

Köfte Örneklerinin Farklı Son Sıcaklıklara Ohmik Yöntemle Pişirme Etkinliğinin İncelenmesi

İlkin Yücel Şengün^{1,✉}, Filiz İçier¹, Gülen Yıldız-Turp¹, Ender Hikmet Arserim², Gamze Kor²

¹Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

²Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 35100, Bornova, İzmir

Geliş Tarihi (Received): 04.01.2013, Kabul Tarihi (Accepted): 29.03.2013

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): ilkin.sengun@ege.edu.tr (İ.Y. Şengün)

☎ 0 232 311 30 28 📠 0 232 342 75 92

ÖZET

Ohmik pişirmenin köfte örneklerinin mikrobiyal yükü, renk, pişme verimi, pişme değeri (C) ve pastörizasyon ünitesi (PU) değeri üzerine etkisini belirlemek üzere 15.26 V/cm voltaj gradyanı ile farklı merkez sıcaklıklarına (70, 75 ve 80°C) ulaşılan dek ohmik pişirme işlemi uygulanmıştır. Ohmik pişirmenin patojen mikroorganizmalar üzerine etkisini belirlemek amacıyla köfte örnekleri *Salmonella enteridis* ile 3 log kob/g seviyesinde bulaştırılmıştır. Çalışmada uygulanan ohmik pişirme işleminin, köfte örneklerine inokule edilen *Salmonella enteridis*'i tamamen elimine ettiği, örneklerin toplam mezofilik bakteri sayısını ise 2,41-3,35 logaritmik birim azalttığı tespit edilmiştir (P>0.05). Farklı merkez sıcaklıkları kullanımının, örneklerin renk özelliklerini etkilediği belirlenmiştir. Örneklerde örnek içi a*, ΔC, Hue ve kroma değerleri arasında anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır (P<0.05). 70°C'de pişirilen örneklerin a* değeri diğer örneklerden yüksek bulunmuş (P<0.05). Bununla birlikte örneklerin pişme verimleri, C ve PU değerleri arasında önemli bir farklılığa rastlanılmamıştır (P>0.05). Çalışmada elde edilen sonuçlar, ohmik pişirmenin et ürünlerinde alternatif bir pişirme tekniği olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ohmik, Pişirme, Mikrobiyoloji, Köfte, Kalite

Investigation of Ohmic Cooking Effectiveness of Meatballs Cooked to Different Final Temperatures

ABSTRACT

Ohmic cooking were applied to meatball samples by using different central temperatures (70, 75 and 80°C) at 15.26 V/cm voltage gradient, and the effects of the system on the microbial load, color, cooking yield and C/PU value of the samples were investigated. To determine the effects of ohmic cooking on pathogenic bacteria, meatballs were inoculated with *Salmonella enteridis* at a 3 log CFU/g level. The ohmic cooking treatments completely eliminated *Salmonella enteridis* from the samples, while total mesophilic aerobic bacteria counts of meatballs reduced ranging from 2.41 to 3.35 log unit (P>0.05). Use of different central temperature affected the central color properties of the samples. There were significant differences in the a*, ΔC, Hue and chroma values of center of the samples (P<0.05). The a* value of the samples, cooked to the central temperature of 70°C was higher than the others (P<0.05). However, there was insignificant difference in the cooking yield C and PU value of the samples (P>0.05). These results showed considerable potential of ohmic treatment for meat products as an alternative cooking method.

Key Words: Ohmic, Cooking, Microbiology, Meatball, Quality

GİRİŞ

Ohmik ısıtma, sistemden elektriksel alternatif akım geçirilirken, devreyi tamamlayan bir parça olan gıdanın elektriksel dirence bağlı olarak ısıtılması ilkesine dayanan elektriksel ısıtma tekniğidir [1]. Bu yöntemle, gıdanın yüksek sıcaklıklara kısa sürede ısıtılmasıyla ürünün daha az zarar görmesi sağlanarak duyasal olarak tercih edilirliliği yüksek ve güvenli gıda eldesi mümkün olabilmektedir [2]. Ohmik ısıtma sisteminin yüksek kalitede ürün eldesini sağlamanın yanı sıra sessiz çalışması, az yer kaplaması, kullanımının pratik olması, akım kesildiğinde ısı birikiminin durması, karıştırma işlemine gerek kalmadan ısıtma işlemi gerçekleştirilmesi gibi avantajları bulunmaktadır.

