

Fermente Sosis Formülasyonlarında Uygulanan Yenilikçi Yaklaşımlar

Meltem Serdaroğlu , Gamze İpek 

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

Geliş Tarihi (Received): 09.11.2018, Kabul Tarihi (Accepted): 02.04.2019

✉ Yazışmalardan Sorumlu Yazar (Corresponding author): meltem.serdarpoglu@ege.edu.tr (M. Serdaroğlu)

☎ 0 232 311 13 14 📠 0 232 311 48 31

ÖZ

Son yıllarda, tüketicilerin sağlıklı beslenme konusundaki bilinç düzeyi ve beklentilerindeki değişim ile birlikte, gıda endüstrisinde kolesterol, yağ ve tuz içeriği azaltılmış aynı zamanda fonksiyonel olarak geliştirilmiş daha sağlıklı gıda ürünlerinin formüle edilmesine yönelik araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) çalışmaları hız kazanmıştır. Yüksek oranda doymamış yağ, kolesterol ve tuz içermeleri, kürlenme katkısı olarak kullanılan nitritin karsinogen N-nitrozamin bileşiklerinin oluşumuna neden olması tüketicilerin fermente et ürünlerine kaygıyla yaklaşmalarına neden olmaktadır. Bu nedenle sağlığı ön planda tutan, fonksiyonel olarak geliştirilmiş, besleyici değeri yüksek ürün formülasyonlarının geliştirilmesi konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Bu makalede, fermente et ürünlerinde hayvansal yağın ve kullanılan doğal olmayan katkı maddelerinin olumsuz etkilerini azaltacak ve/veya ortadan kaldıracak sağlıklı ürün formülasyonlarının geliştirilmesi konusunda yürütülen çalışmalar derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fermente Sosisler, Sucuk, Nitrit, Tuz, Diyet Lifi

Novel Approaches on Fermented Sausage Formulations

ABSTRACT

In recent years, research and development studies have accelerated to formulate healthier, functional food products with a reduced fat, cholesterol, and salt content in food industry as a result of the changes in consumer expectations. Meat and meat products are important sources of proteins, vitamins and minerals, but they also contain saturated fatty acids, cholesterol, salt and nitrite which interacts with secondary amines to form carcinogenic N-nitrosamine compounds. Therefore, healthy product formulations to reduce and/or eliminate negative effects of animal fat, salt and nitrite additives in fermented meat products have been continuously studied. In this study, researches on healthy fermented meat product formulations to reduce and/or eliminate negative effects of animal fat and some additives in fermented meat products are presented.

Keywords: Fermented sausages, Sucuk, Nitrite, Salt, Dietary fiber

GİRİŞ

Tüketicilerde son yıllarda belirgin olarak gelişen diyet ve sağlık arasındaki yakın ilişki farkındalığı et endüstrisini daha sağlıklı ürün formülasyonlarının geliştirilmesi konusunda motive etmekte; et ürünleri formülasyonlarında yağın azaltılması, yağ asidi kompozisyonunun modifikasyonu, sağlık üzerine olumlu

etkileri olan fonksiyonel bileşenlerin kullanılması ve sentetik katkı maddelerinin doğal katkı maddeleri ile değiştirilmesi konularındaki araştırma- geliştirme çalışmaları yoğunlaşmaktadır.

Et ve et ürünlerinin fermente edilerek işlenmesi, bilinen en eski koruma tekniklerindedir. Fermente et ürünleri, düşük pH ve su aktivitesi, yüksek tuz konsantrasyonu,

düşük nem içeriği ile uzun raf ömrüne sahip olan ürünlerdir. Fermente sosisler, et ve yağın boyutlarının küçültülmesi, baharatlar, şeker, tuz ve kürlenme maddelerinin (nitrit) eklenmesi, doğal veya yapay kılıflara doldurulması ve belirli bir sıcaklık ve bağlı nemde fermentasyon ve olgunlaştırma işlemi uygulanması sonucu üretilen et ürünleridir [1, 2]. Karbonhidratlar, proteinler ve yağlarda fermentasyon ve olgunlaşma sırasında gerçekleşen değişimlerle birlikte, fermente sosislerde karakteristik renk, lezzet ve tekstür gelişmekte, mikrobiyolojik güvenilirlik sağlanmakta ve raf ömrü uzatılmaktadır [3, 4]. Fermente sosislerin yüksek oranda doymuş yağ ve kolesterol içermesi, genelde kurutma işlemi sonrasında tuz oranının artması ve ürün formülasyonunda kullanılan nitrat ve türevlerinin sağlığa olumsuz etkileri sebebiyle sağlıklı diyetteki tüketimini sınırlandırmaktadır. Fermente sosislerde yağ, teknolojik kalite ve duyu özellikleri olumlu yönde etkilemektedir, ancak, yüksek oranda doymuş yağ ve kolesterol içeren ürünlerin fazla miktarlarda tüketilmesinin ve kalp damar hastalıkları ve bazı kanser türlerinin gelişimi ile yakın ilişkili olduğu bilinmektedir [5]. Bu nedenle formülasyonda yağın azaltılması ve bitkisel yağlar kullanılarak yağ asitleri kompozisyonunun modifiye edilmesi birçok çalışmaya konu olmuştur. Fermente et ürünleri yüksek oranda tuz (NaCl) içermektedir [6], ürün kalitesini etkilemeden günlük tuz tüketimini azaltmak amacıyla NaCl yerine KCl, CaCl₂, ve MgCl₂ gibi diğer tuzlar veya maya ekstraktları ile birlikte veya tek başına kullanılması ve bu formülasyon değişikliklerinin engel teknolojileri ile kombine edilmesi, güncel alternatif uygulamalar arasında yer almaktadır [7]. Fermente et ürünlerinde nitrit, karakteristik renk ve lezzet oluşumuna önemli katkı sağlamakta, oksidasyonun engellenmesinde rol oynamakta ve en önemlisi *Clostridium botulinum* sporlarının inhibisyonunu sağlamaktadır [8]. Ancak kanserojen nitrozamin bileşiklerinin oluşumunda rol oynayan kalıntı nitrit miktarının azaltılması amacıyla nitrit alternatifi olarak kullanılacak doğal katkı maddeleri arayışı sürdürülmektedir [9].

Et endüstrisinde daha sağlıklı formülasyonların geliştirilmesi konusundaki çalışmalar; yağ, kolesterol ve tuz miktarının azaltılması, yağ asidi profilinin modifiye edilmesi, biyoyararlılığın artırılması, prebiyotik ve probiyotikler, vitaminler, mineraller ve doğal antioksidanlar gibi katkıların kullanılması gibi konular üzerinde odaklanmaktadır [10].

Bu derlemede, fermente et ürünlerinde sağlıklı ürün formülasyonlarının geliştirilmesine yönelik yapılan çalışmalar literatüre dayandırılarak incelenmiştir.

