

Farklı ısıl işlem uygulamalarının(kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım/kızılötesi) sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi

Nuran ERDEM^{1*} ve Süleyman GÖKMEN^{2 3}

¹Gıda İşleme Bölümü / Güzelyurt Meslek Yüksekokulu, Aksaray Üniversitesi, Türkiye

² Gıda İşleme Bölümü / Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Türkiye

*(nuran.erdem42@gmail.com)

Özet –Araştırmamızda, fermente sucuklara 60°C’ de 15 dk boyunca farklı ısıl işlemler (kuru hava, ıslak hava, infrared ışınım) uygulanarak, sucukların bazı kalite özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. En yüksek kuru madde değerinin kuru hava ile ısıl işlem uygulanan (KS) sucuk örneklerinde olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en düşük protein değerlerinin ısıl işlem uygulanmamış kontrol (CS) örneklerinde olduğu; kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin örneklerin protein değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Örneklerin kül içerikleri arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli ($P < 0.05$) düzeyde bulunmuş olup kontrol (CS) örneklerinin en yüksek (%0.98) kül değerine sahip olduğu belirlenmiştir. pH değeri en yüksek; infrared ışınım uygulanmış IS örneklerinde (4.91) belirlenmiş olup, bunu nemli hava uygulanmış NS örnekleri (4.80) ve kuru hava uygulanmış KS örnekleri (4.69) takip etmiştir. En düşük pH değerinin ise; ısıl işlem uygulanmamış CS (kontrol) örneklerinde (4.62) olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre; ısıl işlem uygulanmayan kontrol örnekleri (CS) en yüksek, infrared ile ısıl işlem uygulanan sucuk örnekleri (IS) ise en düşük su aktivitesi (a_w) değeri göstermiştir. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin a_w değerlerini artırdığı saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinin L^* , a^* ve b^* parametreleri arasındaki farklılığın istatiki açıdan önemli ($P < 0.01$) olduğu saptanmıştır. L^* parametresinin en yüksek olduğu uygulamanın nemli hava uygulanan yöntem olduğu tespit edilmiştir. Infrared ve nemli hava yöntemleri uygulanmış örneklerin a^* parametreleri kontrol (CS) örneğine kıyasla daha düşük; kuru hava yöntemi uygulanmış örneklerin a^* parametresi ise kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Isıl işlem uygulanan sucuk örneklerinin (IS, KS ve NS), ısıl işlem uygulanmayan kontrol (CS) örneklerine kıyasla daha yüksek b^* parametrelerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler –En az 5 anahtar kelime içermelidir

I. GİRİŞ

Dengeli gıda tüketimi konusunda yapılan araştırma sonuçlarına göre, dünya nüfusundaki artış paralel şekilde küresel et talebinde de artış olacağı ve bu talebin yeterli düzeyde karşılanamayacağı düşünülmektedir. 2050'ye kadar et tüketiminde %200 artış ortaya çıkacağı öngörülmektedir (Kristensen ve ark., 2014; Mathijs, 2015; McNeill

ve Van Elswyk, 2012). Et; yüksek miktarda protein ve düşük miktarda karbonhidrat içermesi nedeniyle, düşük “glisemik indekse” sahip bir gıdadır (Biesalski, 2005). Sucuk, Türklere özgü, yarı kuru fermente bir et ürünü olup, kıyım makinasında et ve yağın kıyılarak, tuz, şeker, baharat ve diğer katkı maddeleri ile karıştırılması, kılıflara (doğal/yapay) doldurulması ve belirli bir

sıcaklık, nispi rutubet, hava sirkülasyonu ve sürede olgunlaştırılması ile elde edilmektedir (Gökalp ve ark., 2010;Karakaya, 2013).

Pişirme yöntemleri farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Erdem ve Gökmen (2022) tarafından yapılan sınıflandırmaya göre pişirme yöntemleri üç başlık altında incelenmiştir. Kullanılan araçlara göre:Kondüksiyon, konveksiyon, radyasyon (ışınma); Gıda üretimine göre: Kuru ısıda, sulu ısıda; Diğer pişirme yöntemleri:Sousvide ve ağartma şeklindedir. Kuru ısıda pişirme yönteminde ısının sıcak hava, sıcak yağ, sıcak metal veya yayılma yoluyla gıdalara aktarılması sonucu gıdaların pişirilmesi sağlanmaktadır. Kuru ısıda pişirme yönteminde, gıdaların bileşimindeki suyun bir kısmının buharlaşması nedeniyle gıdaların tadı daha güçlü bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sulu pişirme yöntemleri, gıdaların su veya suya benzer bir sıvı içerisinde pişirilmesi esasına dayanmaktadır. Sıcaklık gıdalara bir sıvı veya buhar aracılığıyla iletilmektedir (Aktaş ve Özdemir, 2012). Diğer yöntemlerle kıyasla sulu pişirme yöntemi, pişirme yöntemleri arasında en kolay uygulanabilen yöntem olarak bilinmektedir. Yöntemde tercih edilecek suyun miktarı, tercih edilen gıda ve pişirme kabı boyutlarına göre belirlenmektedir (Türkan, 2012).