Ohmik ısıtmada mikrobiyal hücrelerin öldürülmesinde kullanılan temel mekanizma ısı etkiye dayansa da, 50-60 Hz gibi düşük frekanslarda, hücre duvarları boyunca elektriksel yüklerin meydana gelmesi ve porların oluşması, diğer bir deyişle orta büyüklükte bir elektroporasyon mekanizmasının oluşabilme ihtimalinin de mevcut olduğu düşünülmektedir [3]. Ohmik ısıtmanın sıvı gıdalara uygulanması ve kalite özellikleri üzerine etkileri konusunda son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ohmik ısıtma yönteminin sıvı gıdaların kalite özellikleri üzerinde olumsuz değişimlere sebep olmadan mikrobiyal açıdan güvenli ürün eldesini mümkün klabildiği saptanmış ve söz konusu yöntem birçok ülkede (ABD, İngiltere, Japonya, İtalya, Meksika vb.) sıvı gıda üretiminde ticari olarak uygulanmaya başlanmıştır. Ohmik ısıtma işleminin sıvı gıdaların (meyve-sebze suları, süt, yumurta vb.) ısıtılması, pastörizasyonu ve sterilizasyonunda alternatif bir ısıtma yöntemi olarak kullanılabilmesine uluslararası platformda FDA, USDA gibi kurum/kuruluşlar tarafından da izin verilmektedir [3, 4, 5, 6]. Ancak ohmik ısıtmanın et ürünlerine ısıtma ve pişirme amaçlı uygulanması konusunda yeterli çalışma bulunmamaktadır [7].

Taze et, içerdiği zengin besin elementleri ile bozulma yapan mikroorganizmalar ve gıda kaynaklı patojenlerin gelişimi için oldukça uygun bir ortam sağlamakta olup, uygun teknolojiler kullanılarak güvenlik ve kalitesi korunmak zorunda olan bir gıdadır [8]. Et ve et ürünlerinin tüketimi sonucu oluşabilecek gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıkların önlenilmesinde dikkat edilmesi gereken en önemli noktalardan biri, ürünün iyi bir şekilde pişirilmesidir [9]. Et ürünleri içerisinde önemli bir yer tutan köfte tüketimi sonucu oluşan hastalıklar incelendiğinde, bu hastalıkların, genellikle iyi pişirilmemiş, pişirilse de iç bölgesi yeterli derecede ısıtılma maruz kalmamış veya hafif ön pişirme sonrasında ikinci kez tekrar ancak yetersiz derecede pişirilmiş köfte tüketimi sonucu oluştuğu belirtilmektedir [10]. Geleneksel pişirme tekniklerinde gıdanın dış bölgesi iç bölgesine oranla çok daha hızlı pişmekte iken, ohmik pişirme tekniğinde iç bölgede oluşan yüksek sıcaklık daha sonra dış bölgeye doğru yayılmakta ve böylece pişme içten dışa doğru gerçekleşmektedir [11]. Bununla birlikte geleneksel pişirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında ohmik pişirme, kısa işlem süresi, yüksek verim, gıdanın renk ve besin değerini koruma

gibi avantajlara da sahiptir [12, 13, 14]. Bu nedenlerle ohmik pişirme tekniğinin köfte gibi diğer et ürünlerine uygulanması ile çok daha hızlı, yüksek kalitede ve güvenilir ürün eldesinin mümkün olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada ohmik pişirme tekniğinin köfte örneklerinin bazı kalite özellikleri üzerine etkisini belirlemek ve ayrıca *Salmonella enteridis* inaktivasyonundaki etkinliğini saptamak amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METOT

Örnek Hazırlığı

Örnekler destekleyen kuruluş (Burdur Güçbirliği A.Ş) tarafından, kesimden sonra dinlendirilmiş olarak vakum paket içerisinde soğuk zincir ile Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Elektriksel İşlemler Laboratuvarı'na getirilmiştir. Burada 200 g'lık porsiyonlara ayrılan etler, LDPE poşetler içerisinde -18°C'de depolanmıştır. Analiz öncesinde çözündürülmüş etler (+4°C/ 1 gece), kıyma makinesinin (Arçelik, Türkiye) 3 mm delik çaplı aynasından geçirilmiştir. Köfte formülasyonu şu şekilde hazırlanmıştır; kıyma (96% w/w), soğan tozu (1% w/w), tuz (0.5% w/w), sodyum karbonat (0.5% w/w) ve su (2% v/w). Köfte hamuru katkılarla yoğrulup, 1 saat buzdolabında bekletildikten sonra, pişirme işlemi öncesi, 0.025 m çap ve 0.05 m uzunluğa sahip silindirik kalıplarda şekillendirilmiştir.

Ohmik Pişirme İşlemi

Ohmik pişirme aşamasında silindirik şekle sahip köfte örnekleri, 15.26 V/cm voltaj gradyanı kullanılarak hızlı bir şekilde başlangıç sıcaklığı olan 25°C'den, daha önce belirlenmiş olan 3 farklı merkez sonu sıcaklığına (70, 75 ve 80°C) getirilecek şekilde pişirilmiştir. Çalışmada, özel olarak katı gıdaların pişirilmesi amacıyla tasarlanmış ve kurulmuş sürekli modda çalışabilen ohmik pişirme sistemi kullanılmıştır. Bu sistemde iki elektrot (paslanmaz çelik), döner bant ünitesi, sıcaklığa duyarlı elementler (Omega, UK), varyak-güç ünitesi, mikro işlemci-PC kontrol ve veri kayıt sistemi bulunmaktadır (Şekil 1). Tüm üretim işlemleri oda koşullarında (20±1°C) yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler öncesinde sistemin tüm parçaları hipoklorit çözeltisiyle (200 ppm/30 min) dezenfekte edilmiştir [15].