FERMENTE ET ÜRÜNLERİ FORMÜLASYONLARINDA YAĞ ASİTLERİ MODİFİKASYONU

Hayvansal yağ, et ürünlerinde karakteristik lezzet, sululuk, tekstür ve ısı transfer hızını belirleyen önemli bir bileşendir. Fermente sosislerde kurutma işlemi sonrasında ürün kompozisyonundaki miktarı %30-40 düzeylerine ulaşabilen granüler yapıdaki hayvansal yağın et partikülleri ile oluşturduğu mikro kapiler kanallar

sayesinde, ürünün kuruması sırasında suyun merkezden dışarıya doğru uzaklaşmasını sağlamak gibi önemli bir işlevi de bulunmaktadır [5]. Ürün formülasyonundaki yağın duyu ve teknolojik kalite üzerine olumlu etkileri olmakla birlikte, yüksek miktarda yağ ve kolesterol tüketiminin insan sağlığı üzerine olan olumsuz etkileri tüketicilerin et ürünlerine olan talebini kısıtlamaktadır. Dünya Sağlık Teşkilatı [11], günlük toplam kalori ihtiyacının en çok %30'unun yağlardan, toplam enerji ihtiyacının ise en çok %10'unun doymuş yağlardan karşılanması ve günlük alınan kolesterol miktarının, 300 mg'ı geçmemesi gerektiğini belirtmektedir. Bu nedenlerle, son yıllarda et endüstrisi et ürünlerinde daha sağlıklı yağ asidi kompozisyonları sağlayan yenilikçi formülasyonların geliştirilmesi konusundaki çalışmalara hız vermiştir. Et ürünlerinde toplam kaliteyi etkilemeksizin yağ miktarını azaltmak amacıyla; nispeten yağsız hammadde kullanımı, yağ ikamesi olarak ve formülasyondaki fazla suyu absorbe edebilmek amacıyla bitkisel ve hayvansal kaynaklı çeşitli protein ve polisakkaritlerin eklenmesi ve yağın emülsifiye edilerek kullanılması yoluyla formülasyondaki yağ miktarının seyreltilerek azaltılması gibi çeşitli stratejiler uygulanmaktadır [12, 13].

Formülasyondaki yağ miktarının doğrudan azaltılması, ürünün fiziksel, kimyasal ve duyu özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir [13, 14]. Yağı azaltılan fermente sosislerde ürün tekstürü ve duyu kalite olumsuz olarak etkilenmekte ve yağın azaltılması nedeniyle kuruma problemleri de ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yağın azaltılması ürünlerin oksidatif reaksiyonlara olan dayanıklılığını artırmaktadır. Isıl işlem gören sucuk formülasyonlarında %20, 25, 30, 35, 40, 45 ve 50 oranlarında sığır et yağı kullanılmış ve ürün kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Yağ oranının artmasına bağlı olarak sertlik ve sakımsızlık değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Yağ oranı ve depolama periyodu renk ve oksidasyon üzerinde etkili olmuştur. En yüksek dış yüzey parlaklık değerinin %50 yağ kullanılan örneklerde olduğu, kırmızılık değerlerinin depolama boyunca azaldığı ve sarılık değerlerinin artan yağ miktarına karşılık azaldığı saptanmıştır. En düşük TBA değeri (0.25 mg MA/kg örnek) 1. haftada %20 yağlı örneklerde gözlenmiş olup depolamaya bağlı olarak artmıştır [15].

Fermente sosislerde yağ asidi profilinin doymamış yağ asitlerince zenginleştirilmesi amacıyla modifiye edilmesi genellikle ürün formülasyonunda yer alan hayvansal yağın, sağlıklı bitkisel yağlar ile yer değiştirilmesi ile mümkün olmaktadır. Bitkisel yağların kolesterol içermemesi ve hayvansal yağlardan daha yüksek oranda doymamış yağ asitlerini içermesi fermente sosislerde yağ asidi modifikasyonu ve kolesterol miktarının azaltılması amacıyla kullanımlarını yaygınlaştırmaktadır [13]. Bu konuda yapılan araştırmalar incelendiğinde, bitkisel kaynaklı yağlardan genellikle soya yağı [16], pamuk yağı [17], zeytinyağı [18], hidrojene bitkisel yağlar [19], fındık yağı [20], mısır yağı [21], keten tohumu yağı [22], palm yağı ve interesterifiye hurma çekirdeği yağlarının [23] hayvansal yağ ile yer değiştirilerek kullanılmasının yağ asidi modifikasyonunu sağladığı ve kolesterol miktarını

azaltıldığı belirtilmektedir. Geçgel ve ark. [24], sucuk formülasyonunda sığır et yağının %10, 20, 30 oranlarında soğuk pres ceviz, fındık, aspir yağları ve zeytinyağı ile ikame edildiğinde, artan bitkisel yağ ikamesinin ve 90 günlük depolama süresinin serbest yağ asitliği ve peroksit değerlerinde artışa neden olduğu ve çoklu doymamış yağ asitleri içeriğinin en çok %30 ceviz yağı eklenen sucuklarda saptandığını bildirmişlerdir.

Fermente et ürünlerinde bitkisel kaynaklı yağların hayvansal yağlar yerine kullanılması, sağlıklı yağ asidi kompozisyonunun elde edilmesini sağlamakla birlikte bazı teknolojik sorunlara neden olabilmektedir. Yapılan araştırmalar, bitkisel kaynaklı yağların fermente et ürünlerinde dokuda yumuşama, görünümde bozukluk, dilimleme zorluğu ve yağ oksidasyonunun hızlanması gibi problemleri de beraberinde getirdiğini ortaya koymaktadır [13]. İlikkan ve ark. [25], sığır et yağı ile formüle edilen sucuklara %2.5 ve 5 oranlarında fındık yağı ilavesinin ürün kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kullanılan fındık yağı oranındaki artışa bağlı olarak daha parlak yüzey görünümü sağlandığı, dokuda yumuşama olduğu ve TBARS değerlerinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir. Nacak [26], ısıtma işlem görmüş dana sucuklarında sığır et yağının %15 ve 30 oranlarında zeytinyağı ile ikame edilmesinin peroksit, TBARS ve toplam karbonil değerlerinin artışına neden olduğunu saptamıştır. Bitkisel kaynaklı yağların kullanımı ile ortaya çıkan bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak amacıyla yağların enkapsüle edilerek ve/veya emülsiyon olarak kullanılması konusunda çeşitli araştırmalar sürdürülmektedir [27-29]. Kuru fermente sosis formülasyonunda domuz sırt yağı ikamesi olarak keten tohumu yağı doğrudan, aljinat veya soya proteini ile emülsiyon edilerek kullanılmış, aljinat ile emülsiyon edilen keten tohumu yağı eklenen örnekler dışında diğer gurupların kontrol örnekleri ile benzer özellikleri taşıdığı saptanmıştır [30]. İspanyol tipi fermente sosis olan Chorizo formülasyonunda, zeytinyağı, keten tohumu ve balık yağı, glukomannan içeren konjak matriks içinde stabilize edilmiş, örneklerde n-6/n-3 oranının arttığı duyusal özelliklerin ise olumsuz etkilendiği saptanmıştır [31]. Emülsiyon edilerek kullanılan bitkisel yağlar, et sistemlerinde su ve yağı tutarak su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır. Isıtma işlem görmüş sucuklarda keten tohumu yağı ve fıstık yağı ile hazırlanan soğuk jel emülsiyonların hayvansal yağ ile %20 oranında yer değiştirilmesi sucukların TBARS değerlerinin artmasına neden olmakla birlikte teknolojik kalite ve duyusal özelliklerin gelişmesini sağlamıştır [22]. Kurutulmuş fermente sosislerde karagenan ve keten tohumu yağı ile hazırlanan O/W jel emülsiyonları %26.3, 32.8 ve 39.5 oranlarında kullanılmış, O/W jel emülsiyonu kullanılan gruplarda α -linolenik asit miktarı artmış, peroksit ve TBARS değerleri kontrol örnekleriyle benzer bulunmuştur [32].

