



Antimikrobiyal Film ve Kaplamaların Kırmızı Et ve Köftelerin Mikrobiyal Kalitesine Etkisi

Aysel İçöz^{1*}, Bülent Eker²

^{1*} Namık Kemal Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Tekirdağ/Türkiye (ORCID:0000-0003-1445-2908) aicoz@nku.edu.tr

² Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biosystem Mühendisliği Bölümü Tekirdağ/Türkiye (ORCID: (0000-0002-3542-9531), buekeray@gmail.com)

(İlk Geliş Tarihi 15 Nisan 2022 ve Kabul Tarihi: 10 Ocak 2023)

(DOI: 10.31590/ejosat.1104167)

ATIF/REFERENCE: İçöz, A. & Eker, B. (2023). Antimikrobiyal Film ve Kaplamaların Kırmızı Et ve Köftelerin Mikrobiyal Kalitesine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (46), 9-16.

Öz

Güvenli ve sağlıklı gıda maddelerinin üretimi gıda endüstrisinin en önemli hedefidir. Mikrobiyal bozulma ve gıda kaynaklı patojenler gıda sanayisi ve tüketici için endişe kaynağıdır. Tüketicilerin mikrobiyolojik olarak daha güvenli ve daha uzun ürün raf ömrü olan gıdalar talep etmesi endüstriyi yeni gıda işleme ve paketleme teknolojileri kullanmaya zorlamaktadır. Beslenmemizde önemli yeri olan et ve et ürünleri mikrobiyal, biyokimyasal değişiklikler nedeniyle raf ömrü kısa olan ürünlerdir. Gıdaların tazeliğini ve kalitesini korumada ambalajlama kritik aşamalardandır. Tüketicilere daha yüksek kalitede ürünler sunmak amacıyla işlevsel özelliği olan yeni ambalajlama yöntemleri geliştirilmiştir. Antimikrobiyal paketleme sistemleri et ve et ürünlerinde kalite ve güvenliğin sağlanmasında önemli rol oynamaktadır. Amaç; mikroorganizmaların gelişimini belirli bir seviyede tutarak, yavaşlatarak veya durdurarak mikroorganizma gelişimini kontrol etmektir. Antimikrobiyal bileşiklerin gıdaya migrasyonu, çeşitli aktif bileşenlerin tek başına veya ambalaj malzemesine ya da ortamına kombinasyon halinde eklenmesiyle sağlanır. Patojen veya bozulma nedeni olan mikroorganizmalar için bir engel mekanizması oluşturulur. Yenilebilir filmler, bariyer görevi görenin yanı sıra çok çeşitli gıda katkı maddeleri için taşıyıcı görevi görebilir. Film ve kaplamalarda kullanılan antimikrobiyal katkı maddeleri gıdanın özelliklerini olumsuz etkilemeyecek düşük konsantrasyonlarda kullanılmalı ve yüksek inhibisyon aktivitesine sahip olmalıdır. Antimikrobiyal paketleme yöntemlerinin et ve et ürünlerinde mikroorganizma gelişimini önleme, tazeliği koruma, raf ömrünü uzatma ve gıda güvenliğini sağlamada etkili olduğu literatürde bildirilmiştir. Yenilebilir film ve kaplamaların gıdalarda uygulamalarıyla ilgili araştırmalar devam etmektedir. Çalışmamızda kırmızı et ve köftelerde antimikrobiyal film ve kaplama uygulamaları ve mikrobiyal kaliteye etkileri tartışılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Antimikrobiyal film ve kaplamalar, Mikrobiyal kalite, Kırmızı et ve köfte

The Effect of Antimicrobial Films and Coatings on Microbial Quality of Red Meat and Meatballs

