



Investigation of The Effects of Heat Treatments Applied to Sivas Meatballs on Some Pathogen Microorganisms

Yağmur Yıldırım^{1,a}, Özlem Pelin Can^{2,b,*}

¹Department of Nutrition Services, Health Culture and Sports Directorate, İzmir Katip Çelebi University, İzmir, Türkiye

²Department of Veterinary Food Hygiene and Technology, Faculty of Veterinary Medicine, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Türkiye

*Corresponding author

Research Article

ABSTRACT

This study was conducted to determine the effects of heat treatments applied to Sivas meatballs, one of the local dishes of Sivas, on *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* O157:H7 pathogenic microorganisms. At the first stage of the study, the cooking procedures of the companies producing Sivas meatballs were examined on site, and the core temperatures, grill temperatures, and cooking times of meatballs were identified. In parallel with the data identified, minced meat inoculated at a level of 7 ± 1 log cfu/g separately for *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli* O157:H7 was shaped as Sivas meatballs, and their thermal inactivations were investigated by cooking them on an electric griller, which was the second stage of the study. Meatballs' internal temperatures at which each microorganism was <10 log cfu/g were evaluated at the grill temperature of 180°C. While the internal meatball temperature of 81.1°C was found to be sufficient for *Salmonella*, the internal meatball temperatures of 87.3°C and 84.9°C were observed to be sufficient for *Listeria monocytogenes* and *Escherichia coli* O157:H7, respectively. These findings were compared with the on-site data obtained from 14 different companies. The internal meatball temperature was measured above 81.1°C in 12 companies, above 84.9°C in 4 companies, and above 87.3°C in 3 companies.

Keywords: *Escherichia coli* O157:H7, Heat Treatment, *Listeria monocytogenes*, Pathogenic microorganism, *Salmonella*, Sivas Meatball

History

Received: 14/09/2023

Accepted: 22/11/2023

Sivas Köftesine Uygulanan Isıl İşlemlerin Bazı Patojen Mikroorganizmalar Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Süreç

Geliş: 14/09/2023

Kabul: 22/11/2023

Copyright



This work is licensed under
Creative Commons Attribution 4.0
International License

Öz

Bu çalışma Sivas'ın yöresel yemeklerinden biri olan Sivas köfteye uygulanan ısı işleminin *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 patojen mikroorganizmaları üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında sahada Sivas Köfte üretimi yapan işletmelerin pişirme prosedürleri incelenerek köfte iç sıcaklıkları, ızgara sıcaklıkları ve pişirme süreleri tespit edildi. Tespit edilen verilere paralel olarak çalışmanın ikinci aşamasında *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 için ayrı ayrı 7 ± 1 log kob/g düzeyinde inoküle edilen kıymalara Sivas Köfte formları verilerek elektrikli ızgarada pişirilmesi ile termal inaktivasyonları incelendi. 180°C ızgara sıcaklığında her bir mikroorganizmanın <10 log kob/g düzeyinde olduğu köfte iç sıcaklıkları değerlendirildi. *Salmonella* için 81,1°C köfte iç sıcaklığının yeterli olduğu tespit edilirken, *Listeria monocytogenes* için 87,3°C, *Escherichia coli* O157:H7 için 84,9°C köfte iç sıcaklığının yeterli olduğu tespit edildi. Elde edilen bu bulgular 14 farklı işletmeden alınan saha verileri ile karşılaştırıldı. 7 farklı firma da ölçülen köfte iç sıcaklık değerinin 81,1°C üzerinde olduğu, 4 adet firmadan ölçülen köfte iç sıcaklık değerinin 84,9°C ve üzerinde olduğu, 3 adet firmadan ölçülen köfte iç sıcaklık değerinin 87,3°C üzerinde olduğu tespit edildi.

Anahtar Kelimeler: *Escherichia coli* O157:H7, Isıl İşlem, *Listeria monocytogenes*, Patojen Mikroorganizma, *Salmonella*, Sivas Köfte

^a yagmuregun58@outlook.com

^b <https://orcid.org/0009-0005-1553-1888>

^c ozlempelincan@gmail.com

^d <https://orcid.org/0000-0001-8769-4823>

How to Cite: Yıldırım Y, Can OP (2023) Investigation of The Effects of Heat Treatments Applied to Sivas Meatballs on Some Pathogen Microorganisms, Journal of Health Sciences Institute, 8(3): 449-456

Giriş

Gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar arasında *Compylobacter jejuni*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 önem taşımaktadır. Bu mikroorganizmalar gıda kaynaklı hastalıklarda en çok görülen ve ölüme sebebiyet veren mikroorganizmalar arasında yer almaktadır. Mikroorganizmalar gıda da çok fazla geliştiklerinde ve sayıları arttırdığında gıdanın renk, koku, erime, tat, gibi fiziksel ve duyuşsal özelliklerinde değişiklik meydana

getirmektedir. Tüketiciler gıda da meydana gelen değişimi fark ettiklerinde o gıdayı tüketmezler. Patojen mikroorganizmaların çok az sayıları bile insanda gıda kaynaklı hastalık oluşturabilir. Bir bakteri ne kadar az düzeyde alınırsa ve hastalık oluşturursa patojenitesi o kadar yüksektir. Bu nedenle patojen mikroorganizmalar gıdalarda çok az miktarda bulduklarından, gıdanın renk, koku, erime, tat, gibi fiziksel ve duyuşsal özelliklerinde değişiklik meydana getirmeyeceğinden tüketici bu gıdayı

hastalık etkeni olarak görmeyip tüketecektir (Halkman, 2021).

Sivas köfte, Sivas arazi ve meralarının kompozisyonunun etin aromasına geçtiği sığırların kaburga, but ve omuz etleri ile koyun bacak etinden yapılan Coğrafi işaretli bir et ürünüdür. Sivas yöresinde doğal kaba ve konsantre yemle beslenen hayvanlardan elde edilen ve içeriğinde tuz haricinde katkı bulunmayan, ustanın meziyetiyle şekillenen Sivas köfte sevilererek tüketilen, patentli bir üründür. Ürün özellikleri ve ismi korunmak koşulu ile Türkiye sınırları içerisinde yapılabilir ancak bu ürünün Sivas ilinde üretimini yapan restoran veya lokantalarda tüketilmesi tavsiye edilebilir. Tüketici istekleri doğrultusunda Sivas köftesini dondurulmuş veya buzdolabında +4°C de muhafaza edilen yöresinin lokanta ve restoranlarından satın alabilmekte veya yerinde tüketebilmektedir (Can ve ark., 2013).

