



## The Effect of Different Cooking Techniques and Internal Cooking Temperature Applications on The Oxidative Stability of Hamburger Patties

Azim Şimşek<sup>1,a,\*</sup>

<sup>1</sup>Food Processing Department, Eğirdir Vocational School, Isparta University of Applied Sciences, 32500 Eğirdir/Isparta, Turkey

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p><i>Research Article</i></p> <p>Received : 24/06/2019 Accepted : 27/03/2020</p> <p><b>Keywords:</b> Hamburger patty Cooking techniques Internal cooking temperature Oxidative stability Product quality</p>	<p>The aim of this study was to investigate the effects of different cooking techniques and internal cooking temperature applications on the oxidative stability of hamburger patties. For this purpose, 4 different cooking techniques (boiling, oven-roasting, grilling and microwave) and 2 different internal cooking temperatures (72°C and 78°C) were used. Microwave cooking caused the highest cooking loss values. The higher cooking loss values were determined as a result of the 78°C internal cooking temperature application. Lower pH values were obtained by microwave cooking. Boiling increased <math>L^*</math> and <math>a^*</math> values, whereas decreased <math>b^*</math> values compared to other cooking techniques. While <math>a^*</math> values decreased with storage in hamburger patties, <math>b^*</math> and HUE angle values increased. The lower thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and lipid hydroperoxide (LPO) values were determined in samples cooked with microwave or boiling technique. Even though there was no TBARS difference between different internal cooking temperature applications, the higher LPO values were determined in the application of 78°C internal cooking temperature. The results of this study showed that less oxidative changes could be occurred by the use of either microwave or boiling technique in hamburger patty production.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(4): 807-817, 2020

## Hamburger Köftelerin Oksidatif Stabilitesi Üzerine Farklı Pişirme Teknikleri ve Merkez Sıcaklığı Uygulamalarının Etkisi

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p><i>Araştırma Makalesi</i></p> <p>Geliş : 24/06/2019 Kabul : 27/03/2020</p> <p><b>Anahtar Kelimeler:</b> Hamburger köfte Pişirme teknikleri Merkez sıcaklığı Oksidatif stabilite Ürün kalitesi</p>	<p>Bu çalışma, hamburger köfte üretiminde farklı pişirme teknikleri ve merkez sıcaklığı uygulamalarının hamburger köftelerin oksidatif stabiliteleri üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla 4 farklı pişirme tekniği (haşlama, fırınlama, ızgara ve mikrodalga) ve 2 farklı merkez sıcaklığı (72°C ve 78°C) kullanılmıştır. Mikrodalga pişirme tekniği en yüksek pişirme kaybı değerlerine neden olmuştur. 78°C merkez sıcaklığı uygulanan örneklerde 72°C merkez sıcaklığına kadar üretilenlere oranla daha yüksek pişirme kaybı değerleri belirlenmiştir. Mikrodalga uygulanan örneklerde daha düşük pH değerleri elde edilmiştir. Haşlama tekniği diğer uygulamalara oranla <math>L^*</math> ve <math>a^*</math> değerlerini artırırken, <math>b^*</math> değerlerini düşürmüştür. Depolama ile birlikte örneklerde <math>a^*</math> değerleri azalırken, <math>b^*</math> ve HUE açısı değerleri artış göstermiştir. Mikrodalga ve haşlama teknikleri ile pişirilen örneklerde daha düşük tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) ve lipid hidroperoksit (LPO) değerleri belirlenmiştir. Farklı merkez sıcaklığı grupları arasında TBARS değerleri açısından bir farklılık oluşturmazken, 78°C merkez sıcaklığı uygulanan gruplarda daha yüksek LPO değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçları, hamburger köfte üretiminde mikrodalga veya haşlama tekniklerinin kullanımının daha düşük seviyede oksidatif değişimlerin oluşmasına uygun ortam oluşturduğunu göstermiştir.</p>

<sup>a</sup> [azimsimsek@isparta.edu.tr](mailto:azimsimsek@isparta.edu.tr)

<https://orcid.org/0000-0002-7570-0832>



## Giriş

Et; sindirilebilir özellikte kaliteli proteinleri ve insan beslenmesi için gerekli olan mikro besin elementlerini yüksek oranda içermesi yanında su aktivitesinin yüksek olması nedeniyle mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlerden kolay etkilenmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Et ve et ürünlerinde büyük öneme sahip olan pişirme işlemi, tat ve aromayı geliştirmesi, mikroorganizmaları yok etmesi, raf ömrünü uzatması ve sindirimi kolaylaştırması gibi pek çok pozitif etkiye neden olmaktadır (Broncano ve ark., 2009). Ancak, pişirme işlemi ile birlikte besin kompozisyonunda kayıplar, polisiklik aromatik hidrokarbon (PAH) bileşiklerinin oluşumu ve yağlarda oksidasyon reaksiyonlarının hız kazanması gibi olumsuz değişimler de meydana gelmektedir (Rodriguez-Estrada ve ark., 1997). Et ve et ürünlerinde en yaygın kimyasal bozulma şekli yağlarda meydana gelen oksidasyon reaksiyonlarıdır. Lipit oksidasyonu ette istenmeyen kokuların oluşumuna, acılaşmaya, tekstürel değişimlere, besinsel bileşimlerin kaybına ve toksik bileşiklerin üretimine neden olmaktadır (Broncano ve ark., 2009; Domínguez ve ark., 2014). Ayrıca lipitlerin oksidatif reaksiyonlar sonucunda bozulması ile açığa çıkan toksik bileşikler biyolojik membranlara, enzimlere ve proteinlere zarar vererek insan sağlığını doğrudan etkilemektedir (Domínguez ve ark., 2014). Lipit oksidasyon ürünlerinin kanser, damar sertliği, alzheimer gibi hastalıklar ve yaşlanma süreci ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmektedir (Dabrowska ve ark., 2015). Lipit oksidasyonu, ette bulunan lipitlerin yağ asidi kompozisyonu ve doymamışlık dereceleri, pişirme tekniği, pişirme sıcaklığı ve süresi, metal iyonları, oksidatif enzimler, depolama sıcaklığı ve süresi, ışık, oksijen gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Broncano ve ark., 2009; Dai ve ark., 2014; Domínguez ve ark., 2014). Etin parçalanması veya pişirilmesi esnasında kas membran bütünlüğünün bozulması sonucunda lipitlerin prooksidatif faktörler ile etkileşimi kolaylaşmakta ve buna bağlı olarak serbest radikallerin oluşumu ve oksidatif reaksiyonların yayılma hızı artmaktadır (Klinhom ve ark., 2017).

Haşlama, fırında pişirme, kavurma, kızartma, ızgara gibi yöntemler etlerin pişirilmesinde en yaygın kullanılan tekniklerdir (Broncano ve ark., 2009). Pişirme yöntemleri etlerin mikrobiyal güvenliğinin sağlanmasında etkili olurken, ürün kalitesini olumsuz yönde etkileyebilecek değişimlere de neden olabilmektedir. Pişirme yöntemlerinde ısı transfer hızının yavaş olması nedeniyle etlerin pişirilme süreci uzun zaman alabilmektedir (Klinhom ve ark., 2017). Domínguez ve ark. (2014) pişirme yöntemleri, pişirme hızı, pişirme süresi ve merkez sıcaklığı gibi pişirme koşullarındaki farklılıkların etin kimyasal bileşimindeki ve kalitesindeki değişimler üzerine etkili olduğunu bildirmektedir. Etler düşük sıcaklıkta, kısa sürede ve sulu bir ortamda pişirildiklerinde yapılarındaki proteinlerin olumsuz etkilenmediği ifade edilmektedir (Jiang ve ark., 2018). Broncano ve ark. (2009) pişirme işleminde yüksek sıcaklık ve uzun uygulama sürelerinin oksidatif değişimleri hızlandırdığını ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle, düşük sıcaklık ve kısa sürede uygulanma olanaklarına sahip ohmik ısıtma, mikrodalga ısıtma, radyo frekans

ısıtma ve infrared ısıtma gibi alternatif ısıtma yöntemlerine yönelik çalışmalar artış göstermektedir (Lee ve ark., 2016). Mikrodalga ile pişirme teknolojisi gıdaların işlenmesi için endüstriyel olarak kullanılan dielektrik ısıtma yöntemidir. Mikrodalga pişirmede elektromanyetik alan, enerjinin doğrudan etin içerisine girmesini sağlayarak hızlı ve homojen ısıtma gerçekleştirmektedir. Yapılan çalışmalarda etlerin mikrodalga ile daha kısa sürede pişirildiği, vitamin ve mineral kayıplarının daha az olduğu ve gevrekliğinin daha iyi etkilendiği bildirilmektedir (Guo ve ark., 2017).

Bu çalışmada, haşlama, fırında pişirme, ızgara ve mikrodalga pişirme yöntemleri ile 72°C ve 78°C merkez sıcaklıklarına kadar pişirilen hamburger köftelerinin 4°C’de depolanması esnasındaki oksidatif stabiliteyi incelenmiştir. Bu amaçla köftelerde oksidatif değişim düzeylerinin belirlenebilmesi için TBARS ve LPO, fiziko-kimyasal değişimlerin belirlenebilmesi için ise renk, pH ve pişirme kaybı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

## Materyal ve Metot

### Materyal

Hamburger köftesi üretimi için kullanılan 24 saat post mortem dana eti (*Longissimus thoracis et lumborum*, LL) ve hayvansal yağ Isparta ilinde faaliyet gösteren yerel bir işletmeden (Gül Et), baharatlar ise Arifoğlu Baharatçılık A.Ş. (İstanbul) firmasından tedarik edilmiştir.