Abstract

The production of safe and healthy food components is the most important goal of the food industry. Microbial degradation and foodborne pathogens are a concern for the food industry and the consumer. Consumers' demand for foods that are microbiologically safer and with longer shelf-life forces the industry to use new food processing and packaging technologies. Meat and meat products, which have an important place in our diet, are products with a short shelf-life due to microbial and biochemical changes. Packaging is one of the critical steps in maintaining the freshness and quality of food. New packaging methods with functional features have been developed in order to offer higher quality products to consumers. Antimicrobial packaging systems play an important role in ensuring quality and safety in meat and meat products. The aim is to control the growth of microorganisms by keeping the growth of microorganisms at a certain level, slowing down or stopping them. Migration of antimicrobial compounds into food is facilitated by adding various active ingredients alone or to the packaging material by means of combining. A barrier mechanism is created for pathogens or microorganisms that cause degradation. In addition to acting as barriers, edible films can act as carriers for a wide variety of food additives. Antimicrobial additives used in films and coatings should be used in low concentrations that will adversely affect the properties of the food and should have high inhibitory activity. It has been investigated that the antimicrobial packaging methods are effective in preventing microorganism growth in meat and meat products, preserving freshness, extending shelf-life and ensuring food safety. Research on the application of edible films and coatings in food still continues. In our study, antimicrobial film and coating applications on meat and meatballs and their effects on microbial quality will be discussed.

Keywords: Antimicrobial films and coatings, Microbial quality, Red meat and meatballs

* Sorumlu Yazar: aicoz@nku.edu.tr

1. Giriş

Ambalaj gıda endüstrisinde, üretim, depolanma ve nakliyede önemli bir adımdır (Topuz and Uyar 2020). Ambalaj gıda ile doğrudan temas halindedir ve gıdayı korumak için üretimden tüketiciye teslimine kadar muhafaza etmektedir (Hamann, Puton, Colet, Steffens, Ceni, Cansian and Backes 2021). Mevcut küresel pazarda daha iyi bir yaşam kalitesi için tüketicilerin talebinde bir artış yaşanmıştır. Güvenli gıda ürünleri için yüksek kalite kriterlerini karşılamak ve kimyasal kullanımını azaltmak bu talebe katkıda bulunan faktörlerdendir (Mahalik and Nambiar 2010). Gıdaların çoğu depolama sırasında mikrobiyal bozulmaya karşı koruma gerektirir. İnsan sağlığı üzerinde azaltılmış etkisi, kalite ve güvenlik faydaları sağlama potansiyeli nedeniyle doğal bileşikler, araştırma ve endüstriden büyük ilgi görmektedir. Doğal aktif maddelerin kullanımı, kabul edilen gıda sürdürülebilirliği kriterlerini desteklemektedir (Lucera, Costa, Conte and Del Nobile 2012). Antimikrobiyal paketleme, gıdaları kirleten patojen mikroorganizmaları inhibe etmede veya öldürmede en etkili yöntemlerden biridir (Salleh, Muhamad and Khairuddin 2007). Yenilebilir filmler ve kaplamalarda antimikrobiyallerin kullanımı, gıdanın kalitesini ve güvenliğini arttırmada yardımcı olan yeni bir tekniktir (Arshad and Batool 2017). Yenilebilir filmler ve kaplamalar et ürünlerine renk ve dokuyu stabilize etme, lipid oksidasyonunu azaltma ve raf ömrünü uzatma işlevselliği katarak, etin bileşimini ve besin değerini korumaya, nem kaybını ve uçucu maddelerin iletimini önlemeye yardımcı olabilir (Umaraw, Munekata, Verma, Barba, Singh, Kumar and Lorenzo 2020). Diğer gıdalara kıyasla çok daha hızlı bozuldukları, daha yüksek kontaminasyon potansiyeline sahip oldukları için et ve et ürünlerinde, paketleme önemli rol oynamaktadır (Heinz and Hautzinger 2007). Et endüstrisi, ulusal ekonomilerin önemli bir payını temsil etmektedir (Sánchez-Ortega, García-Almendárez, Santos-López, Amaro-Reyes, Barboza-Corona and Regalado 2014). Hayvansal gıdalar için herhangi bir paketleme sisteminin amacı; görünüm, tat, koku ve dokuda istenmeyen oksidatif ve mikrobiyolojik bozucu değişiklikleri önlemek veya geciktirmek ve ürünün raf ömrünü uzatmaktır (Ščetar, Kurek and Galić 2010). Et ve et ürünleri; kesim, işleme sonrası, dağıtım ve nakliye sırasında farklı koşullara maruz kaldığında kontaminasyon meydana gelebilir. Bu nedenle, bulaşmayı azaltmak için iyi bir ambajlama yapılmalıdır (Sung, Sin, Tee, Bee, Rahmat, Rahman, Tan and Vikhraman 2013). Antimikrobiyal paketleme, paketin yüzeyi ile doğrudan teması yoluyla mikrobiyal büyümeyi önleyerek eti, patojen kontaminasyonundan korumak için umut verici bir araç olabilir (Ye, Neetoo and Chen 2008). Antimikrobiyal film ve kaplamaların kırmızı et ve köftelerin raf ömrü ve kalite özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu derlemede antimikrobiyal film ve kaplamaların kırmızı et ve köftelerde mikrobiyal kaliteye etkileri tartışılacaktır.