Coğrafi işaretli yöresel bir ürün olması dolayısıyla ayrıca önemseydiğimiz Sivas köftesi tuz haricinde başka bir katkı maddesi içermediği, tüketenlerin etin tadını alarak duysal anlamda da tatmin olduğu ve severek tükettikleri et ürünüdür. Sivas köftenin ana maddesinin kıyma olması patojen mikroorganizmalar açısından değerlendirilmesini zorunlu hale gerektirmektedir. Izgara kullanılarak ısıl işlemleri uygulanan özellikle Sivas köfte üzerinde yapılan çalışmaların yok denecek kadar az olması, ızgarada ısıl işlemleri uygulanan köftelerin merkezi sıcaklık değeri ile mikroorganizma düzeylerinin belirlenmesini zorunlu hale getirmektedir.

Bu çalışma; Sivas köftesinde patojen mikroorganizmaların yıkılmasını için yeterli şartların sağlanıp sağlanmadığı ve güvenli gıda olarak tüketilebilecek sıcaklık-süre değerlerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, Sivas köftesinin satışa sunulduğu işletmelerde uygulanan pişirme sıcaklığı ve pişirme süresi dikkate alınarak çalışmaya model oluşturulmuştur. Sivas köftesinin gıda güvenliği açısından risk taşıması için sabit ızgara sıcaklığında köfte iç sıcaklıklarının ölçülüp, bu sıcaklıklarda patojen mikroorganizmaların düzeyi belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Deneyde kullanılan mikroorganizmalar

DeneySEL köfte örneklerinde kullanılan mikroorganizmalar Refik Saydam Hıfzıssıhha Enstitüsünden temin edilmiştir. *Salmonella Typhimurium* Refik Saydam Kültür Koleksiyonu 1017 suşu, *Listeria monocytogenes* 3a Refik Saydam Kültür Koleksiyonu 474, 4c Refik Saydam Kültür Koleksiyonu 476, Refik Saydam Kültür Koleksiyonu 02028 suşları, *Escherichia coli* O157:H7 için Refik Saydam Kültür Koleksiyonu 234 suşu kullanılmıştır.

Köfte örnekleri

DeneySEL örneklerin hazırlanması için, Sivas'ta Sivas köftesi satışı yapan yerel bir lokantadan köfte hamuru temin edilmiş ve laboratuvara getirilen hamura

mikroorganizmaların inokülasyon aşamasından sonra Sivas köfte formu verilerek pişirme işlemine hazırlanmıştır. Mikroorganizma inoküle edilen köftelerin pişirilme işlemi elektrikli ızgarada yapılmıştır. Pişirilen köftelerin merkez sıcaklıkları K tipi termocouple kullanılarak ölçülmüştür.

Yöntem

Bu çalışma 2 aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. 1. aşamada Sivas il merkezinde bulunan köfte üretiminin yapıldığı ve satışa sunulduğu lokanta/kafeteryalardan rastgele 14 işletme seçilmiş, buralarda üretilen Sivas köftelerinin başlangıç sıcaklıkları, pişirme süreleri, pişirme sırasındaki sıcaklık değerleri tespit edilerek çalışma için model oluşturulmak üzere toplanmıştır. Elde edilen bu veriler ışığında 2. Aşamada sahada uygulanan yöntem laboratuvar ortamında çalışmanın 2. aşamasında kullanılmak üzere uyarlanmıştır. Bu aşamada çiğ olarak köfte hamuru satın alınmış, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilen kıymalara Sivas köfte formları verilerek elektrikli ızgarada pişirilmiş ve termal inaktivasyonu tespit edilmiştir. Araştırma sürecinde denemeler 3 tekrar ve 2 paralelli olarak yapılmıştır.

Sivas köfte kıyma karışımının içerisine homojen olarak $7 \pm 1 \log_{10} \text{Kob/g}$ düzeyinde ayrı ayrı olacak şekilde *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 kültürü inoküle edilmiştir. Her bir adedi yaklaşık olarak 6x6x1 cm boyutlarında ve 25 g olmak üzere her patojen grup için toplamda 28 adet Sivas köfte hazırlanmış ve yaklaşık olarak 30-45 dk aralığında buzdolabında (+4°C) dinlendirilmiştir. Bu işlem 3 mikroorganizmanın her biri için aynı şekilde uygulanmıştır.

Kontamine köfte örneklerine ısıl işlem uygulamaları

Saha çalışmasında ölçülen ızgara sıcaklıklarının bölgesel olarak çok fazla dalgalandığı ve farklılıkların olduğu görülmüştür. Bu nedenle laboratuvarda köfte örneklerine uygulanan ızgara sıcaklığı 180°C de sabit tutularak, 30 sn aralıklar ile köfte örneklerinin iç sıcaklık değeri ve mikroorganizma değişimi belirlenerek kaydedilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler

Sahadan alınan çiğ köfte hamuru örneklerine toplam mezofil aerob bakteri sayımı ve koliform bakteri sayımı yapılmıştır. Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı için Plant Count Agar'a (PCA, LABM, Lancashire, İngiltere) dökme plak yöntemi ile ekimi yapılmış ve 35°C 'de 48-72 saat inkübe edilmiştir. Koliform bakteri sayımı için Violet Red Bile Agar'a (VRB, LAB031, Lancashire, İngiltere) dökme plak yöntemi ile ekimi yapıp çift kat agar döküldükten sonra 35°C 'de 24 saat inkübe edilmiştir (Dikici, 2008). *Salmonella* sayımı için XLD' ye ekim yapılmış, yüzey yayma yöntemiyle ekimleri gerçekleştirilen petrilere 35°C de 24-48 saat inkübe edilmiştir. *Listeria monocytogenes* sayımı için Oxford

Agar' a yayma plak yöntemi ile ekim yapılarak, 30°C de 24-36 saat inkübasyona bırakılmıştır. *Escherichia coli* O157:H7 sayımı için SMAC yayma plak yöntemi ile ekim yapılarak, 35°C de 24-48 saat inkübasyona bırakılıp kolonilerin sayımı yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Saha çalışmalarına ilişkin elde edilen veriler Çizelge.1'de gösterilmiştir. Saha çalışmasında köfteler pişirilirken ızgaranın tüm alanının kullanıldığı işletmelere rastlanırken belirli bir alanını kullanan işletmelerinde olduğu gözlenmiştir. Izgara sıcaklık dalgalanmalarının çok fazla olduğunun gözlenmesi pişirme süresinde değişkenliğe sebep olduğundan, laboratuvar çalışmasında saha çalışmalarında pişen köftelerin iç sıcaklıkları göz önünde bulundurularak yapılan ön çalışmalar ile sabit bir sıcaklık belirlenmiştir.