FERMENTE SOSİSLERDE DİYET LİFİ KULLANIMI

Diyet lifleri sindirime dirençli oligosakkaritler ve fruktooligosakkaritler olarak tanımlanır ve sudaki çözünürlüklerine göre çözünen ve çözünmeyen lifler olarak sınıflanır [33]. Diyet liflerinin, kalp damar

hastalıkları, yüksek tansiyon, diyabet ve obezite gibi önemli sağlık problemleri üzerine olumlu etkileri söz konusudur [34]. Diyet lifleri yüksek su ve yağ tutma, mineral ve organik molekül bağlama kapasitesine sahiptir [5, 35, 36, 37]. Yağı azaltılmış fermente sosislerde ortaya çıkan duyusal ve teknolojik problemler diyet liflerinin ilavesi ile azaltılabilmektedir. Et ürünlerinde şeftali, elma ve, buğday, yulaf lifleri [38], turuncu albedosu [39], soya [40], havuç [41], portakal [42], kara havuç liflerinin [5] ve inülinin [43] kullanımı araştırılmıştır. Yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde, yağı azaltılmış fermente sosislere diyet lifi ilavesi ile ürün tekstürünün olumlu yönde etkilendiği, duyusal kalitenin geliştiği, kalıntı nitrit miktarının azaldığı, pişirme ve ağırlık kayıplarının azaldığı, lipid oksidasyonunun yavaşladığı, kolesterol ve enerji miktarının azaldığı bulgulanmıştır. Kuru fermente tavuk sosisleri formülasyonunda %9 mısır yağı ile birlikte %7 oranında inülin kullanılmış, fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal kaliteyi etkilemediği bildirilmiştir. İnülin ilave edilen örneklerin yağ ve protein değerleri, inülin kullanılmayan örneklerle kıyasla azalırken karbonhidrat değerleri önemli düzeyde artmış ($P<0.05$), inülin ile formüle edilen örneklerin, daha sert ve daha az elastik olduğu ($P<0.05$), duyusal açıdan ise önemli fark oluşturmadığı saptanmıştır [43]. Akoğlu ve ark. [44], bakteriyel selüloz fermente sucuk üretiminde yağ ikamesi olarak kullanılabilirliğini, bakteriyel selüloz kullanılan örneklerin kontrol örneklerinden farklı duyusal özellikler göstermediğini bildirmişlerdir. %20 domuz yağı ile formüle edilen fermente sosislerde domuz sırt yağı %25, 50 ve 75 oranında kollajen ve diyet lifi (MCG 0018) karışımı ile yer değiştirilerek kullanılmış, diyet lifi içeren karışımın kullanım miktarına bağlı olarak yağ içeriği önemli ölçüde azalırken, nem, protein ve kül içeriği artmış, depolama sırasında lipid oksidasyonunun azaltılması ve duyusal özelliklerin korunmasında etkili olduğu saptanmıştır [45]. Jung ve ark. [33], %1.5 pirinç kepeği lifi ve %1.5 buğday liflerinin olgunlaşma ve depolama sırasında fermente sosislerin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerini incelemiştir. Diyet lifi eklenmiş grupların olgunlaşma dönemlerinde hızlı bir pH düşüşü gerçekleştiği, su aktivitesi değerlerinin daha yüksek seyrettiği rapor edilmiş, fermente sosislerde laktik asit bakterileri sayıca en çok pirinç kepeği lifli kullanılan gruplarda saptanmış olup fermente sosislerde diyet liflerinin eklenmesi, laktik bakterilerin ve fermantasyon gelişimini teşvik ettiğini ve fonksiyonel fermente sosislerin geliştirilmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir.

FERMENTE SOSİS FORMÜLASYONLARINDA TUZ MİKTARININ AZALTILMASI

Yüksek oranda tuz (NaCl) tüketiminin hipertansiyon, kalp-damar hastalıkları, diyabet ve böbrek hasarı gibi sağlık problemleri ile yakın ilişkisi olduğu bilinmektedir [46]. Dünya Sağlık Teşkilatı, tuz tüketiminin günde 5 g'dan fazla olmaması gerektiğini önermektedir [11]. Ülkemizde ve dünyada tuz tüketimi, günlük alım miktarlarının (9-12 g/gün) oldukça üzerindedir. Tuz, et ürünlerinde lezzetin geliştirilmesinde ve mikrobiyal güvenliğin sağlanmasında önemli etkilere sahip olmanın yanı sıra, et ürünlerinde olgunlaşma süresince

biyokimyasal ve enzimatik reaksiyonları etkileyerek miyofibriler proteinlerin çözünürlüğünü, dolayısıyla tekstür gelişimi ve ürün lezzetinin oluşmasına katkı sağlamaktadır. Tuzun antimikrobiyal etkisi, mikroorganizmaların gelişmesi için mevcut serbest su miktarı olarak tanımlanan su aktivitesini (a_w) azaltma özelliğine dayanır, buna bağlı olarak patojen mikroorganizmaların ozmotik şoka maruz kalmasıyla hücre ölümleri gerçekleşmekte ve böylece mikrobiyal üreme kontrol altında tutularak ürünün raf ömrü uzamaktadır [7]. Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, et ürünlerinde tuz miktarının azaltılmasının üründe kalite problemlerine neden olacağı, aynı zamanda da ürünün mikrobiyolojik güvenilirliğinin de azalacağı görülmektedir.

Et ürünlerinde algılanan tuzluluğunun, tüketicilerin üründen beklediği tekstür ve lezzet farklılıkları olmadan ve mikrobiyolojik güvenirliliğin sınırlanmadan azaltılması, tuzun işlevlerini yerine getiren düşük sodyum karışımları, tuz alternatifleri, lezzet artırıcıların kullanılması ve yüksek basınç ve ultrases uygulamaları gibi tekniklerin üretim sürecine dahil edilmesi ile mümkün olmaktadır [7]. Fermente sosis formülasyonlarında tuz miktarının %40-50 oranlarında azaltılması, ürünlerin tekstür, lezzet ve duyu özelliklerini olumsuz etkilemekte, %16 gibi düşük oranda azaltılması ile daha olumlu sonuçlar elde edilebilmektedir [47], NaCl yerine KCl [48] ve CaCl₂ [49] kullanılması duyu açıdan bir fark oluşturmamaktadır. Isıl işlem görmüş fermente sosislerde tuzun azaltılması amacıyla %25+75 oranlarında kullanılan NaCl ve KCl karışımının neden olduğu kalite problemleri lizin, taurin, disodyum inosinat, disodyum guanilat ve lizin eklenmesi ile giderilmiştir [50]. Düşük yağ ve tuz oranına sahip kuru fermente sosis formülasyonlarına *Debaryomyces hansenii* suşu inoküle edilmiş ve ürün kalitesi değerlendirilmiştir, tuz (%17-20) ve yağ (%10-16) miktarındaki azalmalar, sosislerin, sertlik ve çiğnenebilirlik değerlerinde artışa neden olmuş, maya inokülasyonunun, yağı veya tuzu azaltılmış kuru fermente sosislerde aroma ve lezzeti artırdığı saptanmıştır [47].

Yüksek basınç uygulaması (HPP), tuzu azaltılmış et ürünleri üretiminde başarılı bir şekilde uygulama alanı bulmaktadır [51]. HPP, 300-600 MPa basınç aralıklarında, düşük sıcaklıklarda mikroorganizmaların hücre yapısını etkileyen, ürünün lezzet, tekstür, görünüm ve besin değerine ise olumsuz etkisi olmayan bir koruma tekniğidir [52]. HPP ile *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* ve *L. monocytogenes* gibi patojenlerin yanı sıra mayalar, *Pseudomonas* ve laktik asit bakterileri gibi bozulma yapan mikroorganizmaların da etkisiz hale getirildiği saptanmıştır [53].

Ultrases uygulaması 1 W/cm²'den daha yüksek yoğunluklarda ve 20 ile 100kHz arasındaki frekanslarda uygulanan yüksek ses dalgaları ürünlerin redoks reaksiyonları, enzim inaktivasyonu ve protein ekstraksiyonu amacıyla kullanılan ısıl olmayan koruma yöntemidir [54]. Ultrases uygulaması mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlayan bir yöntem olmakla birlikte etin tuzlanması sırasında tuz

transferini artırması nedeniyle işlenmiş et ürünlerinin raf ömrünü, lezzetini, sertliğini ve sululuğunu artırma ve tuz miktarının azaltılmasına yönelik bir uygulama olarak görülmektedir [7].