### Metot

#### Hamburger köftesi üretimi

Üretimde kullanılan et materyali kaba yağlarından ve bağ dokularından temizlenerek kıyma makinasının (PKM-22 kıyma makinası, Arı Makine İnşaat San. ve Tic. Ltd. Şti., İstanbul) 8 mm’lik aynasından geçirilmiştir. Kıyma halindeki et materyaline 8 mm’lik aynadan geçirilmiş %10 oranında hayvansal yağ ilavesi yapılmıştır. Kıyma haline getirilmiş et ve yağ karışımına %2 oranında tuz (NaCl; Merck Millipore, Almanya) ve %10 oranında soğuk su ilavesi sonrası yoğurulmuştur. Daha sonra hamburger köfte hamuruna %0,5 oranında soğan tozu, %0,25 oranında kırmızı biber tozu ile %0,125 oranında karabiber ve beyaz biber tozları ilave edilmiş ve homojen olacak şekilde yoğurma işlemi gerçekleştirilmiştir. Hamburger köfteleri 10 cm çapında hamburger köfte kalıbı (Emir Endüstriyel Mutfak Ürünleri, İstanbul) kullanılarak 1 cm kalınlığında ve ortalama 75±1 gr olacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 1). Her bir pişirme tekniği için şansa bağlı olarak seçilen hamburger köfte örneklerinin çiğ ağırlıkları pişirme kaybı değerlerinin ölçümü için tartım ile belirlenmiştir.

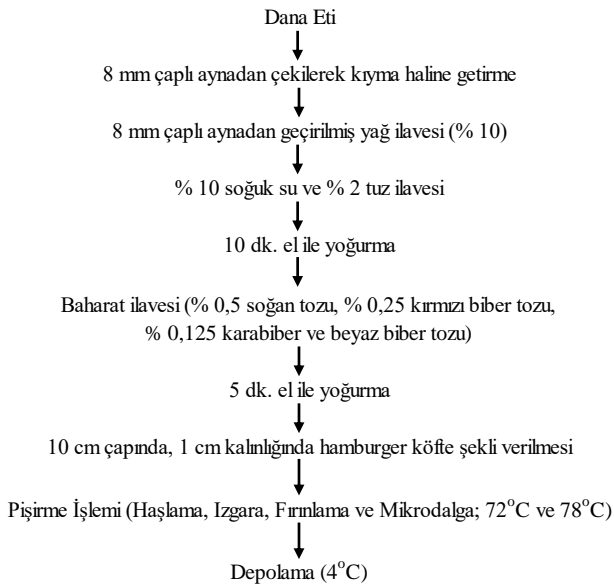
#### Pişirme işlemi

Haşlama işlemi 90°C sıcaklığa ayarlanmış su banyosunda (Nüvebath NB20, Ankara), fırınlama işlemi 200°C sıcaklığa ayarlanmış konvensiyonel fırında (Kumtel, Kayseri), ızgara işlemi 100°C sıcaklığa ayarlanmış elektrikli teflon tava ısıtıcıda (Arnica Elektrotava, İstanbul), mikrodalga işlemi ise 360W’a ayarlanmış mikrodalga fırında (Arçelik MD554, İstanbul) hamburger köfte örneklerinin merkez sıcaklığı 72°C veya 78°C olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Haşlama, fırınlama ve ızgara pişirme yöntemlerinde hamburger köfte örneklerinin merkez sıcaklığı termokupl (KIMO TK100, İngiltere) kullanılarak

takip edilmiştir. Haşlama tekniğinde örnekler poliamid/polietilen (PA/PE) torbalar içerisinde su banyosuna yerleştirilerek pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Mikrodalga pişirme yönteminde ise süre ve merkez sıcaklığı optimize edilerek 72°C (4 dk) ve 78°C (5 dk) merkez sıcaklıklarına karşılık gelen süreler belirlenmiş ve belirtilen sürelerde pişirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

#### Vakum paketleme ve depolama

Pişirme işlemleri sonrasında oda şartlarına kadar soğutulan hamburger köfte örneklerinin pişirme sonrası ağırlıkları tartılarak kayıt altına alınmıştır. Pişmiş örnekler poliamid/polietilen (PA/PE) torbalar içerisine yerleştirilmiş ve vakum paketleme yapılarak +4°C'de depolanmıştır. Çiğ örneklerde pişirme öncesi ve depolanan örneklerde ise pişirme işleminin yapıldığı üretim günü (0. gün) ile depolanmanın 7., 15. ve 30. günlerinde pH, CIE L\* a\* b\*, HUE açısı, TBARS ve LPO analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Hamburger köfte üretim akım şeması  
Figure 1. Flow chart of hamburger Patty Production

#### Analiz Yöntemleri

##### Pişirme kaybı ölçümü

Hamburger köfte örneklerinin pişirme kaybı değerleri; çiğ hamburger köfte (PÖ) ağırlığının pişirme sonrası (PS) elde edilen köfte ağırlığından çıkartılması ve çiğ hamburger köfte ağırlığına bölünerek 100 ile çarpılması sonucunda elde edilmiştir (Eşitlik 1).

$$\text{Pişirme Kaybı (\%)} = \frac{PÖ-PS}{PÖ} \times 100 \quad (1)$$

##### pH ölçümü

Köftelerde, depolanmanın 0., 7., 15., 30. günlerinde iki tekerrür ve iki paralelli olacak şekilde pH analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çiğ hamburger köftelerinde de pH ölçülmüştür. Köfte örneklerinden 10 g alınmış ve 100 mL distile saf su içerisinde homojenizatör (Ultra-Turrax T25, S25N-10G, IKA, Almanya) kullanılarak 1 dk süresince homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örneklerde pH metre cihazı (HI 2211 pH/ORP meter, Hanna Instruments, Almanya) kullanılarak pH ölçümü gerçekleştirilmiştir (AOAC, 1990).

##### Renk ölçümü

Hamburger köfte örneklerinde CIE L\* a\* b\* değerleri Minolta renk ölçüm cihazı (Model CR-200, Konica Minolta, Ramsey, A.B.D) kullanılarak belirlenmiştir. HUE açısı değerleri ise a\* ve b\* değerleri kullanılarak eşitlik 2'ye göre hesaplanmıştır.

$$\text{HUE açısı} = \left( \frac{180}{\pi} \right) \arctan\left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (2)$$

##### Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi

Hamburger köfte örneklerinde TBARS analizi Kilic ve Richards (2003) tarafından belirtilen yöntemle gerçekleştirilmiş ve analiz sonuçları µmol MDA/kg olarak verilmiştir. 2 g köfte örneği 12 mL TCA ekstraksiyon çözeltisi ile karıştırılmış ve karışım 15-20 saniye süresince 13500 rpm'de Ultra-Turrax T25 model homojenizatör (S25N-10G, IKA, Almanya) kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenizatörden geçirilmiş örnekler Whatman no:1 filtre kağıdından süzülüş ve elde edilen süzüntüden 1 mL alınarak üzerine 1 mL tiyobarbitürik asit (TBA) solüsyonu eklenmiştir. Şahit çözelti için 1mL TCA ve 1mL TBA solüsyonu karıştırılarak kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar 100°C'de 40 dakika süreyle blok ısıtıcıda (Thermo Bath ALB64 FINEPCR, Güney Kore) bekletilmiştir. Bu işlem sonunda soğutulan karışımlar 2000×g'de 10 dakika süre ile santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısma ait absorpsiyon değerleri 532 nm dalga boyunda şahit çözeltiye karşı spektrofotometrede (T80 UV/VIS Spektrofotometre, PG Instruments Ltd., İngiltere) okunarak elde edilmiştir.

##### Lipit hidroperoksit (LPO) analizi

Hamburger köfte örneklerinde LPO miktarlarının belirlenmesi amacıyla Shantha ve Decker (1994) tarafından gerçekleştirilmiş olan analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde 0,5 gram köfte örneği 50 mL'lik test tüpüne alınmış ve örnek üzerine 5 mL kloroform/metanol (1:1) eklenmiş ve 15 saniye boyunca homojenize (Ultra-Turrax T25, S25N-10G, IKA, Almanya) edilmiştir. Homojenize edilmiş karışım üzerine temiz bir deney tüpü içerisinde homojenizatörden geçirilmiş 5 mL kloroform/metanol (1:1) karışımı eklenmiştir. 3,08 mL %0,5 NaCl bu karışıma eklendikten sonra 30 saniye boyunca vortekslenmiştir. Vorteksleme sonucunda elde edilen karışım 2000 rpm de 6 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve iki faza ayrılması sağlanmıştır. Alt kısımda yer alan fazdan 2 ml alınarak üzerine 1,33 mL soğuk kloroform/metanol (1:1) karışımı eklenmiş ve vortekslenmiştir. 25 µL amonyum tiyosiyanat (4,38 M) eklenmiş ve 2-4 saniye vortekslenmiştir. Daha sonra 25 µL demir (II) klorid (18 mM) çözeltisi eklenmiş ve 2-4 saniye vortekslenmiştir. Örnekler oda sıcaklığında 20 dakika inkübe edildikten sonra spektrofotometrede (T80 UV/VIS Spektrofotometre, PG Instruments Ltd., İngiltere) 500 nm'de absorpsiyon değerleri belirlenmiştir. LPO değerlerinin belirlenmesi için cumene hidroperoksit ile standart eğri hazırlanmıştır. LPO sonuçları µmol LPO/ kg olarak verilmiştir.