Deneyisel köfte örneklerinin hazırlanmasında kullanılan köfte hamuruna ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgeye göre çiğ haldeki köftelerde toplam koliform bakteri sayısının ortalama 4,7 log kob/g, mezofil aerob canlı sayısının

ortalama 5,89 log kob/g değerinde olduğu tespit edilmiştir. Köfte örneklerinde, pişirme işleminden sonra koliform bakteri tespit edilebilir değer altında (<10 log kob/g) olduğu, mezofil aerob canlı sayısında ise ortalama 3 log kob/g düzeyinde bir azalma olduğu tespit edilmiştir.

Isıl İşlemin Sivas Köfteye Inoküle Edilen *Salmonella* spp. Üzerine Etkisi

Deneyisel Sivas köfte örneklerine 180°C ızgara sıcaklığında ısıl işlem uygulanmış ve 30 sn aralıklar ile *Salmonella typhimurium* sayımı yapılmıştır (Çizelge 3).

Çalışmada *Salmonella typhimurium* inoküle edilen Sivas köftelerinin başlangıçta 7,14 log kob/g düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Köfte iç sıcaklığının 76,1°C ye ulaştığı 210 saniyelik ısıl işlem uygulamasıyla mikroorganizma değerinde 4,21 log kob/g lik bir azalma olduğu tespit edilmiştir. *Salmonella* sayısının 300 saniyelik ısıl işlem ve sonrasında kabul edilebilir düzeyde olduğu gözlenmiştir. Saha çalışmasından elde edilen veriler doğrultusunda çalışmanın yapıldığı 14 işletmeden 10 tanesinde ölçülen köfte iç sıcaklığı değerinin 81,1°C den yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Saha çalışması sırasında örneklerden elde edilen pişirme süresi ve sıcaklık değerleri

Table 1. Cooking time and temperature values obtained from samples during field study

İşletme	Pişirme Süresi (sn)	Köfte İç Sıcaklığı (°C)	Izgara Sıcaklığı (°C)	En Yüksek	En Düşük
Firma-1	240	75,4	173	198	85
Firma-2	250	78,6	182	213	95
Firma-3	280	80,6	186	210	75
Firma-4	300	75,7	140	204	132
Firma-5	300	81,5	190	240	67
Firma-6	300	83,4	200	232	106
Firma-7	330	84,9	186	194	176
Firma-8	350	85,2	193	218	156
Firma-9	350	88,6	250	263	128
Firma-10	360	84,3	193	216	82
Firma-11	360	84,8	184	246	103
Firma-12	380	84,2	212	252	121
Firma-13	430	87,5	198	236	143
Firma-14	440	89,1	210	258	196

Çizelge 2. Deneyisel köfte örneklerinde Koliform ve Mezofil Aerob genel canlı sayısı

Table 2. General number of Coliform and Mesophyll Aerobes in experimental meatball samples

	Koliform		Mezofil aerob genel canlı	
	Çiğ	Pişmiş	Çiğ	Pişmiş
Maksimum	5,53	<10	6,93	4,12
Minimum	3,96	<10	5,53	2,25
Ortalama	4,7	<10	5,89	2,36

Çizelge 3. *Salmonella typhimurium* inoküle edilmiş Sivas köfte örneklerinin 180°C deki pişirme süreleri, köfte iç sıcaklık değerleri ve mikroorganizma sayısı

Table 3. *Cooking times of Sivas meatball samples inoculated with Salmonella typhimurium at 180°C, meatball internal temperature values and number of microorganisms*

Pişirme süresi (sn)	Köfte iç sıcaklığı (°C)	log kob/g
0	4,4	7,14
30	10,5	7,09
60	44,3	6,41
90	56,5	5,84
120	64,3	4,75
150	67,2	4,50
180	71,4	4,38
210	76,1	2,93
240	77,1	2,16
270	79,3	1,19
300	81,1	<1
330	82,7	<1
360	84,6	<1
420	86,9	<1

Kaş (2019) elektrikli ızgarada pişirilen kasap ve İnegöl köftelerinde *Salmonella* nın termal inaktivasyonunu incelemiş, 120°C ve 140°C ızgara sıcaklığında 4 dakikalık bir ısı işlem uygulamasının köftelere inoküle edilen *Salmonella* miktarında 5 log kob/g düzeyinde inaktivasyonun gerçekleşmesi için yetersiz olduğunu belirtmiştir. Daha sonra 170°C ve 180°C ızgara sıcaklıklarında ölçümlerini tekrarlamıştır. 170°C ızgara sıcaklığında yapmış olduğu ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 80°C ye ulaştığında *Salmonella* sayısında 6.19 log kob/g lık bir azalma, İnegöl Köfte de ise merkez sıcaklığı 85°C ye ulaştığında *Salmonella* sayısında 5,35 log kob/g seviyesinde azalma gerçekleştiğini belirtmiştir. 180°C ızgara sıcaklığında yaptığı ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 80°C ye ulaştığında *Salmonella* sayısında 5 log kob/g lık bir azalma, İnegöl Köfte de ise merkez sıcaklığı 80°C ye ulaştığında *Salmonella* sayısında 5,57 log kob/g lık azalma gerçekleştiği belirtilmiştir. Yine Kasap köfte için 180°C ızgara sıcaklığında köfte merkez sıcaklığının 90°C olması için geçen süre 09:11 dk olarak belirtilirken, İnegöl köfte için 08:40 dk olduğu belirtilmiştir (Kaş, 2019). Kaş (2019) hazırladığı kasap köftenin 6x6x1 cm boyutlarında ve 25 g, İnegöl köftenin 1.5x7x1.5 cm boyutlarında ve 20 g olduğunu belirtmiştir. Hazırlanan Kasap köfte örneklerinin Sivas köfte ile benzer ölçümler göstermesi dolayısıyla bizim çalışmamıza daha yakındır.