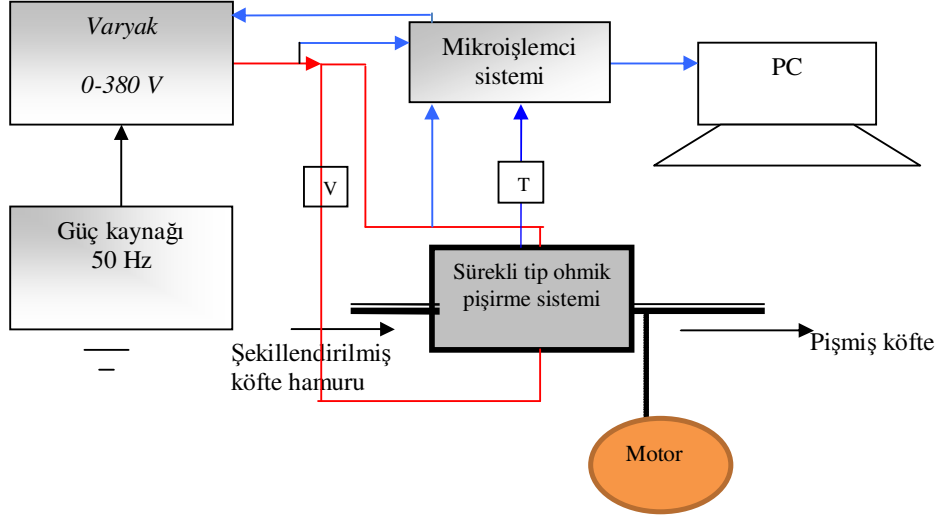
Köfte Örneklerinin İnokulasyonu

Köfte örneklerinin inokulasyonunda *Salmonella enteridis* ATCC 13076 suşu kullanılmıştır. 4°C'de 200 ppm nalidiksik asit (Oxoid) içeren Tryptone Soya Agar (TSAN, pH 7.3±0.2, Oxoid, Basingstoke, Hampshire, England) besiyerinde saklanan stok kültürün aktivasyonu için kültür, 200 ppm nalidiksik asit içeren Tryptone Soya Broth (TSBN, pH 7.3±0.2, Oxoid) besiyerine transfer edilmiş ve 37°C'de 24 saat inkübe edildikten sonra denemelerde kullanılmıştır.

İnokulasyon öncesi köfte örnekleri *Salmonella* açısından incelenmiş, bu bakteriyi içermediği belirlenen örnekler inokulasyon amacıyla denemelerde kullanılmıştır.

Köftenin gramındaki *S. enteridis* sayısının yaklaşık 10^3 kob olması amacıyla, 24 saatlik TSBN kültüründen (*S. enteridis*, 10^4 kob/mL) 1 mL alınarak 30 gram köfte hamuruna aktarılmış ve stomacher poşeti içerisinde karıştırılmıştır. *S. enteridis* hücrelerinin örnekte tutunmasını sağlamak amacıyla örnekler 4°C 'de 1 saat

boyunca bekletilmiş ve daha sonra steril silindir blok yardımıyla köfte hamuruna şekil verilmiştir. Bu şekilde hazırlanan örnekler sadece ohmik pişirmenin *S. enteridis* üzerine etkisini belirlemek amacıyla kullanılmıştır.



Şekil 1. Ohmik pişirme sistemi

Mikrobiyolojik Analizler

Ohmik pişirilmiş köfte örneklerinin mikrobiyolojik kalitesini belirlemek amacıyla, 25 gram örnek aseptik şartlarda 225 ml %0.1 peptonlu suya (PW, pH $6,3\pm 0,2$, Oxoid-L37, Basignstoke, Hampshire, England) aktarılmıştır. Örneğin diğer 10'ar katlık dilüsyonları PW'da hazırlanmış ve uygun dilüsyonlardan besiyerlerine paralel ekimler yapılmıştır. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayısını (TMAB) belirlemek amacıyla dökme plak yöntemine göre Plate Count Agar'a (PCA, pH $7,1\pm 0,2$, Oxoid-CM325) ekim yapılmış ve petriler 35°C 'de 48 saat inkübe edilmiştir [16].

Çalışmanın inokulasyon aşamasında kullanılacak olan köfte örnekleri, inokulasyon öncesi *Salmonella* varlığı açısından incelenmiştir. Bu amaçla köfte örnekleri öncelikle ön zenginleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Bu aşamada Lactose Broth besiyerine (LB) ekim yapıp 35°C 'de 24 saat inkübasyon uygulanmış, daha sonra zenginleştirme aşamasında Tetrathionate Brilliant Green Broth (TT) ve Rappaport-Vassiliadis (RV) besiyerlerine ekim yapılmış ve TT için 43°C , RV için 37°C 'de 24 saat inkübasyon uygulanmıştır. Inkübasyon süresi sonunda zenginleştirme sıvılarının her birinden çizme plaka yöntemine göre Bismuth Sulphite Agar (BSA) ve Xylose Lysine Desoxycholate Agar petrilere (XLD) ekim yapılmış ve petriler 37°C 'de BSA besiyeri için 24-48 saat, XLD besiyeri için 24 saat inkübe edilmiştir. Inkübasyon süresi sonunda oluşan tipik koloniler için biyokimyasal (Triple Sugar Iron Agar ve Lysine Iron Agar'a ekim) ve serolojik testler uygulanmıştır [17].