##### İstatistiksel Analiz

Araştırmada pişirme kaybı ölçümleri 4×2, CIE L\*, a\*, b\* ve HUE açısı, pH, TBARS ve LPO ölçümleri ise 4×2×4 faktöriyel düzende iki tekerrürlü ve iki paralelli olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Pişirme teknikleri (haşlama,

fırlama, ızgara ve mikrodalga), merkez sıcaklığı (72°C ve 78°C) ve depolama süresi (0, 7, 15 ve 30 gün) faktör olarak seçilmiştir. Bağımsız değişken faktörlerin (pişirme tekniği, merkez sıcaklığı ve depolama süresi) bağımlı değişkenler olan pişirme kaybı, pH, CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , HUE açısı, TBARS ve LPO üzerine olan esas etkileri ile ikili ve üçlü interaksiyonları belirlenmiştir. Araştırma sonucunda

elde edilen veriler Minitab 17.3.1 (Minitab Statistical Software, ABD) istatistik paket programı kullanılarak faktöriyel düzende varyans analizi (Univariate ANOVA) tekniği ile analiz edilmiştir. Tukey çoklu karşılaştırma ve Dunnett çoklu aralık ( $P<0,05$ ) testleri kullanılarak ortalamalar arasında önemli bulunan farklılıklar test edilmiştir.

Çizelge 1. Farklı pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı uygulamalarına ait deney tasarımı

Table 1. Experimental design for different cooking techniques and internal cooking temperature applications

Pişirme Tekniği	Pişirme Kodu	Merkez Sıcaklığı	Gruplar	Pişirme Koşulları
Haşlama	HP	72°C	HP72	90°C (Su Banyosu)
Haşlama	HP	78°C	HP78	90°C (Su Banyosu)
Fırlama	FP	72°C	FP72	200°C (Konvansiyonel Elektrikli Fırın)
Fırlama	FP	78°C	FP78	200°C (Konvansiyonel Elektrikli Fırın)
Izgara	TP	72°C	TP72	100°C (Elektrikli Tava)
Izgara	TP	78°C	TP78	100°C (Elektrikli Tava)
Mikrodalga	MP	72°C	MP72	360 W
Mikrodalga	MP	78°C	MP78	360 W

Çizelge 2. Hamburger köftelerinin pişirme kaybı, pH, renk, TBARS ve LPO değerleri üzerine pişirme tekniği, merkez sıcaklığı ve depolama süresinin esas ve interaksiyon etkileri

Table 2. Main and interaction effects ( $n = 128$ ) of cooking techniques, internal cooking temperature and storage time on cooking loss, pH, colour, TBARS and LPO of cooked hamburger patties

Bağımlı Değişkenler	Bağımsız Değişkenler						
	PT <sup>a</sup>	MS <sup>b</sup>	DS <sup>c</sup>	PT×MS	MS×DS	PT×DS	PT×MS×DS
Pişirme Kaybı	<0,0001	<0,0001		0,4310			
pH	<0,0001	0,2160	<0,0001	0,0170	0,2440	<0,0001	0,2980
CIE $L^*$ <sup>d</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,6190	0,5580	0,0360	0,0350
CIE $a^*$ <sup>d</sup>	<0,0001	<0,0001	0,0190	0,1590	0,0680	<0,0001	0,4290
CIE $b^*$ <sup>d</sup>	<0,0001	0,0090	<0,0001	0,0140	0,0170	<0,0001	0,1410
HUE Değeri <sup>d</sup>	<0,0001	0,7550	<0,0001	0,0030	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CIE $L^*$ <sup>e</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0040	0,6310	<0,0001	0,0600
CIE $a^*$ <sup>e</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,1510	0,8860	<0,0001	0,0210
CIE $b^*$ <sup>e</sup>	<0,0001	0,0170	<0,0001	0,0240	0,6220	0,0020	0,0440
HUE Değeri <sup>e</sup>	<0,0001	0,0520	<0,0001	0,0980	0,7430	<0,0001	0,0190
TBARS <sup>f</sup>	<0,0001	0,0700	<0,0001	<0,0001	0,3340	<0,0001	<0,0001
LPO <sup>g</sup>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0420	0,0870	<0,0001	<0,0001

<sup>a</sup>PT: Pişirme tekniği, <sup>b</sup>MS: Merkez sıcaklığı, <sup>c</sup>DS: Depolama süresi, <sup>d</sup>İç kesit yüzeyi, <sup>e</sup>Dış kesit yüzeyi, <sup>f</sup>TBARS: Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler, <sup>g</sup>LPO: Lipit hidroperoksit

## Bulgular ve Tartışma

Pişirme tekniği (PT), merkez sıcaklığı (MS) ve depolama süresi (DS) faktörlerinin bağımlı değişkenler olan pişirme kaybı, pH, CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , HUE açısı, TBARS ve LPO üzerine olan esas etkiler ile ikili ve üçlü interaksiyonlarına ait varyans analizi sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

### Pişirme Kaybı Sonuçları

Pişirme kaybı değerleri üzerine farklı pişirme teknikleri ( $P<0,0001$ ) ve merkez sıcaklığı ( $P<0,0001$ ) uygulamalarının önemli düzeyde etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 2). Pişirme teknikleri açısından en yüksek pişirme kaybı değerleri mikrodalga pişirme tekniğinde, en düşük pişirme kaybı değerleri ise ızgara pişirme tekniğinde elde edilmiştir ( $P<0,05$ ). Haşlama ve fırlama tekniği kullanımı sonucunda pişirme kaybı değerleri arasındaki fark önemli düzeyde olup ( $P<0,05$ ), mikrodalga ile ızgara pişirme tekniklerinden elde edilen pişirme kaybı değerleri arasında yer almışlardır (TP: %35,23; HP: %39,15; FP: %40,73; MP: %44,35; Std. hata: 0,36). Benzer şekilde,

ızgara pişirme tekniği ile pişirilen köftelerde daha düşük pişirme kaybı değerlerinin elde edildiği (Choi ve ark., 2008), mikrodalga ile pişirilen köftelerde ise daha yüksek pişirme kaybı değerlerinin elde edildiği (Rai ve ark., 2016) yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Arguelo ve ark. (2016) konvansiyonel pişirme tekniklerinde pişirme işleminin yüzeyden kas kütlelerinin içerisine doğru yükseldiğini ve et yüzeyindeki proteinlerin denatüre olması sonucunda oluşan film tabakası sayesinde daha düşük pişirme kaybı değerlerinin elde edildiğini bildirmişlerdir. Mikrodalga pişirme tekniğinde ise elektromanyetik dalgaların homojen bir şekilde et içerisine transfer edildiği ve sıcaklığın içeriden dışarıya doğru iletilmesinden dolayı pişirme kaybının daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Arguelo ve ark., 2016). Hamburger köftelerine 78°C merkez sıcaklığı uygulaması pişirme kaybı değerlerini önemli düzeyde ( $P<0,05$ ) artırmıştır (72°C: %38,38; 78°C: %41,35; Std. hata: 0,25). Domuz, sığır ve dana etinden üretilen köftelerin pişirilmesi

esnasında merkez sıcaklıklarında meydana gelen artışların pişirme kaybı değerlerini arttırdığı daha önce yapılan çalışmalarda rapor edilmiştir (Bejerholm ve Aaslyng, 2004; Hicks ve ark., 2017; Li ve ark., 2018). Hamburger köftelerine farklı pişirme teknikleri ve merkez sıcaklığı uygulaması sonucunda elde edilen pişirme kaybı değerleri çizelge 3’de verilmiştir. Araştırma sonuçları incelendiğinde en düşük pişirme kaybı değeri izgara tekniği ile 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde tespit edilirken, en yüksek pişirme kaybı değeri ise mikrodalga tekniği ile 78°C merkez sıcaklığı uygulanan örneklerde belirlenmiştir (P<0,05). Fırınlama tekniği dışındaki diğer pişirme tekniklerinin hepsinde 78°C merkez sıcaklığı uygulamasının pişirme kaybı değerlerini önemli düzeyde arttırdığı saptanmıştır (P<0,05).

### Renk Ölçüm Sonuçları

Hamburger köftelerinde renk ölçümleri iç ve dış kesit yüzeylerinde olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Hamburger köftelerinin iç ve dış kesit yüzeyinden elde edilen  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve HUE açısı değerlerine ait varyans analizi sonuçları incelendiğinde  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  değerlerinin pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı farklılıkları ile depolama süresinden

etkilendiği (P<0,05), HUE açısı değerlerinin ise pişirme tekniği farklılığı ile depolama süresinden etkilendiği (P<0,05) tespit edilmiştir (Çizelge 2). Renk değerlerine ait sonuçlar pişirme tekniği (n=32), merkez sıcaklığı (n=64) ve depolama süresi (n=32) etkileri açısından toplanmış veriler üzerinden tartışılmış ve sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çiğ hamburger köfte örneklerinde yapılan ölçüm sonuçlarına göre  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  ve HUE açısı değerlerine ait ortalamalar sırasıyla 40,35±0,84, 23,82±0,93, 3,89±0,57 ve 9,25±2,17 olarak tespit edilmiştir. Hamburger köftelerinin her iki kesit yüzeyinde de pişirme işlemleri ile birlikte  $a^*$  değerlerinde azalış,  $b^*$  ve HUE açısı değerlerinde ise artış olduğu belirlenmiştir (P<0,05). HUE açısı değerlerindeki artış  $a^*$  (kırmızılık) değerlerinde azalma olduğunu göstermektedir (John ve ark., 2004). İç kesit yüzeyinden elde edilen  $L^*$  değerlerinin pişirme işlemleri sonrasında artış gösterdiği, dış kesit yüzeylerinde ise haşlama tekniği dışındaki diğer pişirme yöntemlerinden elde edilen  $L^*$  değerlerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir (P<0,05). Van Laack ve ark. (1996) sığır köftelerinin pişirilmesi sonucunda  $L^*$  ve HUE açısı değerlerinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Pişmiş hamburger köfte örneklerine ait pişirme kaybı değerleri (%)