FERMENTE SOSİSLERDE NİTRİT ALTERNATİFİ KATKILAR

Et ve et ürünlerinde nitrat ve nitrit tuzları kullanımının, karakteristik renk ve lezzet gelişimini hızlandırmak, lipid oksidasyonunu kontrol etmek ve özellikle vakum altında ambalajlanmış et ürünlerinde *C.botulinum* ve sporlarına karşı antimikrobiyal etki sağlamak gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır [55]. Bununla birlikte nitrit, sekonder aminler ve diğer azotlu maddelerle reaksiyona girerek karsinojenik N-nitroso bileşiklerinin oluşmasına yol açmaktadır [56, 57]. Yapılan araştırmalar, işlenmiş etlerden nitrat/nitrit alımı ve kanser gelişimi arasında güçlü bir ilişki olduğu sonucunu ortaya koymaktadır [58]. Bu nedenle, nitrit/nitrat kullanımına ilişkin yasal sınırlamalar getirilmiştir, Avrupa Komisyonu Yönergesi (2006/52/EC) [59], kuru fermente et ürünlerinde maksimum nitrat ve nitrit seviyesini 150 ppm ve nitrit içermeyen uzun süre kürlenmiş et ürünlerinde maksimum nitrat seviyesi 250 ppm olarak belirlenmiştir. Ülkemizde ısıl işlem uygulanmayan et ürünleri (fermente sucuk ve pastırma hariç) için maksimum nitrat seviyesi 150 ppm olarak belirlenmiştir [60]. Et ürünleri formülasyonlarında nitrit ve nitratlar potansiyel sağlık riskleri nedeniyle tüketiciler üzerinde olumsuz etkiye neden olmaktadır. Tüketici taleplerini karşılamak amacıyla et ürünlerinde nitrit ve nitratların kullanım miktarının azaltılması veya bu katkı maddelerinin diğer bazı doğal katkılarla ikame edilme olanağının araştırılması et endüstrisi Ar-Ge faaliyetlerinde önemli bir gündem oluşturmaktadır [56, 61].

Nitrit ve nitratlar, çoğunlukla sentetik katkı maddeleri olarak tanınmakta, diyetle tüketilen tüm nitrit ve nitratların karsinojen olduğu ve doğal kaynaklardan elde edilemeyeceği yönünde yanlış düşünceler bulunmaktadır. Ancak, bazı yeşil yapraklı ve kök bitkiler ve meyveler topraktaki nitratı doğal olarak özümlemekte ve bünyelerinde nitrat barındırmaktadırlar. Nitrat içeren sebzeler tüketildiğinde, ağız florasında bulunan bakteriler nitratı nitrite indirgemekte, ardından nitrit midedeki asidik ortamda nitrik okside dönüşmektedir [61]. Sebzeler arasında nitrat konsantrasyonu açısından önemli farklılıklar bulunmakta olup, nitrat içeriği 1-10.000 mg/kg gibi geniş bir aralıkta değişebilmektedir [56].

Et ürünlerinde kullanılan nitrit ve kalıntı nitrit miktarının azaltılması, bitkisel kaynaklı doğal katkıların, organik asitlerin, mikrobiyal kaynakların kullanımı, ışınlama, yüksek basınç ve engel teknolojisi uygulamaları ile sağlanabilmektedir [56, 62]. Bileşimlerinde doğal olarak nitrat içeren bitkisel kaynaklı katkıların yaygın olarak kullanımı söz konusudur [63, 64]. Gabaya ve ark. [65], taze ispanaktan izole ettikleri *Staphylococcus carnosus*'un kürlenmiş domuz eti örneklerinde kalıntı nitrit miktarının azaltılmasında, doğrudan nitrit ile muamele edilmiş örneklere kıyasla daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. Bitkisel kaynaklı katkıların bir diğer avantajı ise, yağ oksidasyonunu yavaşlatma

etkileridir. Sığır eti sucuk örneklerinde %0.12 pancar tozu ve 50 mg/kg nitrit kullanılan grupta yağ oksidasyonunun en düşük düzeyde gerçekleştiği saptanmıştır [66]. Kurçubic ve ark. [67], fermente sosislerde nitrit yerine %3'lük 30.0 g/kg ve %10'luk 12.5 g/kg Rus hibisküsü ekstraktı eklenmesinin yağ oksidasyonunu yavaşlattığı, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Bacillus subtilis* ve *Aspergillus niger*'in daha düşük konsantrasyonlarda inhibisyonunu sağladığı ve ürünün duyu özelliklerini olumsuz yönde etkilemediğini ortaya koymuşlardır. Fermente domuz sosisinde %0,8 ve 1,0 oranında siyah pirinç kepeği tozu kullanılmış, lipit oksidasyonunun yavaşlattığı ve sosislerin, 120 ppm nitrit kullanılan kontrol örneklerine kıyasla daha yüksek seviyelerde antosiyaninler, toplam fenolik madde ve antioksidan özellik gösteren bileşikler içerdiği saptanmıştır [68]. Fermente et ürünlerinde kullanılan nitrat/nitrit miktarını ve kalıntı nitrit miktarını azaltmak starter kültür olarak laktik asit bakterilerinin kullanımıyla da mümkün olabilmektedir. Paik ve Lee [69], kimchiden izole edilen, nitrit indirgeme yeteneğine sahip *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus curvatus*, *Lactobacillus plantarum*, ve *Lactobacillus sake* kültürlerinin fermente sosislerde nitritin indirgenmesinde başarılı sonuç verdiğini saptamıştır. Yapılan başka bir çalışmada *Escherichia coli* ve/veya *L. casei*'nin fermente sosislerde kalıntı nitrit miktarını azalttığı saptanmıştır [70]. Sun ve ark. [71], *L. pentosus*, *L. curvatus* ve *L. sake* starter kültürlerinin fermente, kurutulmuş sosis örneklerinde kalıntı nitrit miktarının azaltılmasında başarılı sonuç verdiğini bildirmişlerdir. Çin'e özgü fermente kuru sosislerde nitrit miktarını azaltıcı etkiye sahip *Lactobacillus* suşu kullanılmış, olgunlaşma aşamasında nitrit hızlı bir şekilde azalmış, ortam asitliğinde artış meydana gelmiş ve Enterobacteriaceae sayısının azalması sağlanmıştır [72]. Fermente et ürünlerinde daha düşük seviyelerde nitrit kullanımı ve kalıntı nitrit miktarının azaltılmasına yönelik girişimlerde, engel teknolojisi de önerilen uygulamalardan biridir. Bu uygulamalar, gama, elektron ve X-ray ışınları, HPP, ozon, vurgulu elektrik alan, vurgulu UV ışınları, ultrases, ohmik, mikrodalga ve radyofrekans, gibi ısı olmayan koruma tekniklerini kapsamaktadır [73]. HHP özellikle *C. botulinum* sporlarını inaktive etmek ve mikrobiyolojik güvenirliliği sağlama konusunda geniş bir kullanım alanına sahiptir ve uygulandığı gıdanın duyu kalitesini de koruyan termal olmayan bir koruma tekniğidir [74]. Yapılan bir çalışmada, düşük asitli fermente et ürününde biyokoruyucu kültürler olarak *Enterococcus faecium* ve 600 MPa, 5 dk HHP işleminin, kombine şekilde uygulanmasının olumlu sonuç verdiği rapor edilmiştir [55]. Benzer bir uygulamada 10 ve 20 kGy gama ışınları ile birlikte 0, 150 ve 300 ppm konsantrasyonlarda nitrit kullanılmış, *C. botulinum* sporları (107 spor/g) üzerinde etkileri incelenmiş, 150 ppm nitritin, olgunlaştırma sonunda, mikroorganizma başlangıç sayısını ancak yarısına kadar indiremediği, >10 kGy kullanılan ışınlanmanın ise kalıntı nitrit miktarını azaltmada tek başına olumlu sonuç verdiği bildirilmiştir [75].