İnokule edilen örneklerde *S. enteridis* sayımı amacıyla uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemine göre, içerisinde 200 ppm nalidiksik asit içeren Bismuth Sulphite Agar'a (BSAN, pH $7,6\pm 0,2$, Oxoid CM0201) ekim yapılmış ve petriler 37°C 'de 48 saat inkübe edilmiştir. Tesadüfi olarak seçilen tipik *S. enteridis* kolonilerine doğrulama amacıyla biyokimyasal [Triple Sugar Iron Agar (TSI, pH $7,4\pm 0,2$, Oxoid) ve Lysine Iron Agar (LI, pH $6,7\pm 0,2$, Oxoid) reaksiyonları] ve serolojik testler uygulanmıştır [17].

Pişme Verimi

Köfte örneklerinin pişme öncesi ve sonrası ağırlıkları ölçülerek pişme verimleri hesaplanmıştır [18].

$$\text{Pişme verimi} = \frac{\text{Pişmiş köfte ağırlığı}}{\text{Pişmemiş köfte ağırlığı}} \times 100 \quad (1)$$

Renk Özellikleri

Ohmik pişirilen köfte örneklerinin renk özelliklerini belirlemek amacıyla, HunterLab Colorflex (CFLX 45-2 Model Colorimeter, HunterLab, Reston, VA). (Management Company, USA) renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihaz, her ölçüm öncesinde siyah cam ve beyaz seramik plakalarla standardize edilmiştir (X: 79.09, Y: 83.98, Z: 88.69 ve L: 93.44, a: -1.12, ve b: 1.02). Renk değerleri CIE L^* , a^* , b^* ölçülmüş ve renk özelliklerindeki değişimin daha iyi karakterize edilebilmesi amacıyla kombine renk değerleri de (ΔE , ΔC ve kroma) aşağıdaki formülasyonlar kullanılarak hesaplanmıştır.

Pişişmiş köfte örnekleri renk ölçümü öncesinde 30 min bekletilmiş ve her tekrar için dört ölçüm yapılmıştır. Ölçümler köfte örneklerinin hem dış hem de iç yüzeylerinde radyal aksis boyunca kesit alınarak gerçekleştirilmiştir. Köfte örneklerinin renk ölçüm sonuçları değerlendirilirken, her örnek için kullanılan hammaddenin rengindeki farklılıklardan kaynaklanabilecek değişimlerin önüne geçebilmek amacıyla, pişişmiş köfte örneklerinin renk değerleri, o örneğin üretiminde kullanılan hammaddenin renk değerleriyle oranlanarak verilmiştir.

$$\text{Renk özelliği oranı} = \frac{\text{Pişişmiş Örneğin renk özelliği}}{\text{Pişmemiş Örneğin renk özelliği}} \quad (2)$$

$$\text{Hue açısı} = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*} \quad (3)$$

$$\text{DeltaE} = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (4)$$

$$\text{DeltaC} = \sqrt{(c^* - c_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (5)$$

$$\text{Kroma} = \sqrt{b^{*2} + a^{*2}} \quad (6)$$

Pişme Değeri (C) ve Pastörizasyon Ünitesi (PU);

Ohmik pişirme işlemi sırasında elde edilen sıcaklık (°C)-süre (s) verilerinden yararlanılarak pastörizasyon ünitesi (PU) ve pişme değeri (C) hesaplanmıştır (Denk 7 ve 8) [19].

$$PU = \int_0^{t_p} 10^{\frac{T-100}{10}} dt \quad (7)$$

$$C = \int_0^{t_p} 10^{\frac{T-100}{10}} dt \quad (8)$$

Süre-merkez sıcaklığı verileri köfte örneklerinin C değerini hesaplamada kullanılırken PU değeri, her bir sürede köfte örneklerinin içinde ulaşılan ortalama sıcaklık değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

İstatistiksel Değerlendirme

Denemeler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, SPSS 15.0.1 [20] paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arasındaki farklar Duncan's Multiple Range test ile of P≤0.05 önem seviyesinde tespit edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