Salmonella üzerine ısı işlemin etkisi üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında aynı mikroorganizmanın suşları arasında farklılıklar tespit edildiği bildirilmiştir. Yapılan bir çalışmada Quintavalla ve arkadaşları (2001) domuz etine kontamine edilen *Salmonella typhimurium*, *Salmonella derby*, *Salmonella postdam*, *Salmonella menston*, *Salmonella eppendorf*, *Salmonella kingston* olmak üzere 8 farklı suştan ısıya en dirençli olanının *Salmonella postdam*, en dirençsiz olanın ise *Salmonella kingston* olduğunu belirtmişlerdir.

Isıl işlem için konveksiyonel fırının kullanıldığı çalışmalara da rastlanmıştır. Burada ısı iletiminin tüm yüzeylere eşit olması mikroorganizmaların inaktive edilmesi açısından bir avantaj sağlamaktadır. Catar ve Kısı (2013) tarafından dana köftenin konvektif fırında *Salmonella* Enteritidis'in termal inaktivasyonu üzerine yaptıkları bir çalışmada üst ve alt fan açık durumunda olan fırının sıcaklığını 190°C olacak şekilde ayarlayarak ısı işlemi uygulamışlardır. Dana köftenin merkezi sıcaklık değeri 81,01°C olduğunda mikroorganizma miktarında başlangıç seviyesine göre 6,5 log kob/g değerinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Dana köftenin merkez sıcaklığının 71,1°C olduğunda mikroorganizma sayısında azalmanın literatüre uygun olduğunu ancak, gıda güvenliği için yeterli olmadığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda yine benzer şekilde *Salmonella* spp. miktarında ki 5 log kob/g değerinde ki azalmanın yeterli olmadığı, Sivas köfte iç sıcaklığının 81,1°C olduğunda *Salmonella* spp. açısından kabul edilebilir bir değere ulaşıldığı tespit edilmiştir. Literatürde bulunan bu çalışmalara bakıldığında çalışmamızı desteklediği, farklılıkların uygulanan ısı işlem yöntemlerinden, köftelerin fiziksel boyutları ve üretim proseslerinin farklı olmasından kaynaklandığını söylemek mümkündür.

Isıl işlemin Sivas köfteye inoküle edilen *Listeria monocytogenes* üzerine etkisi

DeneySEL Sivas köfte örneklerine 180°C ızgara sıcaklığında ısı işlem uygulanmış ve 30 sn aralıklar ile *L. monocytogenes* sayımı yapılmıştır (Çizelge 4).

Çizelge 4. *Listeria monocytogenes* inoküle edilmiş Sivas köfte örneklerinin 180°C deki pişirme süreleri, köfte iç sıcaklık değerleri ve mikroorganizma sayısı

Table 4. *Cooking times of Sivas meatball samples inoculated with Listeria monocytogenes at 180°C, meatball internal temperature values and number of microorganisms*

Pişirme süresi (sn)	Köfte iç sıcaklığı (°C)	log kob/g
0	4,3	7,22
30	10,9	7,19
60	46,3	6,93
90	57,6	6,47
120	61,9	5,53
150	68,2	4,25
180	70,4	4,19
210	75,0	4,22
240	78,1	3,59
270	80,0	3,13
300	82,1	2,19
330	83,9	1,9
360	85,2	1,63
420	87,3	<1

Çalışmada *Listeria monocytogenes* inoküle edilen deneySEL köfte örneklerinin başlangıçta 7,22 log kob/g düzeyinde olduğu belirlenmiştir. DeneySEL köfte örneklerinin iç sıcaklığı 82,1°C ye ulaştığında mikroorganizmanın başlangıç değerine göre 5,03 log

kob/g düzeyinde bir azalmanın olduğu tespit edilmiştir. Deneysel köfte örneğine uygulanan ısı işleminin 210. saniyesinde 4,22 log kob/g düzeyinde *Listeria monocytogenes* olduğu, 360. saniyesinde 1,63 log kob/g düzeyinde olduğu ve 420. saniyesinde ise mikroorganizma sayısının tespit edilebilir düzeyin altında olduğu belirlenmiştir.

Kemah (2019), sanayi tipi elektrikli bir ızgarada pişirilen kasap ve İnegöl köftelerinde *Listeria monocytogenes* in termal inaktivasyonunu inceledikleri çalışmada, sahada en düşük sıcaklık ve en kısa süre değerlerinin 5 log kob/g değerinde bir azalma için yeterli olmadığını tespit etmiştir. Daha sonra pişirme parametreleri ile köfte merkez sıcaklığına dayanarak yaptığı ön çalışma neticesinde 170°C ve 180°C ızgara sıcaklıklarında ölçümlerini tekrarlamıştır. 170°C ızgara sıcaklığında yapmış olduğu ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 80°C, İnegöl köfte için merkez sıcaklığın 90°C olduğunda *Listeria monocytogenes* in 5 log inaktivasyonun sağlanması için yeterli olduğunu belirtmiştir. 180°C ızgara sıcaklığında yaptığı ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 80°C, İnegöl köfte için merkez sıcaklığın 85°C olmasının *Listeria monocytogenes* in 5 log inaktivasyonu için yeterli olacağını belirtmiştir. Ancak kıyma ve ürünleri için güvenli kabul edilen merkez sıcaklığın 71,1°C değeri için insan sağlığını riske atmayacak şekilde ısı işleminin gerçekleştirilmesi gerektiğini göz önünde bulundurarak bu değer üzerinde olması gerektiğini vurgulamıştır. Kemah (2019) hazırladığı kasap köftenin 6x6x1 cm boyutlarında ve 25 g, İnegöl köftenin 1.5x7x1.5 cm boyutlarında ve 20 g olduğunu belirtmiştir. Hazırlanan kasap köfte örneklerinin Sivas köfte ile benzer ölçümler göstermesi dolayısıyla bizim çalışmamıza daha yakındır.