DiĞER DOĞAL KATKILAR VE UYGULAMALAR

Son yıllarda tüketicilerin gıda ürünlerinin doğal katkı ve bileşenler ile formüle edilmesi konusundaki taleplerinin artmasıyla birlikte, et ürünleri formülasyonlarında ürün kalitesini ve teknolojik özellikleri iyileştirmek ve raf ömrünü uzatmak amacıyla kullanılan sentetik katkı maddelerinin yerine doğal katkı maddelerinin kullanılması yaygınlaşmaktadır [76, 77]. Doğal kaynaklı antioksidanlar, fenolik bileşikler, doğal renklendiriciler ve probiyotikler fermente et sosislerde kullanılan doğal katkı maddelerine örnek olarak verilebilir [78].

Yüksek polifenol içeriğine sahip meyve, sebze tozları, prüreleri ve ekstraktları, otlar ve baharatlar fenolik bileşen içerikleri nedeniyle et ürünlerinde oksidasyon sırasında oluşan serbest radikallere karşı yüksek antioksidan etki göstermektedir [79, 80]. Bunların yanı sıra et ve et ürünlerinde mineral maddeler (kalsiyum, potasyum, demir, fosfor vb.) ve vitaminler (A vitamini, β-karoten, askorbik asit ve α-tokoferol) potansiyel antioksidan kaynakları olarak kullanılmaktadır [81, 82].

α-tokoferol düşük nitrit seviyelerinde et rengine olumlu etkilerinden dolayı iyi bir kürlenme yardımcı maddesidir [83], fermente sosis formülasyonuna 200 ppm α-tokoferol ilavesinin, ürünün raf ömrünü artırdığını, lipit oksidasyonunu yavaşlattığı ve lezzete herhangi olumsuz bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir [84]. Biberiye (*Rosmarinus officinalis*), Lamiaceae familyasına ait, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaya başlanan bir antioksidandır [85]. Biberiye, yapısında bulundurduğu antioksidan etkili fenolik bileşikler sayesinde lipit oksidasyonunu yavaşlatmaktadır [86]. Bu nedenle biberiye ve biberiye ekstraktlarının et ve et ürünlerinde kullanımı oldukça yaygındır [87, 88]. %20 domuz yağı eklenen fermente keçi eti ile çalışılan bir çalışmada ise %0.025 ve 0.050 oranlarında biberiye ekstraktı kullanılmış ve vakum paketlenmiş örneklerde, 30°C'de 90 gün depolama periyodu boyunca oksidatif stabilite incelenmiştir. En düşük TBARS değerlerinin son ürün ve depolama boyunca %0.050 oranında biberiye ekstraktı kullanılan örneklerde olduğu bildirilmiştir [89]. Yapılan bir çalışmada kuru kürlenmiş fermente sosis (Chorizo, İspanya) örneklerinde doğal ve sentetik antioksidanların etkileri incelenmiş, antioksidan içermeyen kontrol (C), BHT, üzüm çekirdeği ekstraktı (GRA) ve kestane ekstraktı (CHE) gruplarının olgunlaşma sonunda TBARS değerlerinin C > BHT > GRA > CHE olduğu ve en yüksek antioksidan etkinin kestane ekstraktına ait olduğu saptanmıştır [90]. Zeng ve ark. [91], yarı kuru kürlenmiş fermente sosis (Cantonese, Çin) örneklerinde, 0.6 g/kg BHT, 0.3 g/kg taze zencefil ve 0.3 g/kg biberiye, 0.3 g/kg meyankökü ve 0.3 g/kg biberiye, 0.3 g/kg α-tokoferol ve 0.3 g/kg biberiye olmak üzere 4 farklı formülasyon denemişlerdir. 28 günlük depolama boyunca α-tokoferol ve biberiye eklenen örneklerin en düşük peroksit değerlerine sahip olduğu saptanmıştır. Aquilani ve ark. [92], üzüm çekirdeği ve kestane ekstraktının kuru fermente domuz sosisi örneklerinde oksidatif etkisini incelemişlerdir. Kestane ekstraktı kullanılan örneklerin TBA değerleri, üzüm çekirdeği kullanılanlara kıyasla daha düşük bulunmuştur. Biberiye ekstraktının farklı damlacık çaplarına (d43, 0.2 ve 4.6

µm) sahip O/W (su içinde yağ) emülsiyonu içerisindeki etkileri çiğ fermente sosis örneklerinde incelenmiştir. Çiğ fermente sosis formülasyonlarında %0.48 (w/w) biberiye özütü ile hazırlanan O/W emülsiyonlu grupların, TBARS ve peroksit değerleri incelenerek, kontrol gruplarına kıyasla önemli ölçüde lipid oksidasyonunu geciktirdiği saptanmıştır [93].

Karotenoidler, antioksidan ve antikanserijen etkilerinin yanı sıra fermente sosislere doğal renklendirici olarak da kullanılmaktadır [78], aynı zamanda asidik pH'ya sahip olmaları nedeniyle mikroorganizma gelişimini de yavaşlatmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada, fermente sucuklara %0.6, 0.9 ve 1.2 oranlarında likopen eklenmiş ve 21 gün olgunlaştırma sonunda ürün kalitesi incelenmiştir. Artan konsantrasyonlarda likopen kullanılması yağ oksidasyonunun önemli oranda yavaşlamasını sağlamış, ürün tekstürü ve duyuşal özellikleri olumlu yönde etkilenmiştir [98]. Yapılan bir çalışmada fermente domuz sosisinde (Sai Krok Isan, Tayland) siyah pirinç kepeği tozu (BCP) kullanılmış, sonuç olarak BCP'nin doğal fonksiyonel bir gıda renklendirici ve antioksidan potansiyele sahip olduğunu göstermiştir [68].

Bitkisel ekstraktlar ve baharatlar içerdikleri fenolik asitler, tanenler, flavonoidler ve fenolik diterpenler sayesinde antioksidan ve antimikrobiyal etki gösteren doğal katkı maddeleridir. Et ürünlerinde; üzüm çekirdeği, yeşil çay, zeytin yaprağı, kakao yaprağı, brokoli, yeşil yapraklı sebze özleri, keçiboynuzu meyvesi, kızılçık, nar, kimchi, biberiye ve melisa ekstraktları antioksidan etkileri nedeniyle araştırmalara konu olan katkılardır [79]. Ribas-Agusti ve ark. [95], kuru fermente sosislere kakao ve üzüm çekirdeği ekstraktlarının içerdikleri polifenoller nedeniyle yağ oksidasyonunu önemli oranda yavaşlattıkları ve ürünün duyuşal özellikleri üzerine olumsuz etki göstermedikleri belirtilmiştir. Bitkisel ekstraktların yanında farklı baharatlarında antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir, çemenotu, ginseng, hardal, biberiye, adaçayı, tarçın, karanfil, yenibahar, kimyon, kişniş, mercanköşk, kekik, kırmızıbiber, karabiber ve zencefil, fermente sosislere antimikrobiyal etkileri saptanmış baharatlardır [78, 83].

İnsan vücudunda bağırsak florası dengesinin sağlanmasında etkin rol oynayan probiyotikler etde lezzet gelişiminin ve mikrobiyolojik güvenirliliğin sağlanması yönünde önemli etkilere sahiptir. Fermentasyonu işlemi sonunda sindirilebilirlik artmakta, fermente et ürünlerinde besinlerden faydalanmayı artıran probiyotiklerin kullanılması da ürünlerin besleyicilik değerinin artmasını sağlamaktadır [96, 97]. *L. sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. pentosus*, *L. casei*, *Pediococcus pentosaceus* ve *Pediococcus acidilactici* en çok kullanılan probiyotik kültürlerdir [78]. Son yıllarda probiyotik kültürlerin fermente sosislere kullanımı yaygınlaşmıştır, kullanılan probiyotiklerin suşunun ve dozunun doğru seçildiğinden emin olunması etki mekanizmasını arttırmaktadır [96]. Fermente sosislere mikrobiyolojik güvenirliliği arttırmak amacıyla kullanılan probiyotik kültürler, patojenik bakterileri veya gastrointestinal sistem içindeki patojenleri inhibe etmek gibi iki farklı etki mekanizmasına sahiptirler [98]. Koyun

eti ile hazırlanmış fermente sosislere yaygın olarak kullanılan starter kültürlerin (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium animalis*) probiyotik suşları kullanılmış, geleneksel ve probiyotik kültür eklenen sosislerin teknolojik özellikleri karşılaştırılmıştır. Starter kültür olarak *L. acidophilus*'un kullanılması, *B. animalis*'in kullanılmasından daha etkili bulunmuştur. Son üründe lactobacilli (10^7 kob/g) ve bifidobacteria (10^3 kob/g) sayısı teknolojik özellikleri etkilememiş, duyuşal özellikleri olumlu karşılanmıştır.