Table 3. Cooking loss values of cooked hamburger patty samples

Pişirme Tekniği	Merkez Sıcaklığı	Pişirme Kaybı (%)
Haşlama	72°C	37,36 <sup>de</sup> ±1,06
Haşlama	78°C	40,95 <sup>bc</sup> ±1,39
Fırınlama	72°C	39,64 <sup>cd</sup> ±0,76
Fırınlama	78°C	41,83 <sup>bc</sup> ±0,48
Izgara	72°C	33,93 <sup>f</sup> ±0,15
Izgara	78°C	36,52 <sup>e</sup> ±1,58
Mikrodalga	72°C	42,60 <sup>b</sup> ±1,17
Mikrodalga	78°C	46,11 <sup>a</sup> ±0,58

Sonuçlar, ortalama±standart sapma (SD) şeklinde verilmiştir. <sup>a-e</sup>Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4. Hamburger köftelerin pişirme tekniği (n=32), merkez sıcaklığı (n=64) ve depolama süresi (n=32) esas etkilerine ait renk analizi sonuçları

Table 4. Main effects of cooking techniques (n=32), internal cooking temperature (n=64) and storage time (n=32) on colour analysis results of cooked hamburger patties

Esas Etkiler	Dış Yüzey				İç Yüzey			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	HUE açısı	$L^*$	$a^*$	$b^*$	HUE açısı
<b>Pişirme Tekniği<sup>1</sup></b>								
HP	40,89 <sup>a</sup>	10,25 <sup>a</sup>	6,94 <sup>c</sup>	34,12 <sup>c</sup>	57,48 <sup>a</sup>	11,17 <sup>a</sup>	5,61 <sup>b</sup>	26,81 <sup>c</sup>
FP	34,57 <sup>b</sup>	9,00 <sup>bc</sup>	7,97 <sup>b</sup>	41,23 <sup>b</sup>	55,15 <sup>b</sup>	10,63 <sup>b</sup>	7,12 <sup>a</sup>	33,82 <sup>a</sup>
TP	37,74 <sup>b</sup>	8,68 <sup>c</sup>	9,93 <sup>a</sup>	49,79 <sup>a</sup>	54,75 <sup>b</sup>	10,84 <sup>ab</sup>	7,31 <sup>a</sup>	34,06 <sup>a</sup>
MP	37,82 <sup>c</sup>	9,43 <sup>b</sup>	6,25 <sup>d</sup>	33,57 <sup>c</sup>	52,58 <sup>c</sup>	9,85 <sup>c</sup>	6,10 <sup>b</sup>	31,68 <sup>b</sup>
Std. Hata	0,37	0,12	0,15	0,46	0,34	0,14	0,16	0,45
<b>Merkez Sıcaklığı (°C)</b>								
72°C	38,67 <sup>x</sup>	9,72 <sup>x</sup>	7,96 <sup>x</sup>	38,98 <sup>x</sup>	55,72 <sup>x</sup>	10,93 <sup>x</sup>	6,75 <sup>x</sup>	31,66 <sup>x</sup>
78°C	36,84 <sup>y</sup>	8,97 <sup>y</sup>	7,59 <sup>y</sup>	39,88 <sup>x</sup>	54,26 <sup>y</sup>	10,31 <sup>y</sup>	6,32 <sup>y</sup>	31,52 <sup>x</sup>
Std. Hata	0,26	0,09	0,11	0,33	0,34	0,34	0,11	0,32
<b>Depolama Süresi (Gün)</b>								
0	33,13 <sup>C</sup>	9,56 <sup>A</sup>	7,12 <sup>C</sup>	36,50 <sup>D</sup>	56,12 <sup>A</sup>	10,95 <sup>A</sup>	5,71 <sup>B</sup>	28,04 <sup>B</sup>
7	37,47 <sup>B</sup>	9,49 <sup>A</sup>	7,63 <sup>B</sup>	38,53 <sup>C</sup>	54,00 <sup>C</sup>	10,57 <sup>AB</sup>	6,67 <sup>A</sup>	31,95 <sup>A</sup>
15	39,90 <sup>A</sup>	9,50 <sup>A</sup>	8,20 <sup>A</sup>	40,48 <sup>B</sup>	55,21 <sup>AB</sup>	10,66 <sup>AB</sup>	6,88 <sup>A</sup>	32,77 <sup>A</sup>
30	40,53 <sup>A</sup>	8,83 <sup>B</sup>	8,14 <sup>A</sup>	42,20 <sup>A</sup>	54,34 <sup>BC</sup>	10,31 <sup>B</sup>	6,88 <sup>A</sup>	33,61 <sup>A</sup>
Std. Hata	0,37	0,12	0,15	0,46	0,34	0,14	0,16	0,45

<sup>1</sup>HP: Haşlama; FP: Fırınlama; TP: Izgara; MP: Mikrodalga, Pişirme tekniği<sup>a-d</sup>, merkez sıcaklığı<sup>x-y</sup> ve depolama süresi<sup>A-D</sup> açısından aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Moon ve ark. (2016) sığır kıymasının pişirilmesi sonucunda iç yüzey  $L^*$  değerlerinin arttığını, dış yüzey  $L^*$  değerlerinin ise azaldığını rapor etmişlerdir. Aşçıoğlu ve Şevik (2019) tarafından  $L^*$  değerlerindeki artışın protein denatürasyonu sonucu ışığın yansıtılma oranındaki artıştan,  $a^*$  değerlerinde meydana gelen düşüşün ise miyogloblin denatürasyonundan kaynaklandığı rapor edilmiştir. Sığır kıymasının pişirilmesi sonucunda  $a^*$  değerlerinin azaldığı,  $b^*$  değerlerinin ise arttığı bildirilmiştir (Moon ve ark., 2016).

Pişirme teknikleri açısından en yüksek dış yüzey  $L^*$  ve  $a^*$  değerleri köfteler haşlama tekniği ile pişirildiğinde elde edilirken, en yüksek dış yüzey  $b^*$  ve HUE açısı değerleri ise ızgara pişirme tekniğinin kullanımı sonucunda belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Dış kesit yüzeyinde en düşük HUE açısı değerleri haşlama ve mikrodalga pişirme teknikleri ile pişirilen örneklerde tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Fırınlama tekniği ile pişirilen örneklerde en düşük dış yüzey  $L^*$  değerleri, haşlama tekniğinde ise en düşük dış yüzey  $b^*$  değerleri belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). İç yüzey ölçümlerine göre en yüksek  $L^*$  değerleri ile en düşük HUE açısı değerleri köfteler haşlama tekniği ile pişirildiğinde tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Izgara ve haşlama teknikleri ile pişirilen köftelerin iç yüzey  $a^*$  değerleri arasında fark tespit edilmezken, mikrodalga pişirme tekniğine göre daha yüksek iç yüzey  $a^*$  değerleri elde edilmiştir ( $P<0,05$ ). Ayrıca, ızgara ve fırınlama teknikleri ile pişirilen köftelerin her iki kesit yüzeyinde elde edilen  $a^*$  değerleri arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Turp (2016) fırınlama ve tava ızgara teknikleri ile pişirilen İnegöl köfte örneklerinin dış yüzey  $a^*$  değerleri arasında önemli bir fark olmadığını, fırınlama tekniği ile pişirilen örneklerde daha yüksek iç yüzey  $a^*$  değerlerinin elde edildiğini belirtmiştir. Aşçıoğlu ve Şevik (2019) ise sığır etlerinin ızgara tekniği ile pişirilmesi sonucunda haşlama ve fırınlama tekniklerine göre daha yüksek  $a^*$  ve daha düşük  $L^*$  değerlerinin belirlendiğini rapor etmişlerdir. Çalışmalarda belirlenen renk değerlerinde meydana gelen değişimlerin farklılıklar arz ettiği görülmektedir. Pişmiş et ürünlerinde renk değişimleri üzerine pH, et kaynağı, depolama koşulları ve süresi, pişirme tekniği ve uygulanan sıcaklık seviyesi gibi birçok faktörün etkili olduğu bildirilmektedir (Bentley ve ark., 1987; Dai ve ark., 2014). Haşlama ve mikrodalga pişirme teknikleri ile pişirilen köftelerde daha düşük iç yüzey  $b^*$  değerleri belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). Fırın ve ızgara pişirme tekniklerinin kullanımı sonucunda ise daha yüksek iç yüzey HUE açısı değerleri tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).

Farklı merkez sıcaklığı açısından her iki kesit yüzeyinde de  $72^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığı uygulaması sonucunda  $78^{\circ}\text{C}$ 'ye göre daha yüksek  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Hicks ve ark. (2017) merkez sıcaklık artışının sığır köftelerinde  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerini azalttığını belirtmişlerdir. Sığır köftesi üzerine yapılan farklı bir çalışmada ise merkez sıcaklık artışı ile  $a^*$  ve  $b^*$  değerlerinin azaldığı,  $L^*$  değerlerinde ise önemli bir değişimin olmadığı rapor edilmiştir (Van Laack ve ark., 1996). Mevcut çalışmada,  $72^{\circ}\text{C}$  ve  $78^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığı uygulamasının her iki kesit yüzeyi içinde HUE açısı değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığı saptanmıştır. García-Segovia ve ark. (2007) sığır etinde merkez sıcaklık artışının HUE açısı değerlerinde önemli bir değişime neden olmadığını, Van Laack ve ark. (1996) ise sığır köftelerinde sıcaklık artışı ile birlikte HUE açısı değerlerinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir.