S. enteridis ile inokule edilen (3 log kob/g) köfte örnekleri 15.26 V/cm voltaj gradyanı uygulanarak farklı merkez sıcaklıklarına (70, 75 ve 80°C) ulaşana dek ohmik pişirilmiştir ve uygulanan işlem koşullarının *S. enteridis* üzerine etkileri incelenmiştir. İşlem öncesi inokule edilen köfte örneklerinde başlangıç *S. enteridis* sayısı 3.08 log kob/g olarak belirlenmiş, örneklerin ohmik sistemle pişirilmesi sonucunda ise *S. enteridis* tamamen elimine edilmiştir (Tablo 1). Zell ve ark. [21] tarafından yapılan bir çalışmada et örnekleri *Listeria innocua* ile inokule edilmiş, yüksek sıcaklık ve düşük süre ohmik uygulamasıyla (95°C, toplam süre 7 dakika), ilave tutma süresine gerek kalmadan, hedef

mikroorganizma sayısı 7,05 log kob/g düşürülmüştür (tespit seviyesinin altına), ancak düşük sıcaklık ve uzun süre ohmik uygulamasıyla (72°C) hedef mikroorganizmada aynı seviyede azalma sağlayabilmek için 15 dakika ve üzerinde işlem süresine gereksinim olduğu belirlenmiştir. Piette ve ark. [22] tarafından yapılan bir çalışmada, Bologna tipi sosislerde bulunan *Enterococcus faecalis* ohmik ısıtma işlemi ile inaktive edilmeye çalışılmış, 80 ve 70°C'de sırasıyla 13.78 min ve 31.44-40.36 min toplam tutma süreleri ile hedef mikroorganizma sayısında 9.06 log kob/g azalma sağlanmıştır. Yapılan diğer bir çalışmada [23], doğranmış et ve köfte örneklerine ohmik ısıtma, 81°C'de 15 min toplam işlem süresi olacak şekilde uygulanmış ve örneklere 10⁴-10⁵ kob/g seviyesinde inokule edilen *Pseudomonas aeruginosa* tamamen elimine edilmiştir. Ohmik pişirmenin et ürünlerinde bulunan mikroorganizmalar üzerine etkisini araştıran sınırlı sayıdaki çalışmalarda, kullanılan mikroorganizmaların ısı dirençlerinin farklılık göstermesi, farklı ürün tipi ve işlem parametrelerinin kullanılmış olması, elde edilen sonuçları karşılaştırmada sıkıntı yaratmaktadır. Bununla birlikte literatürde ohmik ısıtma işlemine karşı direnç gösteren herhangi bir patojen mikroorganizmanın bulunmadığı belirtilmektedir [24].

Tablo 1. Ohmik pişirmenin köfte örneklerine inokule edilen *S. enteridis* üzerine etkisi

Ulaşılan Merkez Sıcaklığı (°C)	<i>S. enteridis</i> * (log kob/g)
70	<2
75	<2
80	<2

*Köfte örneğinin başlangıç *S. enteridis* sayısı 3,08 log kob/g

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında, inokule edilmemiş köfte örnekleri kullanılmıştır. Öncelikle örnekler 15.26 V/cm voltaj gradyanı uygulanarak farklı merkez sıcaklıkları (70, 75 ve 80°C) ulaşana dek ohmik pişirilmiştir ve uygulanan işlem koşullarının köftelerin toplam mikroorganizma yüküne (TMAB) etkileri incelenmiştir (Tablo 2). Pişirilmemiş köfte örneğinin başlangıç TMAB sayısı 4,38 log kob/g olarak belirlenmiştir. Tablo 2'de görüldüğü üzere, köfte örnekleri 70, 75 ve 80°C merkez sıcaklıkları kullanılarak pişirildikten sonra TMAB sayılarında sırasıyla 2.82; 2.42 ve 3.35 logaritmik birim düşüş meydana gelmiştir. Ancak farklı sıcaklıklar kullanılmak suretiyle örneklerin TMAB sayılarında meydana gelen bu azalmaların, istatistiksel olarak farklı olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05). İçier ve ark. [25] tarafından yapılan çalışmada, köfte örneklerinin ohmik pişirilmesi sırasında 15, 20 ve 25 V/cm voltaj gradyanı, 0, 15 ve 30 s işlem süresi ve merkez sıcaklık kriteri olarak 75°C seçilmiş ve köfte örneklerinde toplam mikrobiyal yükün azalmasını etkileyen faktörler incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda köftelerin TMAB sayısı üzerine en etkili voltaj gradyanının 15 V/cm olduğu, bununla birlikte sabit sıcaklık ve voltaj gradyanında tutma süresinin kısımları durumu, özellikle 15 V/cm voltaj gradyanında, toplam mikrobiyal yükte meydana gelen azalmanın daha yüksek olduğu belirtilmiştir. 75°C merkez sıcaklığında 15 V/cm voltaj gradyanı ve 0 s tutma süresi ile ohmik pişirilen köfte örneklerinde TMAB sayısının başlangıç yüküne göre 2.42 logaritmik birim azaldığı tespit edilmiştir [25].

Tablo 2. Ohmik pişirmenin köfte örneklerinin toplam mezofilik aerobik bakteri sayısı (TMAB) üzerine etkisi

Ulaşılan Merkez Sıcaklığı (°C)	TMAB* (log kob/g)
70	1.56±0.67
75	1.96±0.36
80	1.03±0.89

*Köfte örneğinin başlangıç TMAB sayısı 4.38 log kob/g

Çalışmada, köfte örneklerinin farklı merkez sıcaklıkları hedef alınarak ohmik pişirme yöntemiyle pişirilmesinin, pişme kaybı üzerinde önemli düzeyde bir farklılığa neden olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3). Etin, belirli bir sıcaklık değerine kadar hızlı bir şekilde pişirilmesinin, aynı sıcaklık değerine kadar yavaşça pişirilmesine kıyasla, daha düşük pişme kaybı oluşturduğu ve sonuçta daha sulu bir ürün elde edildiği bildirilmektedir [26].