Gıda proseslerinde, kızılötesi (infrared) ve mikrodalga şeklinde iki farklı ışın kullanılabilir (Culinary Fundamentals, 2006).Kızılötesi 1800'lü yıllarda Sir William Herschel tarafından keşfedilmiş olup tıp, plastik, kağıt endüstrisi vb.çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Ancak infrared radyasyonun gıda teknolojisinde kullanımı çok yeni olduğundan yapılan çalışmalar 1950'lerde kurutma, 1960'lı yıllarda ise çeşitli endüstriyel alanlarda görülebilmektedir (Anonim, 2023).Kızılötesi gıda endüstrisinde; kurutma, pişirme, kavurma, pastörizasyon, sterilizasyon vb. ısı işlem proseslerinde kullanılmaktadır (Krisnamurthy ve ark., 2008).İnfraredteknolojisinde enerji, ısıtma ekipmanından gıdaya aktarıldığı için gıdaların çevresindeki hava ısınmadan daha hızlı ve homojen bir şekilde ısıtılma işlemi gerçekleştirilmektedir (Adak ve ark., 2017). İnfrared teknolojisi; yüksek verim, hızlı etki ve düşük enerji maliyeti gibi avantajlara sahiptir (Yalçın, 2019). Kızılötesi radyasyon teknolojisinin,

et ürünlerinin pişirilmesi amacıyla da kullanıldığı belirtilmektedir (Yılmaz Tuncel ve Tuncel, 2016).

İnsan sağlığı yönüyle güvenli, yüksek besin içeriğine sahip ve en az düzeyde işlenmiş gıda üretimi amacıyla bilim insanları ohmik, mikrodalga, radyo frekans ve infrared ısıtma gibi alternatif ısıtma yöntemlerinin geliştirilmesi üzerinde çalışmaktadır (Lee ve ark., 2016;Jiménez-Sánchez ve ark., 2017). Alternatif ısıtma yöntemlerinde amaç, gıdalarda kalitenin artması, sudan tasarruf edilmesi, işlem maliyetlerinin azalması, kısa sürede seri üretim yapılması ve enerji tüketiminin azaltılmasıdır. Yüksek kaliteye sahip gıdaların elde edilmesiyle gelirin artacağı ve büyük pazar payının oluşacağı öngörülmektedir (Wang, 2011, Misra ve ark., 2017). Literatürde fermente sucuklara kuru hava, nemli hava, infrared ışınım yöntemi ile ısı işlem uygulamasına rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı, fermentasyon yöntemi ile üretilmiş olan sucuklarda uygulanan farklı ısı işlemlerin (kuru hava, nemli hava, infrared ışınım) sucukların bazı kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin araştırılmasıdır.

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Et, 1.5 yaşındaki tosun budundan, yağ ise 2 yaşındaki danadan elde edilmiştir. Soğuk hava deposunda (0-4 °C) bir gece dinlendirilen et ve yağlar, çalışmamızda kullanılacak sucukların üretiminde kullanılmıştır.

Katkı maddeleri, kürlenme ajanları, starter kültür ve kılıf

Sucuk formülasyonlarına ilave edilen diğer katkı maddeleri (sarımsak, kimyon, kırmızıbiber, karabiber, tuz, sodyum nitrat ve sodyum nitrit) Konya piyasasındaki işletmelerden temin edilmiştir. Sucuk hamurlarının dolumunda 34 mm çapında doğal kılıflar kullanılmıştır.