Hamburger köftelerinin iç kesit yüzeyinden elde edilen  $L^*$  değerleri depolama süresince genel olarak düşüş ( $P<0,05$ ) gösterirken, dış kesit yüzeyinden elde edilen  $L^*$  değerleri depolama süresince artış ( $P<0,05$ ) göstermiştir. Kılıç ve ark. (2018) sığır etinden üretilmiş hamburger köftelerinde depolama süresince  $L^*$  değerlerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Hamburger köftelerin iç yüzey ve dış yüzey  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri incelendiğinde depolama sonunda  $a^*$  değerlerinin 0. gün  $a^*$  değerlerine göre önemli düzeyde azaldığı,  $b^*$  değerlerinin ise önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Kılıç ve ark. (2018) hamburger köftelerde depolama süresince  $a^*$  değerlerinin azaldığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde, pişmiş ve vakum paketlenmiş köftelerde depolama süresince  $a^*$  değerlerinin azaldığı Mir ve Masoodi (2017) tarafından da bildirilmiştir. Oksidasyon kaynaklı miyogloblin degradasyonuna bağlı olarak  $a^*$  değerlerinin azaldığı belirtilmektedir (Ganhão ve ark., 2010). Hamburger köftelerin iç kesit yüzeyine ait HUE açısı değerleri sadece depolamanın 7. gününde artış gösterirken ( $P<0,05$ ), dış kesit yüzeyine ait HUE açısı değerleri depolama süresince kademeli olarak artış göstermiştir ( $P<0,05$ ).

Hamburger köftelerinin iç kesit yüzeyinden elde edilen  $L^*$  ve  $a^*$  değerlerinin dış kesit yüzeyinden elde edilen değerlerden daha yüksek ( $P<0,05$ ),  $b^*$  ve HUE açısı değerlerinin ise daha düşük ( $P<0,05$ ) olduğu çalışma sonucunda belirlenmiştir ( $L^*$  (iç): 54,99;  $L^*$  (dış): 37,75; Std. hata: 0,177;  $a^*$ (iç): 10,62;  $a^*$ (dış): 9,34; Std. hata: 0,067;  $b^*$ (iç): 6,54;  $b^*$ (dış): 7,77; Std. hata: 0,078; HUE (iç): 31,59; HUE (dış): 39,43; Std. hata: 0,228;  $n=128$ ).

#### pH Sonuçları

Pişirme işlemleri öncesinde yapılan pH ölçümlerine göre hamburger köftelerine ait pH değerleri ortalama  $5,65\pm 0,02$  olarak tespit edilmiştir. Pişirme işlemleri ile birlikte hamburger köftelerinin pH değerlerinde artış ( $P<0,05$ ) meydana gelmiştir (Çizelge 5:C). Benzer şekilde daha önce yapılan çalışmalarda da sığır ve dana köftelerinde pişirme işlemi sonucunda pH değerlerinin artış gösterdiği belirtilmektedir (Selani ve ark., 2015; Li ve ark., 2018). Utama ve ark. (2018) tarafından et proteinlerinin termal denatürasyonu ve lipit oksidasyonunun etkisi ile et pH'sının artış göstermiş olabileceği ileri sürülmüştür. Çizelge 2'ye göre pişirme teknikleri ( $P<0,0001$ ) ve depolama süresi ( $P<0,0001$ ) esas etkileri ile  $\text{PT}\times\text{MS}$  ( $P=0,0170$ ) ve  $\text{PT}\times\text{DS}$  ( $P<0,0001$ ) ikili etkilerinin hamburger köftelerinin pH değerleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Pişirme tekniği farklılığı incelendiğinde (Çizelge 6) en düşük pH değeri mikrodalga pişirme tekniği ile pişirilen örneklerde belirlenirken ( $P<0,05$ ), diğer pişirme teknikleri ile pişirilen örneklerin pH değerleri arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir. Serrano ve ark. (2007) mikrodalga tekniği kullanılarak pişirilen sığır etlerinde daha düşük pH değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir. Utama ve ark. (2018) ise fırın ile pişirme sonucunda elde edilen yüksek pH değerlerini lipit oksidasyonundaki artış eğilimi ile ilişkilendirmişler ve oksidasyon artışının pH değerini arttırdığını varsaymışlardır. Mevcut çalışmada mikrodalga ile pişirme sonucunda hamburger köftelerinde elde edilen oksidasyon seviyelerinin düşük olduğu bu nedenle pH değerleri ile ilgili benzer bir etkinin görülmüş olabileceği düşünülmektedir. Farklı merkez sıcaklığı uygulamasının pH değerleri üzerinde önemli bir değişime neden olmadığı çalışma sonucunda belirlenmiştir (Çizelge 6). Li ve ark.

(2018) tarafından yürütülen çalışmada sığır ve dana etinden üretilen köftelerde 55°C'den 76°C'ye kadar farklı seviyelerde merkez sıcaklığı uygulanması sonucunda pH değerlerinde önemli bir değişimin olmadığı rapor edilmiştir. Depolama süresinin etkisi açısından pH değerleri incelendiğinde (Çizelge 6) depolamanın 7. ve 15. gününde pH değerlerinin önemli düzeyde azaldığı (P<0,05), 30. gün sonunda ise pH değerlerinin önemli düzeyde artış (P<0,05) gösterdiği saptanmıştır.

Pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı interaksyonu (PT×MS) tüm pişirme tiplerinde 78°C merkez sıcaklığı uygulamasının pH değerleri (n=16) üzerinde önemli bir farklılığa neden olmadığını, 72°C merkez sıcaklığı uygulamasında ise haşlama ve fırınlama tekniği kullanılarak pişirilen hamburger köftelerinden elde edilen pH değerlerinin mikrodalga pişirme tekniği kullanımı sonucunda elde edilen pH değerlerinden (n=16) daha yüksek (P<0,05) olduğunu göstermiştir (Çizelge 5:A).

Çizelge 5. Hamburger köftelerinde pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı interaksyon etkisi (A), pişirme tekniği ve depolama süresi interaksyon etkisi (B) ile pişirme tekniği, merkez sıcaklığı ve depolama süresi interaksyon etkilerine (C) ait pH analiz sonuçları

Table 5. Interaction effects of cooking techniques and internal cooking temperature (A), cooking techniques and storage time (B), and cooking techniques, internal cooking temperature and storage time (C) on PH analysis results of cooked hamburger Patties

Pişirme Tekniği <sup>1</sup>	A:PT×MS		B:PT×DS			
	Merkez Sıcaklığı (°C)		Depolama Süresi (Gün)			
	72°C	78°C	0	7	15	30
HP	5,99 <sup>x</sup>	5,98 <sup>x</sup>	6,01 <sup>ABC</sup>	5,96 <sup>BCD</sup>	5,95 <sup>DE</sup>	6,02 <sup>AB</sup>
FP	5,99 <sup>x</sup>	5,97 <sup>x</sup>	6,02 <sup>A</sup>	6,00 <sup>A-D</sup>	5,87 <sup>F</sup>	6,03 <sup>A</sup>
TP	5,96 <sup>xy</sup>	5,99 <sup>x</sup>	6,00 <sup>A-D</sup>	5,96 <sup>BCD</sup>	5,96 <sup>CD</sup>	5,98 <sup>A-D</sup>
MP	5,93 <sup>y</sup>	5,96 <sup>xy</sup>	6,02 <sup>A</sup>	5,86 <sup>F</sup>	5,89 <sup>EF</sup>	6,00 <sup>A-D</sup>
Std. Hata	0,008		0,012			
C:PT×MS×DS						
Gruplar	Depolama Süresi (Gün)					
	0	7	15	30		
HP72	6,03 <sup>abc</sup>	5,97 <sup>a-g</sup>	5,96 <sup>a-g</sup>	6,00 <sup>a-d</sup>		
HP78	6,00 <sup>a-d</sup>	5,96 <sup>a-g</sup>	5,94 <sup>c-h</sup>	6,04 <sup>a</sup>		
FP72	6,04 <sup>a</sup>	6,00 <sup>abc</sup>	5,88 <sup>ghi</sup>	6,04 <sup>a</sup>		
FP78	6,01 <sup>abc</sup>	6,01 <sup>abc</sup>	5,86 <sup>hi</sup>	6,01 <sup>abc</sup>		
TP72	6,00 <sup>abc</sup>	5,95 <sup>b-h</sup>	5,94 <sup>c-h</sup>	5,97 <sup>a-g</sup>		
TP78	6,01 <sup>abc</sup>	5,98 <sup>a-e</sup>	5,97 <sup>a-f</sup>	6,00 <sup>a-d</sup>		
MP72	6,02 <sup>abc</sup>	5,83 <sup>i</sup>	5,88 <sup>f-i</sup>	6,00 <sup>abc</sup>		
MP78	6,03 <sup>abc</sup>	5,90 <sup>e-i</sup>	5,91 <sup>d-i</sup>	6,00 <sup>a-d</sup>		
Std. Hata	0,017					

<sup>1</sup>HP: Haşlama; FP: Fırınlama; TP: Izgara; MP: Mikrodalga, Pişirme tekniği × Merkez Sıcaklık interaksyon etkisi (A)<sup>xy</sup>, pişirme tekniği × depolama süresi interaksyon etkisi (B)<sup>A-F</sup> ve pişirme tekniği × merkez sıcaklık × depolama süresi interaksyon etkisi (C)<sup>a-g</sup> açısından aynı tabloda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Çizelge 6. Hamburger köftelerin pişirme tekniği (n=32), merkez sıcaklığı (n=64) ve depolama süresi (n=32) esas etkilerine ait pH, TBARS ve LPO analiz sonuçları

Table 6. Main effects of cooking techniques (n=32), internal cooking temperature (n=64) and storage time (n=32) on pH, TBARS and LPO analysis results of cooked hamburger patties