SONUÇ

Son yıllarda tüketicilerin bilinç düzeyi ve beklentilerindeki değişimlerle birlikte, gıda endüstrisinde yağ azaltılmış ve fonksiyonel bileşenlerce zenginleştirilmiş, daha sağlıklı et ürünlerinin formüle edilmesi konusundaki Ar-Ge çalışmaları hız kazanmıştır. Fermente et ürünlerinin daha sağlıklı formülasyonlar ile üretilmesi konusunda yapılan çalışmaların; yağın azaltılması ve bitkisel yağların kullanımıyla yağ asidi modifikasyonunun sağlanması, tuz ve nitrit miktarının azaltılması konuları üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Yağın azaltılması nedeniyle karşılaşılan kalite problemleri formülasyona diyet liflerinin ilavesi ile mümkün olabilmektedir. Bitkisel yağların yenilikçi teknikler ile formülasyona taşınması doğrudan kullanımda karşılaşılan problemleri engellediği gibi yağın formülasyonda azalmasını da sağlayabilmektedir. Fermente sosislere kullanılan tuz miktarının azaltılması tuz alternatifi katkıların yanı sıra güncel teknolojilerde kullanılarak çalışmalara konu olmaktadır. Bunlara ilaveten yasal sınırlandırmalara sahip nitrit miktarının, doğal katkılarla ya da güncel teknolojiler kullanılarak azaltılması konusunda çalışmalar sürdürülmelidir. Sağlıklı ürün formülasyonları geliştirilirken ürünün duyuşal ve teknolojik kalitenin de göz önünde bulundurulması düşünüldüğünde doğal alternatif katkı maddelerinin kullanımları araştırılırken güncel teknolojiler ile birlikte kullanımları konusunda çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 116O506 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O. (2004). Engineering of Meat Products Processing (Turkish), 4th Ed., pp. 208–209, Atatürk University Publication No. 786, Erzurum, Turkey.
- [2] Öz, E., Kabil, E., Kaban, G., Kaya, M. (2018). Effect of autochthonous *Pediococcus acidilactici* on volatile profile and some properties of heat-treated sucuk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), e13752.
- [3] Karaçil, M.Ş., Acar Tek, N. (2013). Dünyada üretilen fermente ürünler: tarihsel süreç ve sağlık ile ilişkileri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 163-173.

- [4] Kumar, P., Chatli, M.K., Verma, A.K., Mehta, N., Malav, O.P., Kumar, D., Sharma, N. (2017). Quality, functionality, and shelf life of fermented meat and meat products: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2844-2856.
- [5] Ekici, L., Ercoşkun, H. (2007). Et ürünlerinde diyet lifi kullanımı. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 1, 83-90.
- [6] Muguerza, E., Gimeno, O., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2004). New formulations for healthier dry fermented sausages: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 15(9), 452-457.
- [7] Inguglia, E.S., Zhang, Z., Tiwari, B.K., Kerry, J.P., Burgess, C.M. (2017). Salt reduction strategies in processed meat products—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 70-78.
- [8] Sindelar J.J., Milkowski, A.L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric oxide*, 26(4), 259-266.
- [9] Liu, D.C., Wu, S.W., Tan, F.J. (2010). Effects of addition of anka rice on the qualities of low-nitrite Chinese sausages. *Food Chemistry*, 118(2), 245-250.
- [10] Jiménez Colmenero, F., Herrero, A., Cofrades, S., Ruiz-Capillas, C. (2012). Meat and functional foods. In Handbook of meat and meat processing. Edited by Y. H. Hui, Boca Raton: CRC Press. Taylor & Francis Group, 225–248p.
- [11] World Health Organisation. Food based dietary guidelines in the WHO European Region. http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0017/150083/E79832.pdf (accessed October 16, 2014).
- [12] Chizzolini, R., Zanardi, E., Dorigoni, V., Ghidini, S. (1999). Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 10(4-5), 119-128.
- [13] Jiménez-Colmenero, F., Salcedo-Sandoval, L., Bou, R., Cofrades, S., Herrero, A.M., Ruiz Capillas, C. (2015). Novel applications of oil structuring methods as a strategy to improve the fat content of meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44(2), 177-188.
- [14] Kayaardı, S., Gök, V. (2003). Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science*, 66(1), 249-257.
- [15] Öven, D.C., Karakaya, M., Ünal, K., Babaoğlu, A.S. (2017). Determination of some physicochemical and textural properties of the sucuk with fat content in various rates. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3), 94-100.
- [16] Muguerza, E., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2003). Improvement of nutritional properties of Chorizo de Pamplona by replacement of pork backfat with soy oil. *Meat Science*, 65(4), 1361-1367.
- [17] Vural, H. (2003). Effect of replacing beef fat and tail fat with interesterified plant oil on quality characteristics of Turkish semi-dry fermented sausages, *European Food Research and Technology*, 217(2), 100-103.
- [18] Yıldız- Turp, G., Serdaroglu, M. (2005). Effect of partial replacement of beef fat with pre-emulsified olive oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk). *51st International Congress of Meat Science and Technology*, August 7-12, 2005, Baltimore, Maryland USA, 843-847p.
- [19] Gökoğlu, N., Yerlikaya, P. (2006). Et ve Ürünlerinde Yağ Oranını Azaltma Stratejileri. *Türkiye 9. Gıda Kongresi*, 24-26 Mayıs, 2006, Bolu, Türkiye, 517-520p.
- [20] Yıldız-Turp, G., Serdaroğlu, M. (2008). Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk—A Turkish fermented sausage. *Meat Science*, 78(4), 447-454.
- [21] Yıldız-Turp, G., Serdaroğlu, M. (2008). Fatty acid composition and cholesterol content of Turkish fermented sausage (sucuk) made with corn oil. *54th International Congress of Meat Science and Technology*, August 10-15, 2008, Cape Town, South Africa. 9-15p.
- [22] Serdaroğlu M., Kavuşan H.S., İpek G., Öztürk B. (2018). Effects of hot gelled linseed/peanut oil as beef fat replacer in heat treated fermented sausages on lipid oxidation. *2nd International Symposium on Lipid Oxidation and Antioxidants*, June 4-6, 2018, Graz, Avusturya, 86-87p.
- [23] Özer, C.O., Kılıç, B. (2017). Effects of replacement of beef fat with interesterified palm kernel oil on the quality characteristics of Turkish dry-fermented sausage, *Meat Science*, 131, 18–24.
- [24] Geçgel, Ü., Yılmaz, İ., Ay, A., Apaydın, D., Dülger, G.Ç. (2016) Soğuk pres yağlar ilave edilerek üretilen fermente sucukların fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(4).
- [25] İlikkan, H., Ercoşkun, H., Vural, H., Şahin, E. (2009) The effect of addition of hazelnut oil on some quality characteristics of Turkish fermented sausage (sucuk), *Journal of Muscle Foods*, 20(1), 117-127.
- [26] Nacak, B. (2015). Farklı Yağ Formülasyonlarına Sahip Isıl İşlem Görmüş Dana Sucuklarında Lipid Ve Protein Oksidasyonu Mekanizmalarının İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [27] Xiong, G., Wang, P., Zheng, H., Xu, X., Zhu, Y., Zhou, G. (2016). Effects of Plant Oil Combinations Substituting Pork Back-Fat Combined with Pre-Emulsification on Physicochemical, Textural, Microstructural and Sensory Properties of Spreadable Chicken Liver PÂTÉ. *Journal of Food Quality*, 39(4), 331-341.
- [28] Pintado, T., Herrero, A.M., Ruiz-Capillas, C., Triki, M., Carmona, P., Jimenez-Colmenero, F. (2016). Effects of emulsion gels containing bioactive compounds on sensorial, technological, and structural properties of frankfurters. *Food Science and Technology International*, 22(2), 132-145.
- [29] Serdaroğlu, M., Nacak, B., Karabıyıköğlu, M., Keser, G. (2016). Effects of partial beef fat replacement with gelled emulsion on functional and quality properties of model system meat emulsions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6) 744-751.