Sucuk örneklerinin hazırlanması

Sucuk hamuru için; %80 et, %20 yağ, %2 tuz, %0.6 sakkaroz, %1 kurutulmuş sarımsak, %0.7 toz kırmızıbiber, %0.5 karabiber, %0.9 kimyon, %0.25 yenibahar kullanılmıştır (Gökalp ve ark., 2002). %0.01 kürlenme ajanı (sodyum nitrit) kullanılmıştır. Soğutulmuş etler ve yağlar, kuşbaşı

haline getirilmiş ve karıştırılmıştır. Üzerine formülasyonda belirtilen baharatlar ve katkı maddeleri ilave edilip kıyma makinesinden geçirilmiştir. Dolumu yapılan sucuk örnekleri duşlanmış ve sonra olgunlaştırma kabinlerinde (sıcaklık, rutubet ve hava akım hızı kontrollü oda) pH değerleri 5.2-5.3'lere düşüncüye kadar fermentasyona tabi tutulmuştur. Sucuk örneklerinde; % nem, % protein, % kül, pH, su aktivitesi (a_w) ve renk (L^* , a^* , b^*) analizleri yapılmıştır.

Isıl İşlemlerin Gerçekleştirilmesi

Sucuk örneklerine 60°C'de 15 dakika kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile ısıtma işlemleri uygulanmıştır. Kuru hava ile ısıl işlem için etüv, nemli hava ile ısıl işlem için otoklav ve infrared ile ısıl işlem için ise infrared lambalı fırın (250 Watt, uzun dalga boyu, sucuk ile mesafe 25 cm) kullanılmıştır. Kızılötesi ışınım uygulamasında, diğer yüzüne ışınım uygulanabilmesi için sucuk örnekleri 8 dakika sonra çevrilmiştir.

Nem (Su) ve Kuru Madde Miktarı Analizi

Farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinden 5-10 g kurumadde kabı içerisine alınmıştır. Kurumadde kabı 105±2°C'ye ayarlı etüvde sabit tartıma gelinceye kadar, yaklaşık 18 saat tutulmuştur. Etüvden çıkartılan sucuk örnekleri desikatörde soğutularak tartılmıştır. Kurutulmuş örnekler, başlangıçta bulunan örneklerin ağırlıklarına bölünerek bulunan değer 100'le çarpılmış ve kurumadde değerleri (%) belirlenmiştir (AOAC, 2000).

Protein Analizi

Farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinin nemi uzaklaştırılmış (kuru örnekler) ve 0.5 g tartılmıştır. Tartılan sucuk örnekleri Kjeldahl tüpüne aktarılarak içerisine katalizör tablet ($K_2SO_4:CuSO_4$) ilave edilmiştir. 25 ml derişik sülfürik asit eklenmiş ve renk berraklaşmıca kadar yakma ünitesinde örneklerin asitle parçalanması sağlanmıştır. Yakma işleminin ardından örnekler distilasyon ünitesine yerleştirilmiştir. Borik asit (%3) ve sodyum hidroksit (%32) çözeltileri ile distile edilmiştir. Toplanan distilat hidroklorik asit çözeltisi ile titre

edilmiş ve protein miktarı (% protein = % N x 6.25) belirlenmiştir (AOAC, 2000).

Toplam Kül Miktarı Analizi

Farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinden yaklaşık 2.0-2.5'ar g alınarak porselen krozelere tartılmış ve 525±2°C'deki kül fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar yakılarak desikatöre alınmıştır. Oda sıcaklığına gelen örnekler tartılarak toplam kül miktarı (%) hesaplanmıştır (AOAC, 2000).

pH Analizi

Homojen hale getirilmiş sucuk örneklerinden 10'ar g alınmış ve üzerine 90 ml saf su ilave edilmiştir. Uygun bir karıştırıcı yardımıyla 1 dkhomojenize edilmiş ve pH metre ile sucukların pH değerleri belirlenmiştir (Gökalp ve ark., 1999).

Su Aktivitesi (a_w) Analizi

Farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinin su aktivitesi (a_w) değerleri, su aktivitesi cihazı (Novasina Thermoconstanter TH200, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir. Sucuk örnekleri cihazın haznesine yerleştirildikten sonra monitörden okunan değerler kaydedilmiştir (Troller, 2012).

Renk Analizi

Sucuk örneklerinin renk değerleri kolorimetre cihazı (CR-300 Reflectance Colorimeter, Osaka, Japan) ile tespit edilmiştir. L^* (parlaklık), (kırmızılık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri üç boyutlu renk ölçümünü esas alan Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIELab (Commission Internationale de l'Éclairage) tarafından verilen kriterlere göre gerçekleştirilmiştir (Hunt ve ark., 1991). Sucuk örneklerinde renk ölçümleri iç kesit yüzeylerinde (sucuklar dilimlendikten sonra dilimlerde) en az 5 farklı noktada gerçekleştirilmiştir.

İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilere; tesadüf parselleri deneme tertibinde faktöriyel deneme desenine göre

MINITAB release 16.0 programı kullanılarak, Varyans Analizi uygulanmıştır (Snedecor ve Cochran, 1980). Grup ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önem derecesini belirlemek amacıyla Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Kuru madde, protein ve kül analizi değerleri

Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile muamele edilen sucuk örneklerinin kuru madde, protein ve kül içerikleri Çizelge.1'de sunulmuştur. Çizelge 1'de görüldüğü üzere sucuk örneklerinin kuru madde değerlerinin %15.97, %12.95, %17.56 ve %15.04 olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kuru madde değerinin kuru hava ile ısıtılmış uygulanmış (KS) örneklerde olduğu saptanmıştır. Isıtılmayan kontrol (CS) örneklerinin kuru madde içeriği ile nemli hava ile ısıtılmış uygulanan NS örneklerinin kuru madde içerikleri arasında istatistiksel açıdan bir fark tespit edilmemiştir ($P>0.01$). Elde edilen sonuçlara göre, en düşük protein değerlerinin ısıtılmış uygulanmamış kontrol (CS) örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin protein değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Sucukların protein değerlerinin %38.79 ile %43.73 arasında olduğu ve farkın istatiki olarak önemli ($P<0.01$) olduğu belirlenmiştir. Farklı ısıtılmış işlemler uygulanan IS, KS ve NS örneklerinin ise protein değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($P>0.01$) olmadığı tespit edilmiştir. Sucuk örneklerinin kül değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Farklı ısıtılmış işlemler uygulanmasından dolayı sucuk örneklerinin kül değerlerinin %0.94-0.98 olduğu tespit edilmiştir. Kontrol (CS) örneklerinin en yüksek (%0.98) kül değerine sahip olduğu ve bunu sırasıyla; I, K ve N örneklerinin kül değerlerinin (%0.95, %0.94, %0.94) takip ettiği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile muamele edilen sucuk örneklerinin kuru madde, protein ve kül değerleri (%)

Örnekler	Kuru Madde (%)	Protein (%)	Kül (%)
CS (Kontrol)	15.97±0.14 ^b	38.79±0.28 ^b	0.98±0.01 ^a
IS	12.95±0.30 ^c	43.04±0.31 ^a	0.95±0.01 ^a
KS	17.56±0.39 ^a	42.73±0.34 ^a	0.95±0.01 ^b
NS	15.04±0.05 ^b	43.23±0.11 ^a	0.94±0.01 ^b

Veriler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir.

Not: ^{a-c} Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır. (Kuru Madde ve Protein: $P<0.01$, Kül: $P<0.05$)

Kısaltmalar: CS: Isıtılmamış uygulanmamış sucuk örnekleri (Kontrol); IS: Infrared ışınım yöntemi ile ısıtılmış uygulanmış sucuk örnekleri; KS: Kuru hava yöntemi ile ısıtılmış uygulanmış sucuk örnekleri; NS: Nemli hava yöntemi ile ısıtılmış uygulanmış sucuk örnekleri.

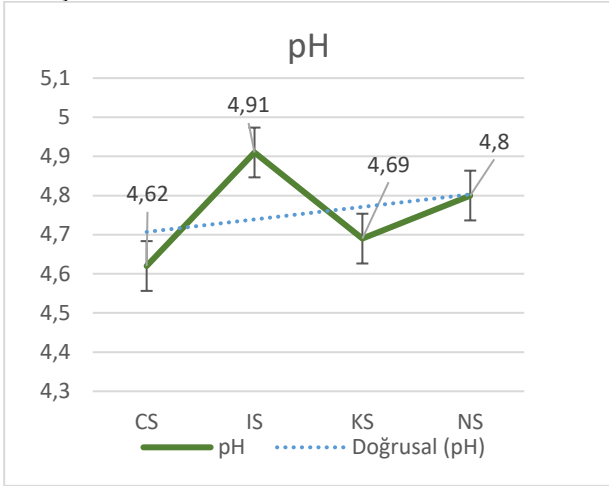
Yıldız Turp (2016), kuru hava yöntemi (fırında) ile pişirilen köftelerin su içeriğinin, ohmik ve elektrikli tavada pişirilen köftelerden daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Diğer bir çalışmada beyaz kum midyesi etine uygulanan farklı ısıtılmış işlemlerinden susuz (kuru) pişirme uygulamalarında kül miktarının sulu pişirmeye göre daha yüksek çıktığını bildirmiştir (Kaplan, 2020). Kor (2012) yarı pişmiş köfte örnekleri üzerinde sürekli sistem kızılötesi uygulamasını çalışmıştır. Çalışma kapsamında köftenin içerdiği nem miktarında azalma olduğunu, azalan ağırlık miktarına bağlı olarak başlangıç protein ve kül miktarında artış olduğunu tespit etmiştir.