Soyutemiz ve Çetinkaya (2005) İnegöl köftelerinde *Listeria monocytogenes* 'in ısıya direncini saptamak için yapmış oldukları bir çalışmada İnegöl köfteleri üç grup şeklinde değerlendirmişlerdir. 1. grupta köfteler 8,0x10², 1,9x10³, 6,0x10³, 2,4x10⁴ kob/g düzeyinde *Listeria monocytogenes* ile inoküle edilmiş, 85°C lik iç ısıda 4 dakikalık süreyle pişirilmiştir. 2. grupta köfteler 1,0x10², 2,0x10², 8,0x10², 5,6x10⁵, 2,0x10⁶ kob/g düzeyinde *Listeria monocytogenes* ile inoküle edilmiş, 80°C iç ısıda 4 dakikalık süreyle pişirilmiştir. 3. grupta köfteler 5,6x10⁵, 2,0x10⁶ kob/g düzeyinde *Listeria monocytogenes* ile inoküle edilmiş, 63°C'lik iç ısıda 30 dakikalık süreyle pişirilmiştir. 1. ve 2. gruptaki köftelerde *Listeria monocytogenes* 'in saptanmadığını ancak zenginleştirme işlemi yapıldığında 2. grupta bulunan 80°C'lik iç ısıda 4 dakikalık süreyle pişirilen köfteler de *Listeria monocytogenes* belirlendiğini bildirmişlerdir. 3. grup köftelerdeki *Listeria monocytogenes* miktarının 63°C lik iç ısıda 30 dakikalık ısı işlem sonucunda 3 log kob/g değerinde azalma olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak yapmış oldukları çalışmada İnegöl köftelere uygulanan 85°C'lik iç ısıda 4 dakikalık ısı işleminin ≤ 10⁴ kob/g seviyesinde *Listeria monocytogenes* eliminasyonunun yeterli olduğu, 80°C'lik iç ısıda 4 dakikalık ısı uygulamasının 10² kob/g üzerinde ki patojen sayılarını tam olarak yıkımlanmadığı, 63°C'lik iç ısıda 30 dakikalık süreyle pişirilen köftelerin ≥10⁵ kob/g düzeyinde kontaminasyonları

elimine etmediğini ve risk oluşturabileceği sonucuna varmışlardır. Çalışmamızda Soyutemiz ve Çetinkaya (2005)'nin çalışmasında belirttiği gibi sabit köfte iç sıcaklığında değerlendirme yapılmamasına, sabit ızgara sıcaklığında değerlendirilmesine rağmen benzer sonuçların elde edildiği gözlenmiştir. Aynı zamanda çalışmadan farklı olarak 80°C iç sıcaklığına ulaşana kadar 180°C ızgara sıcaklığında uygulanan 270 saniye ısı işlemi göz önünde bulundurulacak olursak değerlerin uyumlu olduğunu söylemek mümkün olacaktır. Sonuç olarak, *Listeria monocytogenes* 'in köfte iç sıcaklığının 87,3°C olduğu anda kabul edilebilir düzeyde olduğunu söylemek mümkündür.

Listeria monocytogenes 'in termal direnci yüksek patojen bir mikroorganizma olması dolayısıyla yıkımlanması daha zor olmakta ve yüksek sıcaklık uygulamaları zorunlu hale gelmektedir. Carpenter ve Harrison (1989) tarafından tavuk göğsünde yapmış oldukları çalışmada başlangıçta 10⁵-10⁷ kob/g seviyelerinde inoküle edilen *Listeria monocytogenes* 'in ısıya karşı direncini değerlendirmişlerdir. 73,9°C, 76,7°C, 82,2°C sıcaklıklarında mikroorganizma popülasyonu başlangıç değerine göre 2.5-3.8 log değerinde azalmış, ısı işlem gören numunelerin 65,6-82,2°C merkez sıcaklıklarına rağmen hayatta kaldıklarını belirtmişlerdir. Literatürde bulunan çalışmalara bakıldığında çalışmamızı desteklediği, farklılıkların uygulanan ısı işlem prosedürleri et ve et ürünlerinin içerik ve özellik bakımından farklı olmasından kaynaklandığını söylemek doğru olacaktır.

Isıl işlemin Sivas köfteye inoküle edilen Escherichia coli o157:h7 üzerine etkisi

Deneysel Sivas köfte örneklerine 180°C ızgara sıcaklığında ısı işlem uygulanmış ve 30 sn aralıklar ile *Escherichia coli* O157:H7 sayımı yapılmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilmiş Sivas köfte örneklerinin 180°C deki pişirme süreleri, köfte iç sıcaklık değerleri ve mikroorganizma sayısı

Table 5. *Cooking times of Sivas meatball samples inoculated with Escherichia coli O157:H7 at 180°C, meatball internal temperature values and number of microorganisms*

Pişirme süresi (sn)	Köfte iç sıcaklığı (°C)	log kob/g
0	4,3	7,12
30	10,6	6,89
60	45,7	6,12
90	58,9	5,49
120	63,7	4,94
150	67,9	4,86
180	71,5	3,79
210	74,7	3,13
240	77,1	2,75
270	79,6	2,41
300	81,2	1,96
330	83,3	1,13
360	84,9	<1
420	86,3	<1