Tablo 3. Ohmik yöntemle pişirilen köftelerde pişme verimi

Ulaşılan Merkez Sıcaklığı (°C)	Pişme Verimi (%)
70	91.96±0.35
75	90.61±1.73
80	91.44±3.14

Geleneksel pişirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında ohmik pişirmenin sağladığı en büyük avantaj, daha düşük pişme kaybı ve daha sulu et eldesi sağlamasıdır [27]. Düşük yağlı köfte örneklerinin ohmik pişirilmesi

sonucunda elde edilen pişme veriminin, diğer çalışmalarda kullanılan elektrikli ızgara [28, 29] ve teflon tava [30] ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Köfte örneklerinin iç yüzeylerinde belirlenen renk parametrelerinden a^* , ΔC , Hue ve kroma değerlerinin, ohmik pişirme işleminde uygulanan farklı merkez sıcaklıklarına göre önemli düzeyde değişim gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$) (Tablo 4). Merkez sıcaklığı 70°C'ye gelene dek ohmik pişirilen köfte örneklerinin, diğer sıcaklıklarda pişirilen köfte örneklerine oranla iç yüzeylerinde daha yüksek a^* ve ΔC değerleri tespit edilmiştir ($P<0.05$). Bununla birlikte örneklerin iç yüzeylerinde ölçülen L^* ve b^* değerlerinde farklı pişme sıcaklığına göre önemli düzeyde farklılık gözlenmemiştir. Benzer şekilde Berry ve Bigner-George [31] tarafından yapılan çalışmada, sığır etinden üretilen köftelerin 81-85°C'de pişirilmesi ile düşük a^* değeri ve yüksek hue açısı değerleri elde edilmiş, ancak L^* and b^* değerlerinin iç sıcaklıktan etkilenmediği tespit edilmiştir. Bozkurt ve İçier [32], ohmik yöntemle ve geleneksel yöntemle pişirilen kıyılmış et örneklerinin L ve a değerleri arasında önemli düzeyde fark olduğunu ancak Hue ve b değerleri arasındaki farkın önemsiz olduğunu bildirmişlerdir. Hue açısı yüksek olduğunda kırmızı renk düşük olmaktadır [33]. Bu yüzden pişme sıcaklığı yükseldikçe, örneklerin kırmızılılık değeri (a^* değeri) düşmekte ve hue değeri ise yükselmektedir.

Tablo 4. Ohmik yöntemle pişirilen köfte örneklerinin iç yüzeylerine ait renk değerleri

Renk Parametreleri	Örnek İç Yüzeyi Sıcaklığı (°C)		
	70	75	80
L^*	39.22±1.10	38.01±1.31	38.13±0.23
a^*	10.79±0.21 ^a	9.17±0.84 ^b	9.61±0.36 ^b
b^*	7.47±0.33	7.33±0.19	7.34±0.13
Hue açısı	34.68±0.87 ^a	38.75±1.86 ^b	37.55±1.47 ^{ab}
Kroma	13.13±0.35 ^a	11.75±0.77 ^b	12.12±0.23 ^{ab}
ΔE	14.90±0.97	14.53±0.78	14.38±0.27
ΔC	5.43±0.20 ^a	7.05±0.84 ^b	6.61±0.36 ^b

^{a-b} Aynı sütunda yer alan farklı harfler, ortalama değerler arasındaki istatistiksel farklılığı göstermektedir ($P<0.05$).

Bununla birlikte, ohmik pişirme işleminin farklı merkez sıcaklıkları kullanılarak uygulanması, köfte örneklerinin dış yüzeylerinin renk özelliklerinde farklılığa neden olmamıştır ($P>0.05$) (Tablo 5). Zell ve ark. [34], ohmik

pişirilen hindi eti örneklerinin yüzeylerinde ölçülen L değerlerinin geleneksel yöntemle pişirilen örneklere göre daha yüksek olduğunu, kroma değerleri arasında ise fark olmadığını belirtmişlerdir.

Tablo 5. Ohmik yöntemle pişirilen köfte örneklerinin dış yüzeylerine ait renk değerleri

Renk Parametreleri	Örnek Dış Yüzeyi Sıcaklığı (°C)		
	70	75	80
L^*	24.91±0.23	25.60±0.73	26.34±0.66
a^*	14.94±1.35	12.01±2.25	11.58±1.23
b^*	6.52±0.27	6.37±0.41	6.53±0.22
Hue	23.69±1.17	28.57±3.48	29.66±2.45
Kroma	16.31±1.34	13.62±2.17	13.30±1.11
ΔE	1.86±1.11	4.43±2.21	5.04±1.15
ΔC	1.63±1.24	4.31±2.29	4.71±1.22