Farklı ısıtılmış işlemler uygulanan sucuk örneklerinde belirlenen kuru madde ve kül değerlerinin; daha önceki literatür bulgularıyla örtüştüğü görülmüştür.

pH değerleri

Farklı ısıtılmış işlemler uygulanan sucuk örneklerinin pH değerleri Şekil 1'de sunulmuştur. Elde edilen verilere göre; kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım ile ısıtılmış uygulanmış sucuk örneklerinin pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($P<0.01$) olduğu belirlenmiştir. pH değeri en yüksek; infrared ışınım uygulanmış IS örneklerinde (4.91) belirlenmiş olup, bunu nemli hava uygulanan NS örnekleri (4.80) ve kuru hava uygulanan KS örnekleri (4.69) takip etmiştir. En düşük pH değerinin ise; ısıtılmamış CS

(kontrol) örneklerinde (4.62) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile muamele edilen sucuk örneklerinin pH değerleri

Veriler ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir.

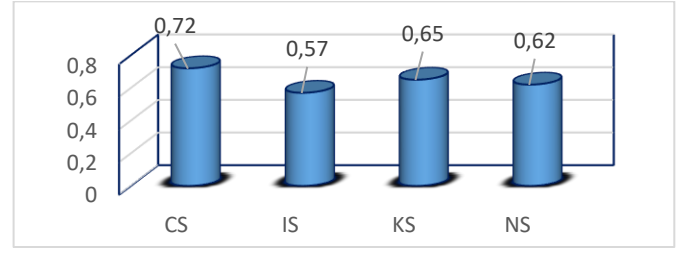
Not: ^{a-d}Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0.01$) olarak birbirinden farklıdır. Kısaltmalar: CS: Isıl işlem uygulanmamış sucuk örnekleri (Kontrol); IS: Infrared ışınım yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; KS: Kuru hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; NS: Nemli hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri.

Çalışmamızdan farklı olarak kızılötesi susuz yöntemle pişirilen kum midyelerine ait pH değerinin, diğer yöntemlerle pişirilen pH değerlerine kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir (Kaplan, 2020). Kor (2012) yarı pişmiş köfte örnekleri üzerinde sürekli sistem kızılötesi uygulamasını çalışmıştır. Çalışma kapsamında köftenin pH değerinde önemli bir değişiklik olmadığını. Bu farklılıkların sebebinin, çalışmada kullanılan et ve et ürününe özgü özellikler (elde edilen hayvan türü, çeşiti, proses vb.), uygulanan ısıl işlem yöntemi, kullanılan sıcaklık/süre parametreleri olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

a_w değerleri

Farklı ısıl işlemler uygulanmış sucuk örneklerine ait su aktivitesi sonuçları ise Şekil 2'de verilmiştir. Analiz sonuçları incelendiğinde, örneklerin a_w değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli ($P>0.01$) düzeyde bulunmuştur. Sucuk örneklerimizin a_w analiz sonuçlarına göre; a_w değeri 0.57-0.72 arasında değişim göstermiştir. Elde edilen bulgulara göre; ısıl işlem uygulanmayan kontrol örnekleri (CS) en yüksek, infrared ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri (IS) ise en düşük

a_w değeri göstermiştir. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin a_w değerlerini artırdığı saptanmıştır.



Şekil 2. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile muamele edilen sucuk örneklerinin a_w değerleri

Veriler ortalama \pm standart hata olarak ifade edilmiştir.

Not: ^{a-d}Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0.01$) olarak birbirinden farklıdır. Kısaltmalar: CS: Isıl işlem uygulanmamış sucuk örnekleri (Kontrol); IS: Infrared ışınım yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; KS: Kuru hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; NS: Nemli hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri.