Esas Etkiler	pH	TBARS (µmol MDA/kg et)	LPO (µmol LPO/ kg et)
Pişirme Tekniği <sup>1</sup>			
HP	5,98 <sup>a</sup>	3,86 <sup>b</sup>	29,25 <sup>c</sup>
FP	5,98 <sup>a</sup>	4,20 <sup>a</sup>	37,74 <sup>a</sup>
TP	5,98 <sup>a</sup>	4,14 <sup>a</sup>	36,65 <sup>b</sup>
MP	5,94 <sup>b</sup>	3,33 <sup>c</sup>	28,59 <sup>c</sup>
Std. Hata	0,006	0,049	0,279
Merkez Sıcaklığı (°C)			
72°C	5,98 <sup>x</sup>	3,93 <sup>x</sup>	32,30 <sup>y</sup>
78°C	5,97 <sup>x</sup>	3,84 <sup>x</sup>	33,82 <sup>x</sup>
Std. Hata	0,004	0,035	0,197
Depolama Süresi (Gün)			
0	6,01 <sup>A</sup>	2,35 <sup>D</sup>	17,98 <sup>D</sup>
7	5,95 <sup>B</sup>	2,95 <sup>C</sup>	24,35 <sup>C</sup>
15	5,92 <sup>C</sup>	4,54 <sup>B</sup>	38,76 <sup>B</sup>
30	6,01 <sup>A</sup>	5,69 <sup>A</sup>	51,15 <sup>A</sup>
Std. Hata	0,006	0,049	0,279

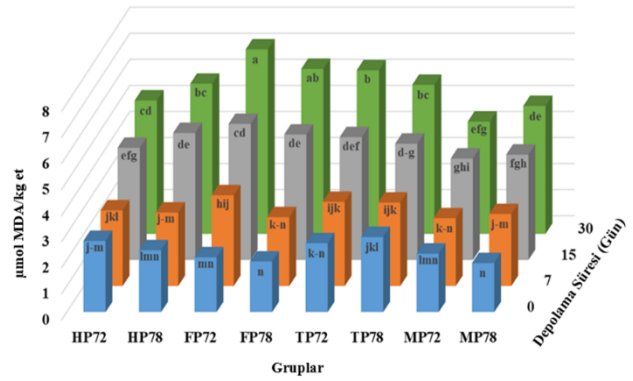
<sup>1</sup>HP: Haşlama; FP: Fırınlama; TP: Izgara; MP: Mikrodalga, Pişirme tekniği<sup>a-d</sup>, merkez sıcaklığı<sup>xy</sup> ve depolama süresi<sup>A-D</sup> açısından aynı sütunda farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Piştirme tekniği ve depolama süresi interaksyonu (PTxDS) ise ızgara piştirme tekniği ile piştirilen hamburger köftelerinin pH değerlerinde (n=8) depolama süresince önemli bir değişim olmadığını göstermiştir (Çizelge 5:B). Aynı interaksiyon mikrodalga piştirme tekniği ile piştirilen köftelerin pH değerlerinde (n=8) depolamanın 7. gününde önemli düzeyde bir düşüş (P<0,05) meydana geldiğini göstermiştir. Fırınlama ve haşlama tekniği ile piştirilen örneklerde ise depolamanın 15. gününde önemli düzeyde bir düşüş (P<0,05) meydana gelmiştir. Izgara piştirme tekniği dışındaki diğer tüm piştirme tekniklerinde piştirilen hamburger köftelerinin pH değerleri (n=8) depolamanın 30. gününde önemli düzeyde artış göstermiştir (P<0,05). Hamburger köftelerinde farklı piştirme tekniği ve merkez sıcaklığı uygulaması sonucunda depolama süresince elde edilen pH değerleri çizelge 5(C)'de verilmiştir. Çizelge 5 (C) incelendiğinde, 72°C veya 78°C merkez sıcaklıklarına kadar haşlama veya ızgara yöntemleri ile piştirilen hamburger köfte örneklerine ait pH değerlerinde depolama süresince önemli bir değişimin olmadığı görülmektedir. 72°C veya 78°C merkez sıcaklıklarına kadar mikrodalga ile piştirilen örneklerin pH değerlerinde ise depolamanın 7. gününde önemli düzeyde bir düşüş meydana gelmiştir (P<0,05). Fırınlama ile 72°C veya 78°C merkez sıcaklığına kadar piştirilen örneklerde ise benzer bir düşüş eğilimi depolamanın 15. gününde gerçekleşmiştir (P<0,05). Mikrodalga ve fırınlama tekniği ile piştirilen örneklerin 30. gün ölçümlerinde pH değerlerinin önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir (P<0,05).

### TBARS Sonuçları

Piştirme işlemleri öncesinde çiğ hamburger köfte örneklerinde TBARS değerleri ortalaması 1,20±0,03 µmol MDA/kg olarak tespit edilmiştir. Piştirme işlemleri ile birlikte tüm piştirme tekniklerinde TBARS değerleri önemli düzeyde artış (P<0,05) göstermiştir (Şekil 2). Sığır köftelerinde piştirme işlemi ile birlikte TBARS değerlerinin artış gösterdiğine yönelik benzer bir sonuç Cabral ve ark. (2017) tarafından da rapor edilmiştir. Min ve Ahn (2005) piştirme işlemi ile birlikte lipid oksidasyon seviyesindeki artışın nedeni olarak kas membran bütünlüğünün bozulmasını, antioksidan enzimlerin inaktif hale geçmesini ve hem molekülünden demir salınımının artmasını göstermişlerdir. TBARS değerleri üzerine piştirme tekniklerinin (P<0,0001) ve depolama süresinin (P<0,0001) önemli etkilerinin olduğu, ayrıca TBARS değerlerinin PT×MS (P<0,0001) ile PT×DS (P<0,0001) ikili ve PT×MS×DS (P<0,0001) üçlü interaksiyonlarından da önemli düzeyde etkilendiği tespit edilmiştir (Çizelge 2). Piştirme teknikleri açısından TBARS değerleri incelendiğinde (Çizelge 6), en düşük TBARS değerleri mikrodalga piştirme tekniği ile piştirilen örneklerde, en yüksek TBARS değerleri ise fırınlama ve ızgara piştirme tekniklerinin kullanımı sonucunda elde edilmiştir (P<0,05). Broncano ve ark. (2009) domuz etinin mikrodalga tekniği ile piştirilmesi sonucunda fırınlama tekniğine göre, Serrano ve ark. (2007) ise sığır etinin mikrodalga tekniği ile piştirilmesi sonucunda fırınlama ve ızgara tekniğine göre daha düşük TBARS değerlerinin elde edildiğini rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmada haşlama tekniği ile piştirilen örneklerin TBARS değerleri ızgara ve fırınlama teknikleri ile piştirilen örneklerin değerlerinden daha düşük seviyede bulunmuştur (P<0,05). Mevcut çalışmada elde edilen sonuçlara benzer

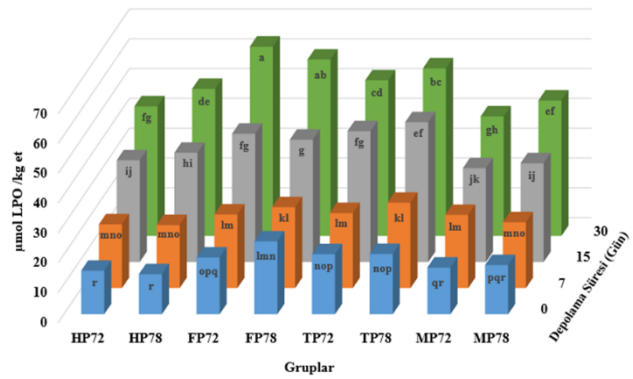
olarak, Klinhom ve ark. (2017) ile Juárez ve ark. (2010) tarafından manda etinin haşlama tekniği ile piştirilmesi sonucunda ızgara piştirme tekniğine göre daha düşük TBARS değerlerinin elde edildiği rapor edilmiştir. Farklı merkez sıcaklığı uygulamaları sonucunda TBARS değerleri arasında önemli bir fark tespit edilmemiştir (Çizelge 6). Benzer bir sonuç, John ve ark. (2004) tarafından hamburger köfte örneklerinin farklı merkez sıcaklıklarında piştirilmesi sonucunda da rapor edilmiştir. Depolama süresinin etkisi açısından TBARS sonuçları incelendiğinde (Çizelge 6), hamburger köftelerinde TBARS değerlerinin depolama süresince kademeli olarak artış (P<0,05) gösterdiği çalışma sonucunda belirlenmiştir. Hamburger ve sığır köfte örneklerinin depolanması esnasında oksidasyon seviyelerinin artış gösterdiği daha önce yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir (Selani ve ark., 2016; Mir ve Masoodi, 2017; Kılıç ve ark., 2018; Zahid ve ark., 2020).



Şekil 2. Farklı piştirme teknikleri ve merkez sıcaklık kullanılarak piştirilmiş hamburger köfte örneklerinde depolama süresince elde edilen TBARS değerleri (µmol MDA/kg et).

a-n Aynı şekilde farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Figure 2. TBARS values obtained during storage in hamburger Patty samples cooked by using different cooking techniques and internal cooking temperature (µmol MDA/kg meat).



Şekil 3. Farklı piştirme teknikleri ve merkez sıcaklık kullanılarak piştirilmiş hamburger köftelerinde depolama süresince elde edilen LPO değerleri (µmol LPO/kg et).

a-t Aynı şekilde farklı harfleri taşıyan ortalamalar arası farklılıklar istatistiki açıdan önemlidir (P<0,05).