Çalışmada *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilen deneysel köfte örneklerinin başlangıçta 7,12 log kob/g düzeyinde olduğu belirlenmiş, köfte örneklerine uygulanan ısı işleminin 150. saniyesinde köfte iç sıcaklığının 67,9°C, 210. saniyesinde 74,7°C, 360. saniyesinde ise 84,9°C değerinde olduğu tespit edilmiştir. Deneysel köfte örneklerinin köfte iç sıcaklığı 81,2°C olduğunda mikroorganizmanın başlangıç değerine göre 5,16 log kob/g değerinde bir azalma olduğu görülmüş ve *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilen köftenin iç sıcaklığı 84,9°C olduğunda mikroorganizma düzeyinin tespit edilebilir düzeyin altında olduğu tespit edilmiştir. Tosuncuk (2019) kasap ve inegöl köfteleri için elektrikli ızgarada pişirme işleminin *Escherichia coli* O157:H7 üzerindeki termal inaktivasyonunu incelemiş, 140°C ızgara sıcaklığında 330 saniye yapılan pişirme işleminin sonunda köfte merkez sıcaklığının 64,3°C olduğunu ve mikroorganizma düzeyinde 3 log kob/g düzeyinde bir azalmanın olduğunu ve mikrobiyolojik açıdan yeterli olmadığını tespit etmiştir. 150°C 360s ve 160°C 330s uyguladığı ısı işlemlerinde istenilen düzeyde termal inaktivasyonu sağlamadığını belirtilmiştir. Daha sonra pişirme parametreleri ile köfte merkez sıcaklığına dayanarak yaptığı ön çalışma neticesinde 170°C ve 180°C ızgara sıcaklıklarında ölçümlerini tekrarlamıştır. 170°C ızgara sıcaklığında yapmış olduğu ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 85°C'ye 06,54 dakikada ulaştığını, inegöl köfte için merkez sıcaklığın 85°C'ye 06,46 dakikada ulaştığını ve bu sıcaklık değerlerinde *Escherichia coli* O157:H7 nin 5 log inaktivasyonun sağlanması için yeterli olduğunu belirtmiştir. 180°C ızgara sıcaklığında yaptığı ölçümde kasap köfte için merkez sıcaklığın 80°C'ye 05,35 dakikada ulaştığını, inegöl köfte için merkez sıcaklığın 85°C'ye 05,34 dakikada ulaştığını ve bu sıcaklık değerlerinde *Escherichia coli* O157:H7 nin 5 log inaktivasyonun sağlanması için yeterli olduğunu belirtmiştir. Ancak kıyım ve ürünleri için güvenli kabul edilen merkez sıcaklığın 71,1°C değeri için insan sağlığını riske atmayacak şekilde ısı işleminin gerçekleştirilmesi gerektiğini göz önünde bulundurarak bu değer üzerinde olması gerektiğini vurgulamıştır (Tosuncuk, 2019). Çalışmamızda da Tosuncuk (2019) verilerine benzer olarak, Çizelge 5' de verilen değerlere göre 180°C de 300 sn lik ısı işleminin mikroorganizma düzeyindeki 5 log azalma için yeterli olduğu tespit edilmiştir. Ancak çalışmamızda bu değer mikroorganizma sayısını <10 log kob/g düzeyine düşürmediği için kabul edilebilir bir değer değildir. Çalışmada 180°C ızgara sıcaklığında 360 saniye uygulanan ısı işlemi ile Sivas köfte örneği iç sıcaklığı 84,9°C olduğunda kabul edilebilir değerlere ulaşıldığı tespit edilmiştir.

İlhak ve arkadaşları (2013) Elazığ' da yapmış oldukları bir çalışmada kıymalı pide örneklerinin *Escherichia coli* O157:H7 nin termal inaktivasyonunun sağlanmasında pişirme süresi ve sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. 87 pide restoranından 23 üne yaptıkları saha çalışması sonucunda fırın sıcaklığı, pişirme süresi ve pişirme sonrası sıcaklık parametrelerini belirlemişlerdir. Çalışmada kıymalı pide örnekleri 7,6 log kob/g düzeyinde *Escherichia coli* O157:H7 aşılansız kıyım dolgusu kullanılarak hazırlanmıştır.

Konveksiyonel fırında 180°C de en az 330 saniye ısı işlem uygulamasının mikroorganizma düzeyinde en az 6 log değerinde azalma sağlayacağını ve bu değer için yeterli olacağını belirtmişlerdir (İlhak ve ark., 2013). Mevcut çalışmada 180°C ızgara sıcaklığında 330 saniye ısı işlem uygulamasıyla *Escherichia coli* O157:H7 düzeyinin 1.13 log kob/g değerinde olduğu, başlangıçta inoküle edilen 7,12 log kob/g düzeyindeki *Escherichia coli* O157:H7 nin 330 saniye sonunda 5,99 log değerinde bir azalma gösterdiği tespit edilmiştir. Sivas köfte et boyutunun kıymalı pide et boyutundan kalın olması dolayısıyla ısı iletimi azalmaktadır. Aynı zamanda fırın da uygulanan ısı işleminin ürünün her bölgesine eşit dağılması sonucunda daha verimli olduğunu göz önünde bulundurursak çalışmamızın İlhak ve arkadaşları (2013)' nin yapmış oldukları çalışmayla uyumlu olduğunu belirtmek doğru olacaktır.

Li ve arkadaşları (2018) yaptıkları çalışmada sığır ve dana etinde *Escherichia coli* O157:H7 nin kalite varyasyonu ile termal inaktivasyonunu karşılaştırmışlardır. Kalite varyasyon değerlerini ölçmek için, renk, pH, su aktivitesi, yağ ve nem içerikleri gibi kriterlerine bakılmış aynı zaman da mikrobiyal popülasyonunu incelemişlerdir. *Escherichia coli* O157:H7 miktarında 120-180s aralığında önemli bir azalma olmadığını belirtmişlerdir. Dana kıyım örneklerine inoküle edilen *Escherichia coli* O157:H7 nin ısı işlem etkisiyle sığır kıyım örneklerine inoküle edilen *Escherichia coli* O157:H7 den daha çabuk etkilendiğini belirtmişlerdir. 177°C sabit ızgara sıcaklığında 360 saniye pişirilen kıyım örneklerinde 5,67 ve 6,42 log kob/g azalma tespit etmişlerdir. Çift taraflı ızgara sıcaklığında uyguladıkları pişirme işlemi ile kıyım iç sıcaklıklarının 55°C ve 62,5°C değerinde 0,2 dakika bekletilmesi ile sığır kıymasındaki mikroorganizma düzeyinde 1,95-4,79 logkob/g değerinde, dana kıymasındaki mikroorganizma düzeyinde 1,97 ile >6 log kob/g değerinde azalma sağlandığını belirtmişlerdir (Li ve ark., 2018). Çalışmamızda 180°C sabit ızgara sıcaklığında Sivas köfte örneklerine 7,12 log kob/g değerinde inoküle edilen *Escherichia coli* O157:H7 nin 360 saniye de ki mikroorganizma miktarının <10 log kob/g düzeyinde olduğu görülmektedir. Li ve arkadaşları (2018) çalışmaları sabit ızgara sıcaklık değerinin çalışmamıza göre düşük olması, çalışmalarında çift taraflı ızgara kullanmış olmaları dolayısıyla elde edilen verilerin uyumlu olduğunu söylemek doğru olacaktır.