Ayrıca, $a_w < 0.60$ olan düşük nem içeriğine sahip gıdalarda genel olarak mikrobiyal faaliyetlerin durduğu belirtilmiştir (Erkmen ve Bozoglu, 2016). Çalışmamızda infrared ışınım ile ısıtma yöntemi, a_w değerini 0.60 değerinin altına düşürerek, mikrobiyal çoğalma açısından sucuk örneklerini güvenilir düzeylere ulaştırmıştır. Düşük nem içeriğine sahip gıdalarda ($<50\%$) nem içeriğinde ortaya çıkan küçük değişiklikler, su aktivitesi değerinde büyük değişikliklere neden olmaktadır (Roopesh vd. 2016). Ön kurutulma uygulanmış hindi göğüs etlerinin nem değerlerinin azalması ile a_w değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Elmas, 2020).

Renk Analiz Sonuçları

Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin renk analizi (L^* , a^* ve b^*) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre farklı ısıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinin L^* , a^* ve b^* parametreleri arasındaki farklılığın istatistiki açıdan önemli ($P<0.01$) olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en düşük L^* (parlaklık) parametrelerinin ısıl işlem uygulanmamış kontrol (CS) örneklerinde olduğu belirlenmiştir. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin L^* parametrelerini artırdığı tespit edilmiştir. L^* parametresinin en yüksek olduğu uygulamanın nemli hava uygulanan yöntem olduğu tespit edilmiştir. Farklı ısıl işlem yöntemleri uygulanmış

sucuk örneklerinin a^* (kırmızılık) parametreleri; 4.96 ile 6.01 arasında değişmiştir. a^* parametresinin en yüksek olduğu uygulamanın kuru havayöntemi, en düşük olduğu uygulamaların ise nemli hava ve infrared yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Sucukların a^* parametreleri üzerine nemli hava ve infraredışınım yöntemlerinin istatistiki olarak farklılık oluşturmadığı saptanmıştır. Infrared ve nemli hava yöntemleri uygulanmış örneklerin a^* parametreleri kontrol (CS) örneğine kıyasla daha düşük; kuru hava yöntemi uygulanmış örneklerin a^* parametresi ise kontrol örneğine kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Sucuk örneklerinin b^* (sarılık) parametreleri belirlenmiş olup, infrared ışınım uygulanmış sucuk örneklerinin en yüksek b^* parametresine sahip olduğu belirlenmiştir. Isıl işlem uygulanan sucuk örneklerinin (IS, KS ve NS), ısıl işlem uygulanmayan kontrol (CS) örneklerine kıyasla daha yüksek b^* parametrelerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda, nemli hava uygulanmış örneklerin b^* parametreleri ve kuru hava uygulanmış örneklerin b^* parametreleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu bulunmuştur.

Çizelge 2. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım (kızılötesi) ile muamele edilen sucuk örneklerinin L^* , a^* , and b^* değerleri

Örnekl er	L^*	a^*	b^*
CS (Kontrol)	22.65±0.0 1 ^c	5.60±0.0 1 ^b	6.80±0.0 4 ^c
IS	23.43±0.0 3 ^{bc}	4.96±0.0 7 ^c	7.99±0.0 8 ^a
KS	23.61±0.4 0 ^b	6.01±0.1 1 ^a	7.22±0.0 5 ^b
NS	24.81±0.0 1 ^a	5.01±0.0 6 ^c	7.28±0.0 5 ^b

Veriler ortalama ± standart hata olarak ifade edilmiştir.

Not: ^{a-c}Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki ($P<0.01$) olarak birbirinden farklıdır.

Kısaltmalar: CS: Isıl işlem uygulanmamış sucuk örnekleri (Kontrol); IS: Infrared ışınım yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; KS: Kuru hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri; NS: Nemli hava yöntemi ile ısıl işlem uygulanmış sucuk örnekleri.

Infrared ışınım; homojen çözünme, daha az damlama kaybı ve etlerde arzu edilmeyen renk değişiminde azalma sağlayabilmektedir (Sakai ve Mao, 2006). Et ürünlerinin yanı sıra donmuş deniz ürünlerinde de infrared ısıtmakullanılmıştır

(Özkoç, 2010).Yapılan bir çalışmada, köfte örneklerinde uygun renk, köfteye olan en az uygulama mesafesi (10.5 cm) ve en uzun uygulama süresine (12 dakika) sahip olan kızılötesi ışınım ile ısıtma teknolojisinde olduğu rapor edilmiştir (Kendirici ve ark., 2014).Huang (2004), hindifrankfurter örneklerinin yüzeylerinin, kızılötesi işlemin hemen ardından kontroldeki örneklerle karşılaştırıldığında görsel olarak daha parlak olduğunu bildirmiştir.Yıldız ve Turp ve ark., (2016) köfte örneklerinin renk, doku ve pişirme özelliklerinin, uygulanan kızılötesi parametrelere göre büyük ölçüde değiştiğini bildirmiştir.Yıldız Turp (2016), kuru hava yöntemi (fırında) ile pişirilen köftelerin a^* parametresinin, diğer yöntemlerle pişirilen köftelerden önemli düzeyde daha yüksek olduğunu belirtmiştir.Farklı ısıl işlemler uygulanmış sucuk örneklerimizde belirlediğimiz renk değerlerinin; daha önceki literatür bulgularıyla örtüştüğü görülmüştür.