Figure 3. LPO values obtained during storage in hamburger Patties cooked by using different cooking techniques and internal cooking temperature (µmol LPO/kg meat)



Farklı pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı uygulanarak pişirilen hamburger köftelerinin depolama süresince belirlenen TBARS değerleri Şekil 2’de verilmiştir. Pişirme tekniği, merkez sıcaklığı ve depolama süresi (PT×MS×DS) interaksyonu, depolamanın 0., 15., ve 30. günlerinde gerçekleştirilen TBARS analizi sonuçlarına göre uygulanan pişirme tekniklerinin hepsinde farklı merkez sıcaklığı uygulamasının TBARS değerleri üzerine önemli bir etkisinin olmadığını göstermiştir. Depolamanın 7. gününde yapılan TBARS ölçümleri sonucunda fırınlama tekniği kullanılarak 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen hamburger köftesi örneklerinin TBARS değerleri 78°C merkez sıcaklığı uygulanan örneklerin TBARS değerlerinden daha yüksek bulunmuştur (P<0,05). Gerçekleştirilen diğer pişirme tekniklerinde farklı merkez sıcaklığı uygulamasının depolamanın 7. gününde elde edilen TBARS değerleri üzerinde önemli bir etkiye neden olmadığı tespit edilmiştir. Aynı interaksiyon depolamanın 0. gününde 72°C merkez sıcaklığı uygulanan hamburger köftelerinin TBARS değerleri üzerine pişirme tekniklerinin önemli bir etki oluşturmadığını, ancak 78°C merkez sıcaklığı uygulanan köftelerde mikrodalga ve fırınlama tekniği kullanımı sonucunda ızgara pişirme tekniğine göre daha düşük TBARS değerlerinin elde edildiğini göstermiştir (P<0,05). Depolama süresince (7., 15. ve 30. günlerde) 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen hamburger köftelerde en düşük TBARS değerleri mikrodalga tekniği kullanılarak pişirilen örneklerde belirlenirken, en yüksek TBARS değerleri fırınlama tekniği kullanılarak pişirilen örneklerde tespit edilmiştir (P<0,05). Depolama sonunda ise haşlama tekniği ile pişirilen örneklerin TBARS değerlerinin mikrodalga tekniği ile pişirilen örneklerin TBARS değerlerine göre daha yüksek olduğu ancak ızgara pişirme tekniğine göre daha düşük TBARS değerlerine sahip olduğu saptanmıştır (P<0,05). Depolama süresince 78°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde ise en düşük TBARS değerleri mikrodalga tekniği kullanılarak pişirilen örneklerde belirlenmiştir (P<0,05). Mevcut çalışmada haşlama ve ızgara pişirme teknikleri kullanılarak hem 72°C hem de 78°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde, fırınlama tekniğinde ise 78°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde TBARS değerleri depolamanın 7. gününden sonra depolama sonuna kadar kademeli olarak önemli düzeyde artış sergilemiştir (P<0,05). Fırınlama tekniği kullanılarak 72°C merkez sıcaklığına kadar, mikrodalga tekniği kullanılarak ise 78°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde ise TBARS değerleri depolama süresince önemli düzeyde artış göstermiştir (P<0,05). Mikrodalga tekniği kullanılarak 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde ise sadece depolamanın 7. ile 15. gün arasında bir artış tespit edilmiş (P<0,05) ve depolama sonuna kadar önemli bir değişim belirlenmemiştir.

### **Lipit Hidroperoksit (LPO) Sonuçları**

Çiğ hamburger köfte örneklerine ait LPO değerleri ortalama 12,51±0,93 µmol LPO/kg olarak tespit edilmiştir. Haşlama tekniği kullanılarak pişirilen örneklerin LPO değerleri hariç diğer pişirme tekniklerinin hepsinde pişirme işlemi sonrasında LPO değerleri önemli düzeyde artış (P<0,05) göstermiştir (Şekil 3). Pişirme işlemi esnasındaki yüksek sıcaklığın et ve et ürünlerinde oksidasyon reaksiyonlarının artışına neden olduğu bildirilmektedir (Naveena ve ark., 2014). El-Alim ve ark. (1999) domuz köftelerinde pişirme ile birlikte peroksit

değerlerinin artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Diğer taraftan, Rodriguez-Estrada ve ark. (1997) hamburger köfte örneklerinde pişirme ile birlikte peroksit değerlerinin azaldığını ancak ikincil oksidasyon ürünlerinin artış gösterdiğini bildirmişlerdir. LPO değerlerinin pişirme teknikleri (P<0,0001), merkez sıcaklığı (P<0,0001) ve depolama süresinden (P<0,0001) önemli düzeyde etkilendiği belirlenmiştir. LPO sonuçları (Çizelge 6), en yüksek analiz değerlerinin fırınlama tekniği kullanımı sonucunda elde edildiğini göstermiştir (P<0,05). En düşük LPO değerleri (P<0,05) ise örnekler mikrodalga ve haşlama teknikleri kullanılarak pişirildiğinde tespit edilmiştir. Izgara tekniği ile pişirilen örneklerde mikrodalga ve haşlama teknikleri kullanımına göre daha yüksek, fırınlama tekniği kullanımına göre ise daha düşük LPO değerleri saptanmıştır (P<0,05). Rodriguez-Estrada ve ark. (1997) hamburger köftelerde mikrodalga ve fırınlama tekniklerinin kullanımı sonucunda haşlama tekniğine göre daha düşük peroksit değerlerinin elde edildiğini belirtmişlerdir. Serrano ve ark. (2007) ile Bosco ve ark. (2001) oksidatif değişimler üzerine pişirme tekniklerinin, son pişirme sıcaklıklarının, pişirme oranının ve ürün bileşimlerinin önemli düzeyde etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Hamburger köftelerine uygulanan farklı merkez sıcaklıkları sonucunda en düşük (P<0,05) LPO değerleri 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen örneklerde tespit edilmiştir (Çizelge 6). Çalışma sonuçlarına benzer sonuçlar Utama ve ark. (2018)’nin sığır etinde, Sen ve ark. (2014)’nin ise koyun etinde yaptıkları çalışmalarda rapor edilmiştir. Depolama süreleri dikkate alınarak hamburger köftelerinin LPO değerleri incelendiğinde (Çizelge 6), depolama süresince LPO değerlerinde kademeli bir artışın (P<0,05) olduğu görülmüştür. Pişmiş ve vakum paketlenmiş hamburger köfte ve tavuk köfte örneklerinde depolama süresince LPO değerlerinin artış gösterdiği daha önce yapılan çalışmalarda da rapor edilmiştir (Naveena ve ark., 2014; Kılıç ve ark., 2018).

Farklı pişirme tekniği ve merkez sıcaklığı uygulanarak pişirilen hamburger köftelerinin depolama süresince tespit edilen LPO değerleri Şekil 3’de verilmiştir. PT×MS×DS (P<0,0001) üçlü interaksyonu depolama başlangıcında (0. gün) fırınlama tekniği haricinde (P<0,05) diğer pişirme tekniklerinde (haşlama, ızgara ve mikrodalga) farklı merkez sıcaklığı uygulamasının hamburger köftelerinin LPO değerlerinde önemli bir farka neden olmadığını göstermiştir. Fırınlama tekniği kullanılarak 72°C merkez sıcaklığına kadar pişirilen hamburger köftelerin LPO değerleri 78°C merkez sıcaklığı uygulanan köftelerden daha düşük bulunmuştur (P<0,05). Tüm pişirme tekniklerinde, 72°C ve 78°C merkez sıcaklığı uygulaması ile pişirilen hamburger köftelerinin LPO değerleri arasında depolamanın 7. ve 15. gününde önemli bir değişimin olmadığı belirlenmiştir. Depolama sonu olan 30. günde ise ızgara veya fırınlama teknikleri kullanılarak pişirilen örnekler haricinde diğer pişirme tekniklerinde (haşlama ve mikrodalga) uygulanan 72°C ve 78°C merkez sıcaklığı farkı LPO değerlerini önemli düzeyde etkilemiştir (P<0,05). Haşlama ve mikrodalga ile pişirme tekniklerinde 78°C merkez sıcaklığı uygulaması sonucunda daha yüksek LPO değerleri elde edilmiştir (P<0,05). 72°C merkez sıcaklığı uygulanan hamburger köftelerinde depolama başlangıcında haşlama tekniği ile pişirilen örneklerin LPO

değerleri ızgara ve fırınlama teknikleri ile pişirilen örneklerin LPO değerlerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Depolamanın 7. gününde  $72^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığı uygulanan hamburger köftelerinde LPO değerleri açısından tüm pişirme teknikleri arasında bir fark tespit edilmemiştir. 15. günden sonra depolama sonuna kadar en düşük LPO değerleri mikrodalga ve haşlama teknikleri ile pişirilen örneklerde belirlenmiştir ( $P<0,05$ ). 15. gün sonunda en yüksek LPO değerleri fırınlama ve ızgara teknikleri ile pişirilen hamburger köftelerinde, depolama sonunda ise en yüksek LPO değerleri sırasıyla fırınlama ve ızgara pişirme teknikleri ile pişirilen örneklerde tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ).  $78^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığı uygulanan hamburger köftelerinde depolama süresince en düşük LPO değerleri mikrodalga ve haşlama teknikleri kullanılarak pişirilen örneklerde tespit edilmiştir ( $P<0,05$ ). Fırınlama tekniği ile  $78^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığına kadar pişirilen hamburger köftelerinde LPO değerleri depolamanın 15. gününden sonra önemli düzeyde artış gösterirken, diğer tüm pişirme teknikleri (haşlama, ızgara ve mikrodalga) ve merkez sıcaklığı ( $72^{\circ}\text{C}$  ve  $78^{\circ}\text{C}$ ) uygulamalarında depolama süresince kademeli bir artış meydana gelmiştir ( $P<0,05$ ).