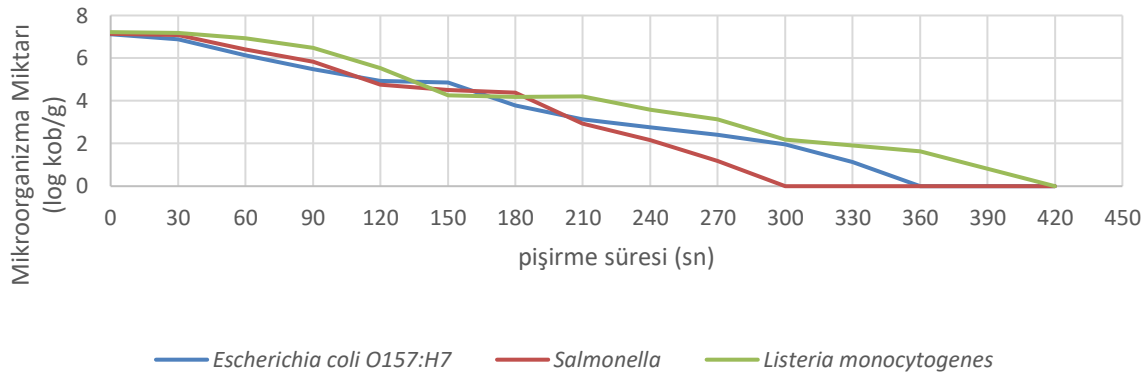
Shen ve arkadaşları (2011) dana kıymasında yapmış oldukları bir çalışmada sıcaklık uygulamalarını farklı cihazlarda gerçekleştirdiklerini ve merkez sıcaklığın daha çabuk 65°C'ye ulaşması için cihazdan bağımsız olarak sıcaklık uygulamasının yüksek olması gerektiğini belirtmişlerdir. 65°C'ye ulaşmak için gereken süre ne kadar kısa olursa numunelerin kenar ve yüzey sıcaklıklarının o kadar yüksek olduğunu belirtmişlerdir. 204 ile 260°C arasındaki sıcaklıkların 149°C sıcaklık değerinden daha fazla patojen inaktivasyonuna sebep olduğunu tespit etmişlerdir. Sığır etine 6,4 log kob/g değerinde inoküle edilen *Escherichia coli* O157:H7 nin en düşük değerine 260°C mutfak fırını kullanıldığında ulaştığını ve 5,5 log

kob/g düzeyinde bir azalma görüldüğünü belirtmişlerdir. Sığır eti merkez sıcaklığı 65°C olduğunda mikroorganizma düzeyinde 3,3 log kob/g lık azalma tespit etmişlerdir (Shen ve ark., 2011).

Çalışmamızda elektrikli ızgara kullanılması nedeniyle yüksek sıcaklıkta ısı işlemi uygulamaları mümkün olmamaktadır. *Escherichia coli* O157:H7 inoküle edilen Sivas köftesine ısı işlem uygulamasıyla Çizelge 5' te belirtilen köfte iç sıcaklığının 63,7°C olduğunda mikroorganizma düzeyinde 2,18 log kob/g düzeyinde, köfte iç sıcaklığının 67,9°C olduğunda mikroorganizma düzeyinde 2,26 log kob/g düzeyinde azalma olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda *Escherichia coli* O157:H7 düzeyinde 3,33 log kob/g değerindeki azalmanın 71,5°C de

olduğu belirlenmiştir. Shen ve arkadaşları (2011) yaptıkları çalışma da sığır eti merkez sıcaklığı 65°C olduğunda mikroorganizma düzeyinde 3,3 log kob/g lık azalma tespit ederlerken, bizim çalışmamızda da Sivas köfte iç sıcaklığı 71,5°C olduğunda mikroorganizma düzeyinde 3,33 log kob/g lık azalma tespit edilmiştir.

Şekil 1' de Sivas köfte örneklerine inoküle edilen *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 mikroorganizmalarının 180°C sıcaklıkta yıkılma durumları gösterilmiştir. Grafikten ısı işlemin etkisine maruz kaldıkları zaman dilimi boyunca mikroorganizma miktarlarının değişimi her bir mikroorganizma için ayrı ayrı ele alınıp, tek bir grafik başlığı altında değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Sivas köfte örneklerine inoküle edilen *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 'nin zamana bağlı değişimi

Figure 1. Time-dependent change of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 inoculated into sivas meatball samples

Şekil 1'de mikroorganizma inoküle edilen deneysel köfte örneklerinden *Listeria monocytogenes* in yıkılmasının daha uzun sürdüğü, *Listeria monocytogenes* in ısı işlem direncinin *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella* nın ısı direncinden daha yüksek olduğu, en düşük ısı direncine sahip mikroorganizmanın *Salmonella* spp. olduğu tespit edilmiştir. McMinn ve ark. (2018) hindi göğsü, rosto sığır eti, Kemiksiz jambon üzerinde yaptıkları çalışmada *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 nin ısı dirençlerini incelemişler, her üç üründe de *Listeria monocytogenes* in ısı direncinin daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Rosto sığır eti için çalışmamıza benzer sonuçlar elde ederek ısı direnç sıralamasının *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* şeklinde olduğu belirtmişlerdir (McMinn ve ark., 2018).

Benzer bir çalışmada Murphy ve ark. (2004) sığır/hindi kıyma örnekleri üzerinde *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* O157:H7 nin yıkılmasını incelemiş, *Listeria monocytogenes* in ısı direncinin *Salmonella* dan *Salmonella* ısı direncinin *Escherichia coli* O157:H7 den daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Söz konusu çalışmada hava etkili pişirme işlemi uygulaması dolayısıyla elde ettikleri diğer iki verinin çalışmamızda doğrulanmadığı düşünülmektedir (Murphy ve ark., 2004).