SONUÇ

Örneklerin kuru madde değerinin kontrol örneğine kıyasla kuru havanın yükselttiği, infrared ışınımın azalttığı, nemli ısının ise aynı düzeyde tuttuğu belirlenmiştir. Kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemlerinin sucuk örneklerinin protein değerlerini artırdığı tespit edilmiştir. Farklı ısıl işlemler uygulanmasının ardından örneklerin kül değerlerinin azaldığı görülmüştür.pH değeri en yüksek; infrared ışınım uygulanmış örneklerde, en düşük ısıl işlem uygulanmamış kontrol örneklerinde tespit edilmiştir.Uygulanan kuru hava, nemli hava ve infrared ışınım işlemleri sucuk örneklerinin su aktivitesi değerlerini düşürmüştür.En düşük su aktivitesinininfrared ışınım ile ısıtma yönteminde saptandığı, bu nedenle mikrobiyal çoğalma açısından sucuk örneklerini güvenilir düzeylere ulaştırdığı tespit edilmiştir.Isıl işlemlerin tamamının sucuk örneklerinin L^* ve b^* parametrelerini yükselttiği tespit edilmiştir.Kontrol örneklerine kıyasla nemli hava ve infrared ışınım yöntemleri sucukların a^* parametrelerini düşürmüş, kuru hava yöntemi yükseltmiştir.Yeni alternatif ısıtma ve pişirme yöntemlerinden infrared radyasyon teknolojisi yeterince değerlendirilmemiş olmakla birlikte, gıda alanında birçok amaçla kullanılabilecek potansiyeli bulunmaktadır.Infrared teknolojisinin, tek başına veya diğer yöntemlerle kombine şekilde

