, p:218-252.

Sagong HG, Lee SY, Chang PS, Heu S, Ryu S, Choi YJ, Kang DH (2011). Combined effect of ultrasound and organic acids to reduce *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella Typhimurium*, and *Listeria monocytogenes* on organic fresh lettuce. *International journal of food microbiology*, **145**, 287-292.

Sastry S (2009). Ohmic heating and moderate electric field processing. *Food Science and Technology International*, **14**, 419-422.

Sastry SK, Barach JT (2000). Ohmic and inductive heating. *Journal of Food Science*, **65**, 42-46.

Shim J, Hyun S, Jun S (2010). Modeling of ohmic heating patterns of multiphase food products using computational fluid dynamics codes. *Journal of Food Engineering*, **99**, 136-141.

Shirsat N, Lyng JG, Brunton NP, McKenna B (2004). Ohmic processing: electrical conductivities of pork cuts. *Meat Science*, **67**, 507-514.

Stirling R (1987). Ohmic heating-a new process for the food industry. *Power Engineering Journal*, **1**, 365-371.

Sun H, Kawamura S, Himoto JI, Itoh K, Wada T, Kimura T (2008). Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk. *Food science and technology research*, **14**, 117-123.

Sun H, Masuda F, Kawamura S, Himoto JI, Asano K, Kimura T (2011). Effect of electric current of ohmic heating on nonthermal injury to *Streptococcus thermophilus* in milk. *Journal of Food Process Engineering*, **34**, 878-892.

Şengün IY, Kendirci P, İçier F (2013). Effect of ohmic treatment on quality characteristic of meat: A review. *Meat Science*, **93**, 441-448.