## Sonuç

Bu çalışmada, mikrodalga tekniğinin pişirme kaybı değerlerini arttırdığını, ızgara pişirme tekniğinin ise en düşük pişirme kaybı değerlerinin elde edildiği yöntem olduğu belirlenmiştir. Mikrodalga tekniğinde daha düşük pH değerlerinin elde edildiği, diğer pişirme teknikleri arasında ise pH açısından bir farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Tüm pişirme tekniklerinde renk değerleri açısından önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Mikrodalga ve haşlama tekniklerinin kullanımı ile daha düşük oksidasyon düzeyleri elde edilebileceği tespit edilmiştir. Merkez sıcaklığındaki farklılıklar TBARS değerlerinde farklılık oluşturmazken,  $78^{\circ}\text{C}$  merkez sıcaklığı daha yüksek LPO değerlerinin elde edilmesine neden olmuştur. Hamburger köfte üretiminde oksidatif stabilite ve kalite parametreleri dikkate alındığında haşlama ve mikrodalga pişirme tekniklerinin kullanılması faydalı bir yaklaşım olacaktır.

## Kaynaklar

AOAC 1990. Official Methods of Analyses. Association of Official Analytical Chemist. IAC, Arlington, VA, USA.

Arguelo NN, García ERM, Ferreira de Lara JA, Ferraz ALJ. 2016. Physicochemical characteristics and lipid oxidation of chicken inner fillets subjected to different thermal processing types. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 18(3): 443-450.

Aşçıoğlu Ç, Şevik R. 2019. The Effects of Cooking Methods on the Properties of Beef Longissimus dorsi. *Gıda/The Journal of Food*, 44(1).

Bejerholm C, Aaslyng MD. 2004. The influence of cooking technique and core temperature on results of a sensory analysis of pork-Depending on the raw meat quality. *Food quality and preference*, 15(1): 19-30.

Bentley DS, Reagan JO, Cox NA, Bailey JS. 1987. Effects of meat type, storage time and temperature on various physical, chemical and microbiological characteristics of ground pork. *Journal of Food Protection*, 50(11): 948-951.

Bosco AD, Castellini C, Bernardini M. 2001. Nutritional quality of rabbit meat as affected by cooking procedure and dietary vitamin E. *Journal of food science*, 66(7): 1047-1051.

Broncano JM, Petró MJ, Parra V, Timón ML. 2009. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of free cholesterol oxidation products (COPs) in Latissimus dorsi muscle of Iberian pigs. *Meat science*, 83(3): 431-437.

Cabral AR, Costa FS, Groto ME, Pereira ASC, Silva SL. 2017. Effect of oil source, cooking method, and storage time on lipid oxidation in ground beef patties from Nellore cattle. *Journal of Animal Science*, 95: 55.

Candan T, Bağdatlı A. 2018. Et Teknolojisinde Alternatif Isıtma Yöntemleri. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2): 656-670.

Choi JH, Jeong JY, Kim HY, An KI, Kim CJ. 2008. The effects of electric grill and microwave oven reheating methods on the quality characteristics of precooked ground pork patties with different NaCl and phosphate levels. *Korean Journal of Food Science and Animal Resource*, 28(5): 535-542.

Dabrowska M, Zielinska A, Nowak I. 2015. Lipid oxidation products as a potential health and analytical problem. *Chemik*, 69(2): 92-94.

Dai Y, Lu Y, Wu W, Lu XM, Han ZP, Liu Y, Liu X, Dai RT. 2014. Changes in oxidation, color and texture deteriorations during refrigerated storage of ohmically and water bath-cooked pork meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26: 341-346.

Domínguez R, Gómez M, Fonseca S, Lorenzo JM. 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat. *Meat science*, 97(2): 223-230.

El-Alim SSLA, Lugasi A, Hóvári J, Dworschák E. 1999. Culinary herbs inhibit lipid oxidation in raw and cooked minced meat patties during storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(2): 277-285.

Ganhão R, Morcuende D, Estévez M. 2010. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat science*, 85(3): 402-409.

García-Segovia P, Andrés-Bello A, Martínez-Monzó J. 2007. Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (M. pectoralis). *Journal of Food Engineering*, 80(3): 813-821.

Guo Q, Sun DW, Cheng JH, Han Z. 2017. Microwave processing techniques and their recent applications in the food industry. *Trends in Food Science & Technology*, 67: 236-247.

Hicks ZM, Yancey JWS, Apple JA, Johnson TM. 2017. Cooking from a frozen state, endpoint temperature, and post-cookery chilling affect internal and external color and cooking losses in ground beef patties. *Journal of Animal Science*, 95: 187.

Jiang Q, Han J, Gao P, Yu L, Xu Y, Xia W. 2018. Effect of heating temperature and duration on the texture and protein composition of Bighead Carp (*Aristichthys nobilis*) muscle. *International Journal of Food Properties*, 21(1): 2110-2120.

John L, Cornforth D, Carpenter CE, Sorheim O, Pettee BC, Whittier DR. 2004. Comparison of color and thiobarbituric acid values of cooked hamburger patties after storage of fresh beef chubs in modified atmospheres. *Journal of Food Science*, 69(8): C608-C614.

Juárez M, Failla S, Ficco A, Peña F, Avilés C, Polvillo O. 2010. Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food and Bioproducts Processing*, 88(2-3): 145-148.

Kılıç B, Şimşek A, Claus JR, Karaca E, Bilecen D. 2018. Improving lipid oxidation inhibition in cooked beef hamburger patties during refrigerated storage with encapsulated polyphosphate incorporation. *LWT*, 92, 290-296.

Kilic B, Richards MP. 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2): 686-689.

Klinhom P, Klinhom J, Methawiwat S. 2017. Effect of Different Cooking Method on Cooking Loss and Lipid Oxidation in Buffalo Meat. In *Applied Mechanics and Materials Trans Tech Publications*, 855: 70-74.

- Lee SH, Choi W, Jun S. 2016. Conventional and emerging combination technologies for food processing. *Food engineering reviews*, 8(4): 414-434.
- Li K, McKeith AG, Shen C, 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.
- Min B, Ahn DU. 2005. Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A Review. *Food Science and Biotechnology*, 14(1): 152-163.
- Mir SA, Masoodi FA. 2017. Effect of Packaging on Lipid Oxidation, Sensory, and Color Attributes of the Value Added Mutton Meat Balls during Refrigeration. *Journal of Nutritional Health and Food Engineering*, 7: 1-8.
- Moon CT, Yancey JW, Apple JK, Hollenbeck JJ, Johnson TM, Winters AR. 2016. Quality Characteristics of Fresh and Cooked Ground Beef can be Improved by the Incorporation of Lean Finely-Textured Beef (LFTB). *Journal of Food Quality*, 39(5): 465-475.
- Naveena BM, Muthukumar M, Muthulakshmi L, Anjaneyulu ASR, Kondaiah N. 2014. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and microbial quality of vacuum-packaged emulsion products from chicken. *Journal of food processing and preservation*, 38(1): 39-47.
- Rai R, Bhattacharyya D, Dalai N, Shekhar S, Praveen PK, Ganguly S. 2016. Preparation of Chevron Meat Balls by Different Cooking Methods. *Indian Journal of Small Ruminants*, 22(21): 129-130.
- Rodriguez-Estrada MT, Penazzi G, Caboni MF, Bertacco G, Lercker G. 1997. Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat science*, 45(3): 365-375.
- Selani MM, Shirado GA, Margiotta GB, Rasera ML, Marabesi AC, Piedade SM, Contreras-Castillo CJ, Canniatti-Brazaca SG. 2016. Pineapple by-product and canola oil as partial fat replacers in low-fat beef burger: Effects on oxidative stability, cholesterol content and fatty acid profile. *Meat science*, 115: 9-15.
- Selani MM, Margiotta GB, Piedade SMS, Contreras-Castillo CJ, Canniatti-Brazaca SG. 2015. Physicochemical, sensory and cooking properties of low fat beef burgers with addition of fruit byproducts and canola oil. *International Proceedings of Chemical, Biological and Environmental Engineering*, 81: 58-65.
- Sen AR, Naveena BM, Muthukumar M, Vaithiyanathan S. 2014. Colour, myoglobin denaturation and storage stability of raw and cooked mutton chops at different end point cooking temperature. *Journal of food science and technology*, 51(5): 970-975.
- Serrano A, Librelotto J, Cofrades S, Sánchez-Muniz FJ, Jiménez-Colmenero F. 2007. Composition and physicochemical characteristics of restructured beef steaks containing walnuts as affected by cooking method. *Meat science*, 77(3): 304-313.
- Shantha NC, Decker EA. 1994. Rapid, Sensitive, Iron-based Spectrophotometric Methods for determination of Lipid Hydroperoxides of Food Lipids. *Journal of AOAC International*, 77: 421-424.
- Utama DT, Baik KH, Jeong HS, Yoon SK, Joo ST, Lee SK. 2018. Effects of cooking method and final core-temperature on cooking loss, lipid oxidation, nucleotide-related compounds and aroma volatiles of Hanwoo brisket. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 31(2): 293.
- Turp GY. 2016. Effects of four different cooking methods on some quality characteristics of low fat Inegol meatball enriched with flaxseed flour. *Meat science*, 121: 40-46.
- Van Laack RL, Berry BW, Solomon MB. 1996. Effect of precooking conditions on color of cooked beef patties. *Journal of Food Protection*, 59(9): 976-983.
- Zahid MA, Choi JY, Seo JK, Parvin R, Ko J, Yang HS. 2020. Effects of clove extract on oxidative stability and sensory attributes in cooked beef patties at refrigerated storage. *Meat science*, 161: 107972