endüstriyel boyutlarda kullanılabilmesi ve et ürünlerinin çeşitli kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır. Çalışmamızda tespit edilen bulgulara göre, infraredışınım teknolojisinin, sucuk ve diğer et ürünlerinde ısıtma ve pişirme alanlarında kullanımı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Aktaş, A., Özdemir, B. 2012. Otel işletmelerinde mutfak yönetimi. Detay Yay.
- [2] Adak, N., Heybeli, N., Ertekin, C. 2017. Infrareddrying of strawberry. FoodChemistry, 219, 109-116.
- [3] Anonim 2023. <https://www.foodelphi.com/kizilotesi-infrared-isinlarin-gida-endustrisinde-kullanimi/> Erişim Tarihi: 27.07.2023.
- [4] AOAC, 2000. Official methods of analysis (17th ed.). Washington, D.C: Assn. of Official Analytical Chemists.
- [5] Biesalski, H. K. 2005. Meat as a component of a healthy diet-Are there any risk or benefit if meat is avoided in the diet. Meat Science, 70, 509-524.
- [6] Culinary Fundamentals 2006. Food science basics. The American Culinary Federation St. Augustine, Florida. Compiled by the Culinary Institute of America, NY, s.67-76.
- [7] Elmas, F. 2020. Puf kurutma yöntemi ile hindi göğüs etinin kurutulması. Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- [8] Erdem, N., Gökmen, S. 2022. Farklı pişirme yöntemleri ve bazı gıdaların kalite özellikleri üzerine etkileri. 2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences October 15 - 18, 2022: Konya, Turkey.
- [9] Erkmén, O., Bozoglu, T. F. (Ed.). 2016. Food Microbiology: Principles into Practice: Vol. 2. John Wiley & Sons, Somerset, NJ.
- [10] Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö. 1999. Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- [11] Gökalp, H. Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö. 2010. Et ürünleri işleme mühendisliği, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi.
- [12] Gökalp, H. Y., Kaya, M., Zorba, Ö. 2002. Et ürünleri işleme mühendisliği, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- [13] Huang, L. 1991. Infrared surface pasteurization of turkey frankfurters. Innovative Food Science and Emerging Technologies, ABD, 2004, 5, 345-351.
- [14] Hunt, M.C., Acton, J.C., Benedict, R.C., Calkins, C.R., Cornforth, D.P., Jeremiah Le Olson, D.P., Salm, C.P., Savell, J.W., Shivas, S.D. 1991. Guidelines for Meat Color Evaluation. National Live Stock and Meat Board Chicago, III, 1-17.
- [15] Jiménez-Sánchez, C., Lozano-Sánchez, J., Segura-Carretero, A., Fernández-Gutiérrez, A. 2017. Alternatives to conventional thermal treatments in fruit juice processing. Part 1: Techniques and applications. Critical Reviews In Food Science And Nutrition, 2017, 57 (3), 501-523.
- [16] Kaplan, M. 2020. Kandıra sahilinden toplanan beyaz kum midyesinin (*Chameleagallina* L., 1753) farklı ısıtma yöntemleriyle kabuklarının açılması ve pişirilmesinin midye eti verimi ve kimyasal kompozisyonuna etkileri. Yüksek Lisans Tezi Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [17] Karakaya, M. 2013. Et bilimi ve teknolojisi. Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya.
- [18] Kendirci, P., İcier, F., Kor, G., Altug-Onogur, T. 2014. Influence of infrared final cooking on polycyclic aromatic hydrocarbon formation in ohmically pre-cooked beef meatballs. Meat Science, 97, 123-129.
- [19] Kor G. 2012. Sürekli sistem kızılötesi yüzey pişirme işleminin yarı pişmiş köfte örneklerine uygulanması, performans değerlendirmesi ve matematiksel modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2012, 315647.
- [20] Krishnamurthy, K., Khurana, H.K., Jun, S., Irudayaraj, J., Demirci, A. 2008. Infrared heating in food processing: An overview, Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7, 2-13.
- [21] Kristensen, L., Stoier, S., Würtz, J., Hinrichsen, L. 2014. Trends in meat science and technology: The future looks bright, but the journey will be long, Meat Sci., 98(3), 322-329.
- [22] Lee, S.H., Choi, W., Jun, S. 2016. Conventional and emerging combination technologies for food processing, Food Eng Rev, 8, 414-434.
- [23] Mathijs, E. 2015. Exploring future patterns of meat consumption. Meat Sci., 109 (1), 112-116.
- [24] McNeill, S., Van Elswyk, M.E. 2012. Red meat in global nutrition, Meat Sci., 92(3), 166-173.
- [25] Misra, N.N., Koubaa, M., Roohinejad, S., Juliano, P., Alpas, H., Inácio, R.S., Saraiva, J.A., Barba, F.J. 2017. Landmarks in the historical development of twenty-first century food processing Technologies, Food Research International, 97(3), 18-339.
- [26] Özkoç, S.Ö. 2010. Kızılötesi ve kızılötesi kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. Gıda 35(3), 211-218.
- [27] Roopesh, M., Syamaladevi, Tang, J., Villa-Rojas, R., Sablani, S., Carter, B., Campbell, G. 2016. Influence of water activity on thermal resistance of microorganisms in low-moisture foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. Vol. 15.
- [28] Sakai, N., Mao, W. 2006. Infrared heating. In Thermal Food Processing New Technologies and Quality Issues, Edited by D.W. Sun, Boca Raton, Florida, 493-527p.
- [29] Snedecor, G. W., Cochran, W. G. 1980, Statistical Methods, USA, The Iowa State University Press, Ames, Iowa, p. Troller, J., 2012. Water activity and food, Elsevier, p. 235.
- [30] Türkan, C. 2012. Mutfak Teknolojileri, Ankara: Sistem Ofset.
- [31] Yılmaz Tuncel, N., Tuncel, N. B. 2016. Kızılötesi teknolojisi ve gıda işlemedeki kullanımı. Akademik Gıda 14(2), 196-203.

- [32] Wang, L. 2014. Energy efficiency technologies for sustainable food processing. *Energy Efficiency*, 7, 791-810.
- [33] Yalçın, S. 2019. Gıda işlemede kızıl ötesi uygulaması. *Ganud International Conference On Gastronomy, Nutrition And Dietetics*. November 22-24, 2019 Gaziantep – TURKEY
- [34] Yildiz Turp, G, Icier, F., Kor, G. 2016. Influence of infrared final cooking on color, texture and cooking characteristics of ohmically pre-cooked meatball. *Meat Science*, 114, 46-53. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.006>
- [35] Yildiz Turp, G. 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. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.05.016>