Çalışmada ohmik pişirme sırasında farklı işlem koşullarının, pişme değeri (C) ve pastörizasyon ünite (PU) değeri değişimlerine etkisi de belirlenmiştir. Düşük

pastörizasyon ünitesi, pişme süresinin kısaltıldığını göstermektedir. Çalışmada uygulanan merkez sıcaklıklarının (70, 75 ve 80°C) PU değeri üzerine

etkisinin istatistiksel açıdan önemsiz olduğu saptanmıştır (Tablo 6). Bu nedenle, aynı voltaj gradyanında belirlenen merkez sıcaklıklarına pişirilen köftelerin pastörizasyon ünitesi değerleri arasında fark bulunmamaktadır. 70°C merkez sıcaklığı kullanılarak ohmik pişirilen köfte örneklerinin C değeri, diğer örneklerden daha düşük olduğundan, bu örneklerde meydana gelen kimyasal değişim, daha yüksek sıcaklıkların kullanıldığı örneklerle oranla daha az olacaktır. 75 ve 80°C merkez sıcaklıklarının kullanıldığı ohmik pişirmede C değerleri arasında fark bulunmamıştır.

Tablo 6. Ohmik pişirilen köftelerde pişme (C) ve pastörizasyon ünitesi (PU) değerleri

Ulaşılan Merkez Sıcaklığı (°C)	C	PU
70	4.09±0.35	31.25±30.01
75	9.66±4.46	47.93±33.40
80	11.13±6.50	45.06±13.60

SONUÇ

Bu çalışmada köfte örneklerine ohmik pişirme, farklı merkez sıcaklıkları (70, 75 ve 80°C) ulaşana dek uygulanmış ve örneklerin renk özellikleri, pişme verimi ve mikrobiyolojik kalitesi değerlendirilmiştir. Çalışmada uygulanan voltaj gradyanında ve tüm sıcaklıklarda, köfte örneklerine inokule edilen *S. enteridis*'i tamamen elimine ettiği belirlenmiştir. Bununla birlikte kullanılan sistemin, köftelerin doğal mikrobiyal florası üzerine de etkili olduğu tespit edilmiştir. Farklı merkez sıcaklıklarında ohmik pişirilen köftelerin pişme verimlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Köfte örneklerinin iç renk özellikleri ohmik pişirmede kullanılan farklı merkez sıcaklığı uygulamasından etkilenirken, dış renk özelliklerinin bu durumdan etkilenmediği tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, ohmik pişirme sisteminin, et ürünlerinin pişirilmesinde kullanılabilecek alternatif bir yöntem olabileceğini ve sistemin özellikle mikrobiyolojik açıdan güvenilir gıda eldesine olanak sağladığını ortaya koymuştur. İlerleyen çalışmalarda, farklı işlem parametreleri kullanılmak suretiyle, ohmik pişirmenin farklı patojen mikroorganizmalar üzerine etkilerinin belirlenmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK (Proje No. 110 O 068) tarafından finanse edilmiştir. Ayrıca projeye değerli katkılarından dolayı Burdur Güçbirliği San. A.Ş., Arçelik A.Ş. ve Batı Klima A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] İçier, F., 2003. Gıdaların ohmik ısıtılmasının deneysel ve kuramsal olarak incelenmesi, Doktora tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 245 s.
- [2] Parrott, D.L., 1992. Use of ohmic heating for aseptic processing of food particulates. *Food Technology* 46: 68-72.
- [3] Sastry, S.K., 2008. Ohmic heating and moderate electric field processing. *Food Science and Technology International* 14(5): 419-422.

- [4] Anon., 2000. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. Research Needs. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition June 2, 2000. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift-need.html> (Erişim tarihi: Kasım 2012).
- [5] Anon., 2000. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. Ohmic and Inductive Heating. U. S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition June 2, 2000. <http://www.fda.gov/Food/ScienceResearch/ResearchAreas/SafePracticesforFoodProcesses/ucm100158.htm> (Erişim tarihi: Kasım 2012).
- [6] Anon., 2008. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service: Quality and Utilization of Agricultural Products (NP 306), June 11, 2008, Breakout. www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Program/306/CombinedBreakoutSession2.doc (Erişim tarihi: Kasım 2012).
- [7] Anon., 2005. Ohmic Heating of Foods. Ohio State University Extension Factsheet. <http://ohioline.osu.edu/fse-fact/0004.html> (Erişim tarihi: Kasım 2012).
- [8] Aymerich, T., Picouet, P.A., Monfort, J.M., 2008. Decontamination technologies for meat products. *Meat Science* 78: 114-129.
- [9] ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods), 1998. Meat and Meat Products. In T.A. Roberts, J.I. Pitt, J. Farkas, F.H. Grau, (Eds), *Microorganisms in Foods*, Vol.6, London, UK., Blackie Academic and Professional.
- [10] Ünlütürk, A., Turantaş, F., 1999. Et ve et ürünlerinde mikrobiyolojik bozulmalar, patojen mikroorganizmalar ve muhafaza yöntemleri, Ünlütürk, A. ve Turantaş, F. (Eds.), *Gıda Mikrobiyolojisi*, Mengi Tan Basımevi, İzmir, 263-287s.
- [11] Somavat, R., Mohamed, H.M.H., Chung, Y.K., Yousef, A.E., Sastry, S.K., 2012. Accelerated inactivation of *Geobacillus stearothermophilus* spores by ohmic heating. *Journal of Food Engineering* 108: 69-76.
- [12] Wang, W.C., Sastry, S.K., 2002. Effects of moderate electrothermal treatments on juice yield from cellular tissue. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 3: 371-377.
- [13] Castro, I., Teixeira, J.A., Salengke, S., Sastry, S.K., Vicente, A.A., 2004. Ohmic heating of strawberry products: electrical conductivity measurement and ascorbic acid degradation kinetics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 5: 27-36.
- [14] İçier, F., İlicali, C., 2005. The use of tylose as a food analog in ohmic heating studies. *Journal of Food Engineering* 69: 67-77.
- [15] Taylor, P.A., 1993. An Evaluation of the toxicity of various forms of chlorine to *Ceriodaphnia dubia*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 12: 925-930.
- [16] BAM (Bacteriological Analytical Manual). 2001. Chapter 3, Aerobic Plate Count.