Sonuç

Bu çalışmada saha araştırmaları sonrasında toplanan veriler doğrultusunda yöresel ürün olan Sivas köftesine uygulanan ısı işlemin *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 üzerine etkileri incelenmiş ve uygulanacak ısı işlem değerleri belirlenmiştir. Çalışma öncesinde Sivas il merkezinde köfte üretimi ve satışı yapılan işletmelerden veriler toplandı. Tüketicie sunulan köftelerin pişirme süresi, köfte iç sıcaklığı, ızgara sıcaklığı ve en düşük, en yüksek ızgara sıcaklık değerleri ölçüldü. Elde edilen verilerden ızgara sıcaklık değerinde çok fazla dalgalanma olduğu, bunların kullanılan kömürün cinsi-miktarı, ızgara yüzey genişliği, havanın soğuk- sıcak olması, ızgaranın konumu, ızgaranın kalitesi gibi farklı birçok çevresel faktörün neden olduğu tespit edilmiştir. Bu faktörlerin değerlendirilmesinde bütün işletmelerde aynı koşulları oluşturabilmenin mümkün olmadığı kararlaştırılmıştır. Bu nedenle saha verileri ile paralel olarak 180°C sabit ızgara sıcaklığında çalışılmıştır.

Çalışmamız da *Salmonella* için 81,1°C köfte iç sıcaklığının güvenli olduğu, bu sıcaklığa ulaşabilmek için 180°C ızgara sıcaklığında 300 sn. (5 dk.) ısı işlem uygulanması gerektiği tespit edildi. *Listeria monocytogenes* için 87,3°C köfte iç sıcaklığının güvenliği olduğu ve bu sıcaklığa ulaşabilmek için 180°C ızgara sıcaklığında 420 sn. (7 dk.) ısı işlemin uygun

olduğu tespit edildi. *Escherichia coli* O157:H7 için 84,9°C köfte iç sıcaklığının güvenliği olduğu ve bu sıcaklığa ulaşabilmek için 180°C ızgara sıcaklığında 360 sn. (6 dk.) ısı işlemin uygun olduğu tespit edildi.

Aynı ızgara sıcaklığında pişirilen Sivas köftesinde *Listeria monocytogenes* in 5 log inaktivasyonu için diğer mikroorganizmalardan daha yüksek merkezi sıcaklığa ulaşması gerektiği, termal direncinin daha yüksek olduğu tespit edildi. Sivas köftesinde gıda güvenliğini sağlamak amacıyla yapılan bu çalışma patojen mikroorganizmaların yıkılma durumunu incelemiş ve köftelerin kaç derece iç sıcaklığına ulaştığında gıda güvenliğinin sağlanacağı belirtilmiştir. İncelenen üç farklı mikroorganizmadan üçünde farklı sürelerde uygun değere ulaştığı görülmüş fakat her üçü içinde 180°C ızgara sıcaklığında ortalama 7 dk. ısı işlem uygulamasının yeterli olduğu tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Can, Ö. P., Şahin, S., Erşan, M. ve Harun, F. (2013). Sivas kofte and examination of microbiological quality. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 29(1), 133-143.
- Carpenter, S.L. ve Harrison, M.A. (1989). Survival of *Listeria monocytogenes* on processed poultry. *Journal of Food Science*, 54(3), 556-557.
- Catar, C. ve Kislal, D. (2013). Thermal inactivation of salmonella enteritidis in beef meatballs in convective oven. (http://icomst-proceedings.helsinki.fi/papers/2013_06_34.pdf). Erişim tarihi: 12.06.2021.
- Halkman, A.K. (2021). Gıda kaynaklı mikrobiyolojik hastalıklar https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/2399/mod_resource/content/1/GDM310%2001.pdf (Ankara Üniversitesi - Gıda Mikrobijolojisi II ders notu).
- İlhak, O.İ., Dikici, A., Can, Ö.P., Şeker, P., Öksüztepe, G. ve Çalicioğlu, M. (2013). Effect of cooking procedures of kıymalı pide, a traditional Turkish fast-food, on destruction of *Escherichia coli* O157: H7. *Meat Science*, 94(2), 159-163.
- Kaş, Ç. (2019). Farklı geometrik şekillerdeki geleneksel köftelerde (İnegöl ve Kasap) *Salmonella*'nın termal inaktivasyonu. Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Uşak.
- Kemah, A. (2019). Farklı geometrik şekillerdeki geleneksel köftelerde (İnegöl ve Kasap) *Listeria monocytogenes*'in termal inaktivasyonu. Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Uşak.
- Li, K., McKeith, A. G., Shen, C. ve McKeith, R. (2018). A comparison study of quality attributes of ground beef and veal patties and thermal inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 after double pan-broiling under dynamic conditions. *Foods*, 7(1), 1-13.
- McMinn, R. P., King, A. M., Milkowski, A. L., Hanson, R., Glass, K. A. ve Sindelar, J. J. (2018). Processed meat thermal processing food safety-Generating D-values for *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, and *Escherichia coli*. *Meat and Muscle Biology*, 2(1), 168-179.
- Murphy, R. Y., Beard, B. L., Martin, E. M., Keener, A. E., ve Osaili, T. (2004). Predicting process lethality of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella*, and *Listeria monocytogenes* in ground, formulated, and formed beef/turkey links cooked in an air impingement oven. *Food Microbiology*, 21(5), 493-499.
- Quintavalla, S., Larini, S., Mutti, P. ve Barbuti, S. (2001). Evaluation of the thermal resistance of different *Salmonella* serotypes in pork meat containing curing additives. *International Journal of Food Microbiology*, 67(1), 107-114.
- Shen, C., Geornaras, I., Belk, K.E., Smith, G.C. ve Sofos, J.N. (2011). Inactivation of *Escherichia coli* O157: H7 in moisture-enhanced nonintact beef by pan-broiling or roasting with various cooking appliances set at different temperatures. *Journal of Food Science*, 76(1), 64-71.
- Soyutemiz G.E. ve Çetinkaya F. (2005). Thermal Resistance of *Listeria monocytogenes* in İnegöl Meatballs. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 29(1), 319-323.
- Tosuncuk, Ö. (2019). Farklı geometrik şekillerdeki geleneksel köftelerde (İnegöl ve Kasap) *Escherichia coli* O157:H7'nin termal inaktivasyonu. Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi), Uşak.