- [30] Stajić, S., Stanišić, N., Lević, S., Tomović, V., Lilić, S., Vranić, D., Jokanović, M., Živković, D. (2018). Physico-chemical characteristics and sensory quality of dry fermented sausages with flaxseed oil preparations. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 68(4), 367-375.
- [31] Jiménez-Colmenero, F., Triki, M., Herrero, A.M., Rodríguez-Salas, L., Ruiz-Capillas, C. (2013). Healthy oil combination stabilized in a konjac matrix as pork fat replacement in low-fat, PUFA-enriched, dry fermented sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 158-163.
- [32] Alejandre, M., Poyato, C., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2016). Linseed oil gelled emulsion: A successful fat replacer in dry fermented sausages. *Meat science*, 121, 107-113.
- [33] Jung, J.T., Lee, J.K., Choi, Y.S., Lee, J.H., Choi, J.S., Choi, Y.I., Chung, Y.K. (2018). Effect of rice bran and wheat fibers on microbiological and physicochemical properties of fermented sausages during ripening and storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(2), 302.
- [34] Anderson, J.W., Baird, P., Davis, R.H., Ferreri, S., Knudtson, M., Koraym, A., Waters, V., Williams, C.L. (2009). Health benefits of dietary fiber. *Nutrition reviews*, 67(4), 188-205.
- [35] Mehta, N., Ahlawat, S.S., Sharma, D.P., Dabur, R.S. 2015. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products—a critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 633-647.
- [36] Choi, Y.S., Kim, H.W., Hwang, K.E., Song, D.H., Jeong, T.J., Kim, Y.B., Jeon, K.H., Kim, C.J. (2015). Effects of fat levels and rice bran fiber on the chemical, textural, and sensory properties of frankfurters. *Food Science and Biotechnology*, 24(2), 489-495.
- [37] Zhu, Y., Chu, J., Lu, Z., Lv, F., Bie, X., Zhang, C., Zhao, H. (2018). Physicochemical and functional properties of dietary fiber from foxtail millet (*Setaria italica*) bran. *Journal of Cereal Science*, 79, 456-461.
- [38] Garcia, M.L., Dominguez, R., Galvez, M.D., Casas, C., Selgas, M.D. (2002). Utilization of cereal and fruit fibres in low fat dry fermented sausages. *Meat Science*, 60(3), 227-236.
- [39] Çoksever, E. 2009. Farklı oranlarda turunc albedosu ilavesinin sucuk kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, 99s.
- [40] Campagnol, P.C.B., Dos Santos, B.A., Wagner, R., Terra, N.N., Pollonio, M.A.R. (2013). The effect of soy fiber addition on the quality of fermented sausages at low-fat content. *Journal of Food Quality*, 36(1), 41-50.
- [41] Eim, V.S., Simal, S., Rosselló, C., Femenia, A., Bon, J. (2013). Optimisation of the addition of carrot dietary fibre to a dry fermented sausage (sobrassada) using artificial neural networks. *Meat Science*, 94(3), 341-348.
- [42] Yalınkılıç, B., Kaban, G., Ertekin, Ö., Kaya, M. (2015). Determination of volatile compounds of sucuk with different orange fiber and fat levels. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 21(2), 233-239.
- [43] Menegas, L.Z., Pimentel, T.C., Garcia, S., Prudencio, S.H. (2013). Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. *Meat Science*, 93(3), 501-506.
- [44] Akoğlu, A., Çakır, İ., Akoğlu, İ.T., Karahan, A.G. and Çakmakçı, M.L. (2015). Effect of bacterial cellulose as a fat replacer on some quality characteristics of fat reduced sucuk, *GIDA/The Journal of Food*, 40(3): 133-139 pp.
- [45] Ham, Y.K., Hwang, K.E., Kim, H.W., Song, D.H., Kim, Y.J., Choi, Y.S., Kim, C.J. (2016). Effects of fat replacement with a mixture of collagen and dietary fibre on small calibre fermented sausages. *International journal of food science & technology*, 51(1), 96-104.
- [46] Aburto, N.J., Ziolkovska, A., Hooper, L., Elliott, P., Cappuccio, F.P., Meerpohl, J.J. (2013). Effect of lower sodium intake on health: Systematic Review and Meta-Analyses. *BMJ*, 346, f1326.
- [47] Corral, S., Salvador, A., Belloch, C., Flores, M. (2014). Effect of fat and salt reduction on the sensory quality of slow fermented sausages inoculated with *Debaryomyces hansenii* yeast. *Food Control*, 45, 1-7.
- [48] Corral, S., Salvador, A., Flores, M. (2013). Salt reduction in slow fermented sausages affects the generation of aroma active compounds. *Meat Science*, 93(3), 776-785.
- [49] dos Santos, B.A., Campagnol, P.C.B., Fagundes, M.B., Wagner, R., Pollonio, M.A.R. (2015). Generation of volatile compounds in Brazilian low-sodium dry fermented sausages containing blends of NaCl, KCl, and CaCl₂ during processing and storage. *Food Research International*, 74, 306-314.
- [50] dos Santos, B.A., Campagnol, P.C.B., Morgano, M.A., Pollonio, M.A.R. (2014). Monosodium glutamate, disodium inosinate, disodium guanylate, lysine and taurine improve the sensory quality of fermented cooked sausages with 50% and 75% replacement of NaCl with KCl. *Meat Science*, 96(1), 509-513.
- [51] Ros-Polski, V., Koutchma, T., Xue, J., Defelice, C., Balamurugan, S. (2015). Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 30, 31-42.
- [52] Giménez, B., Graiver, N., Califano, A., Zaritzky, N. (2015). Physicochemical characteristics and quality parameters of a beef product subjected to chemical preservatives and high hydrostatic pressure. *Meat science*, 100, 179-188.
- [53] Rubio, R., Bover-Cid, S., Martin, B., Garriga, M., Aymerich, T. (2013). Assessment of safe enterococci as bioprotective cultures in low-acid fermented sausages combined with high hydrostatic pressure. *Food Microbiology*, 33(2), 158-165.
- [54] Kentish, S., Feng, H. (2014). Applications of power ultrasound in food processing. *Annual Review of Food Science and Technology*, 5, 263-284.