- <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-18.html>
(Erişim tarihi: Aralık 2012).
- [17] BAM (Bacteriological Analytical Manual). (2007). Chapter 5, *Salmonella*. <http://www.cfsan.fda.gov/~ebam/bam-18.html> (Erişim tarihi: Aralık 2012).
- [18] Murphy, E.W., Criner, P.E., Grey, B.C., 1975. Comparison of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 23: 1153-1157.
- [19] McKenna, B. C., Lyng, J., Brunton, N., Shirsat, N., 2006. Advances in radio frequency and ohmic heating of meats. *Journal of Food Engineering* 77: 215-229.
- [20] SPSS, 2006. Statistical Package, SPSS for Windows, Ver. 15.0, Chicago, SPSS, Inc.
- [21] Zell, M., Lyng, J.G., Cronin, D.A., Morgan, D. J., 2010a. Ohmic cooking of whole beef muscle-Evaluation of the impact of a novel rapid ohmic cooking method on product quality. *Meat Science* 86: 258–263.
- [22] Piette, G., Buteau, M.L., De Halleux, D., Chiu, L., Raymond, Y., Ramaswamy, H.S., Dодtie, M., 2004. Ohmic cooking of processed meats and its effects on product quality. *Journal of Food Science* 69: 71-78.
- [23] Mitelut, A., Popa, M., Geicu, M., Niculita, P., Vatuiu, D., Vatuiu, I., Gilea, B., Balint, R., Cramariuc, R., 2011. Ohmic treatment for microbial inhibition in meat and meat products. *Romanian Biotechnological Letters* 16: 149-152.
- [24] Knirsch, M.C., Santos, C.A., Vicente, A.A.M.O.S., Penna, T.C.V., 2010. Ohmic heating - a review. *Trends in Food Science and Technology* 21, 436-442.
- [25] İçier, F., Engin, M., Yıldız Turp, G., Şengün, İ.Y., Kendirci, P., Altuğ Onoğur, T., 2012. Ohmik kızılötesi ısıtma sisteminin kurulumu, performans değerlendirilmesi ve köfte pişirilmesinde kullanımının bazı kalite özelliklerine etkisinin incelenmesi. TÜBİTAK (Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu), Proje No: 110 O 068.
- [26] Lawrie, R. A., 1998. The eating quality of meat. In *Meat Science* (6th ed.). Woodhead Publishing Ltd., Cambridge. 226–230pp.
- [27] Zell, M., Lyng, J.G., Denis, A., Cronin, D.A., Morgan, D.J., 2009. Ohmic cooking of whole beef muscle- optimization of meat preparation. *Meat Science* 81: 693-698.
- [28] Ulu, H., 2006. Effects of carrageenan and guar gum on the cooking and textural properties of low fat meatballs. *Food Chemistry* 95: 600–605.
- [29] Gök, V., Akkaya, L., Obuz, E., Bulut, S., 2011. Effect of ground poppy seed as a fat replacer on meat burgers. *Meat Science* 89: 400–404.
- [30] Yıldız-Turp, G., Serdaroglu, M., 2010. Effects of using plum puree on some properties of low fat beef patties. *Meat Science* 86: 896–900.
- [31] Berry, B.W., Bigner-George, M.E., 1999. Properties of beef patties cooked to elevated internal temperatures as a means of reducing pink color. *Journal of Muscle Food* 10: 215-230.
- [32] Bozkurt, H., İçier, F., 2010. Ohmic cooking of ground beef: effects on quality. *Journal of Food Engineering* 96: 481-490.
- [33] Van Laack, R.L.J.M., Berry, B.W., Solomon, M.B., 1996. Variations in internal color of cooked beef patties. *Journal of Food Science* 61(2): 410-414.
- [34] Zell, M., Lyng, J.G., Cronin, D.A., Morgan, D. J., 2010b. Ohmic cooking of whole turkey meat-Effect of rapid ohmic heating on selected product parameters. *Food Chemistry* 120: 724-729.