- [55] Bedale, W., Sindelar, J.J., Milkowski, A.L. (2016). Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat science*, 120, 85-92.
- [56] Öztürk, B., Serdaroğlu, M., Ergezer, H. (2015). Et ve et ürünlerinde nitrit-nitrat; kullanım avantajları. yasal sınırlamalar ve güncel alternatif yaklaşımlar. *Akademik Gıda*, 13(3) 257-264.
- [57] Cantwell, M., Elliott, C. (2017). Nitrates, nitrites and nitrosamines from processed meat intake and colorectal cancer risk. *Journal of Clinical Nutrition & Dietetics*, 3(4), 27.
- [58] Abid, Z., Cross, A.J., Sinha, R. (2014). Meat, dairy, and cancer. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 100, 386-393.
- [59] European Commission, (2006) European Directive 2006/52/EC of the European Parliament and of the Council of 5 July 2006 amending Directive 95/2/EC on food additives other than colours and sweeteners and Directive 94/35/EC on sweeteners for use in foodstuffs, Official Journal of the European Union, L204 (2006), pp.10-22.
- [60] TGK, (2013). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, Yayımlandığı R. Gazete: 30.06.2013/28693.
- [61] Horsch, A. (2013). The effect of pH and nitrit concentration on the antimicrobial impact of celery juice compared with sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. PhD Dissertation, Graduate Theses and Dissertations, Iowa State University, 13-63p.
- [62] Yıldız Turp, G.; Sucu, C., (2016). Et Ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımına potansiyel alternatif yöntemler. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 231-242.
- [63] Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 51, 93-105.
- [64] Haugaard, P., Hansen, F., Jensen, M., Grunert, K.G. (2014). Consumer attitudes toward new technique for preserving organic meat using herbs and berries. *Meat Science*, 96(1), 126-135.
- [65] Gabaza, M., Claeys, E., Smet, S.D., Raes, K. (2013). Potential of fermented spinach extracts as a nitrite source for meat curing. *59th International Congress of Meat Science and Technology*, August 18-23, 2013, Izmir, Turkey, 1-5p.
- [66] Sucu, C., Turp, G.Y. (2018). The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, 140, 158-166.
- [67] Kurćubić, V.S., Mašković, P.Z., Vujić, J.M., Vranić, D.V., Vesković-Moračanin, S.M., Okanović, D.G., Lilić, S.V. (2014). Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. *Meat Science*, 97(4), 459-467.
- [68] Loypimai, P., Moongngarm, A., Naksawat, S. (2017). Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage–Sai Krok Isan. *International Food Research Journal*, 24(4), 1529.
- [69] Paik, H.D., Lee, J.Y. (2014). Investigation of reduction and tolerance capability of lactic acid bacteria isolated from kimchi against nitrate and nitrite in fermented sausage condition. *Meat Science*, 97(4), 609-614.
- [70] Kim, H.S., Hur, S.J. (2018). Effect of six different starter cultures on the concentration of residual nitrite in fermented sausages during in vitro human digestion. *Food Chemistry*, 239, 556-560.
- [71] Sun, F., Kong, B., Chen, Q., Han, Q., Diao, X. (2017). N-nitrosoamine inhibition and quality preservation of Harbin dry sausages by inoculated with *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*. *Food Control*, 73, 1514-1521.
- [72] Chen, X., Li, J., Zhou, T., Li, J., Yang, J., Chen, W., Xiong, Y.L. (2016). Two efficient nitrite-reducing *Lactobacillus* strains isolated from traditional fermented pork (Nanx Wudl) as competitive starter cultures for Chinese fermented dry sausage. *Meat science*, 121, 302-309.
- [73] Ojha, K.S., Kerry, J.P., Duffy, G., Beresford, T., Tiwari, B.K. (2015). Technological advances for enhancing quality and safety of fermented meat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44(1),
- [74] Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S., Jo, C. (2015). Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 37-49.105-116.
- [75] Dutra, M.P., de Cássia Aleixo, G., Ramos, A.D.L.S., Silva, M.H.L., Pereira, M.T., Piccoli, R.H., Ramos, E.M. (2016). Use of gamma radiation on control of *Clostridium botulinum* in mortadella formulated with different nitrite levels. *Radiation Physics and Chemistry*, 119, 125-129.
- [76] Ahmad, S.R., Gokulakrishnan, P., Giriprasad, R., Yatoo, M.A. (2015). Fruit-based natural antioxidants in meat and meat products: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(11), 1503-1513.
- [77] Kurt, Ş. (2016). The effects of grape seed flour on the quality of Turkish dry fermented sausage (sucuk) during ripening and refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(3), 300.
- [78] Denктаş, S. (2017). Et ve et ürünlerinde fonksiyonelliğin artırılması. *Kocatepe Veterinary Journal*, 10(2), 6-117.
- [79] Hygreeva, D., Pandey, M.C., Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products *Meat Science*, 98(1), 47-57.
- [80] Shah, M.A., Bosco, S.J.D., Mir, S.A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), 21-33.
- [81] Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V. (2014). Natural antioxidants against lipid-protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review, *Food Research International*, 64, 171-181.
- [82] Jiang, J., Xiong, Y.L., (2016), Natural antioxidants as food and feed additives to promote health

- benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*, 120, 107-117.
- [83] Humada, M.J., Sañudo, C., Serrano, E. (2014). Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. *Meat Science*, 96(2), 908-915.
- [84] Magrinyà, N., Bou, R., Tres, A., Rius, N., Codony, R., Guardiola, F. (2009). Effect of tocopherol extract, *Staphylococcus carnosus* culture, and celery concentrate addition on quality parameters of organic and conventional dry-cured sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(19), 8963-8972.
- [85] Karakaya, M., Bayrak, E., Ulusoy, K. (2011). Use of natural antioxidants in meat and meat products. *Journal of Food Science and Engineering*, 1(1), 1.
- [86] Martin, D., Salas-Perez, L., Villalva, M., Vazquez, L., Garcia-Risco, M.R., Jaime, L., Reglero, G. (2017). Effect of alkylglycerol-rich oil and rosemary extract on oxidative stability and antioxidant properties of a cooked meat product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(7), 1600412.
- [87] Pires, M.A., Munekata, P.E., Villanueva, N.D., Tonin, F.G., Baldin, J.C., Rocha, Y.J., Carvalho, L.T., Rodrigues, I., Trindade, M.A. (2017). The antioxidant capacity of rosemary and green tea extracts to replace the carcinogenic antioxidant (BHA) in chicken burgers. *Journal of Food Quality*, Article ID 2409527.
- [88] Stojanović-Radić, Z., Pejčić, M., Joković, N., Jokanović, M., Ivić, M., Šojić, B., Škaljac, S., Stojanović, P., Mihajilov-Krstev, T. (2018). Inhibition of *Salmonella Enteritidis* growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination. *Food Control*, 90, 332-343.
- [89] Nassu, R.T., Gonçalves, L.A.G., da Silva, M.A.A.P., Beserra, F.J. (2003). Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Science*, 63(1), 43-49.
- [90] Lorenzo, J.M., González-Rodríguez, R.M., Sánchez, M., Amado, I.R. and Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage "chorizo". *Food Research International*, 54(1), 611-620.
- [91] Zeng, X., Bai, W., Lu, C., Dong, H. (2017). Effects of Composite Natural Antioxidants on the Fat Oxidation, Textural and Sensory Properties of Cantonese Sausages during Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e13010.
- [92] Aquilani, C., Sirtori, F., Flores, M., Bozzi, R., Leuret, B., Pugliese, C. (2018). Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. *Meat Science*, 145, 389-398.
- [93] Erdmann, M.E., Lautenschlaeger, R., Schmidt, H., Zeeb, B., Gibis, M., Brüggemann, D.A., Weiss, J. (2017). Influence of droplet size on the antioxidant efficacy of oil-in-water emulsions loaded with rosemary in raw fermented sausages. *European Food Research and Technology*, 243(8), 1415-1427.
- [94] Calvo, M.M., Garcia, M.L., Selgas, M.D. (2008). Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science*, 80(2), 167-172.
- [95] Ribas-Agustí, A., Gratacós-Cubarsí, M., Sárraga, C., Guàrdia, M.D., García-Regueiro, J.A., Castellari, M. (2014). Stability of phenolic compounds in dry fermented sausages added with cocoa and grape seed extracts. *LWT-Food Science and Technology*, 57(1), 329-336.
- [96] Doğu, S.Ö., Sarıçoban, C. (2014). Probiotic meat products and nutrition. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(4), 183-189.
- [97] Yıldırım, H., Kılıç, G.B., Karahan, A.G. (2017). Probiotic yeasts and their properties. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(10), 1148-1155.
- [98] Holko, I., Hrabě, J., Šalaková, A., Rada, V. (2013). The substitution of a traditional starter culture in mutton fermented sausages by *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis*. *Meat Science*, 94(3), 275-279.