2. Kırmızı Et ve Köfte

2.1. Kırmızı Et

Et, “kesilen hayvanların kas dokusu” olarak tanımlanabilir ve değerli hayvansal üründür (Hossain 2021). Et ürünlerinin tüketimi kırsal kesimden ziyade kentlerde daha fazladır (Igene 2009). Et, tarih öncesi çağlardan beri insan beslenmesinin önemli bir parçası olmuştur (Umaraw, Munekata, Verma, Barba, Singh, Kumar and Lorenzo 2020). Ayrıca taze et zengin besin içeriği nedeniyle dünya çapında hayvansal protein kaynağı olarak tüketicinin ilk tercihi haline gelmiştir (Heinz and Hautzinger 2007). Yüksek nem içeriği patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmaların büyümesi taze etin ticari ömrünü sınırlamaktadır (Zhou, Xu and Liu 2010). Et doku yapısı ile ayırt edilir, mikroorganizmalarla kontaminasyon riskini arttırabilen farklı işlemlerle muamele edilir. (Mohamed, El-Sakhawy and El-Sakhawy 2020). Mikrobiyal gelişme ve lipid oksidasyonu etin kalitesinin bozulmasına etki eden iki önemli faktördür (Hugas, Garriga, Pascual, Aymerich and Monfort 2002). Antioksidan ve antimikrobiyal bileşiklerin kullanımı ile lipid oksidasyonu ve mikrobiyal gelişme kontrol edildiğinde et kalitesi kalıcı olabilir (Lee, Choi, Choi, Han, Kim, Shim, Chung and Kim 2010). Et ürünlerinde mikrobiyal gelişmenin kontrolü, ürünlerin raf ömrünü uzatmak ve gıda kaynaklı hastalıkları önlemek için çok önemlidir (Longhi, da Silva, Martins, Carciofi, de Aragão and Laurindo 2018); (Jacob, Mathiasen and Powell 2010). Baharat ve bitki özleri, uçucu yağlar, organik asitler, tuzlar, bakteriyosinler gibi doğal antibakteriyel bileşiklerin kullanımı etin raf ömrünü arttırmak için literatürde bildirilmiştir (Jamilah, Abbas and Rahman 2008) (Jaloszinska and Wilczak 2009).

2.2. Köfte

Literatürde köftenin çeşitli tanımları yapılmıştır. Köfte, Asya bölgesindeki bazı ülkeler ve bazı Avrupa ülkeleri arasında oldukça popülerdir. Bu ürünler arasında İtalya'nın Polpette'i, Almanya'nın limonlu ve carperli Koningsberger Klopse veya köftesi, İsveç'in İsveç köftesi, Türkiye'nin Köfte'si, Vietnam'ın Nunh Hoa'sı, Hindistan'ın Curried Köfteri ve Çin'in Çin köftesi sayılabilir (Fulton 1983) (Duong and Kiesel 1991) (Redden and Chen 1995) (Serdaroğlu and Değirmencioğlu 2004) (Purnomo 1990). Köfte, sığır, tavuk, balık ve tavşan gibi çeşitli hayvanların etlerinden yapılabilir. Etin farklılığı köfte türünü belirlemektedir (Ferawati, Kurnia and Purwati 2017). Üretim sırasında kullanılan yöntemler ve içerikler bölgelere bağlı olarak değişir. Türk mutfağında önemli besin maddelerinden birisi olan köfte, Farsça bir kelime olan “küfte”den türemiş olup, temel hammaddesini kıyma oluşturmaktadır. Kıyma içerisine çeşitli katkılar ilave edilerek ve farklı pişirme teknikleri uygulanarak yüzlerce çeşit köfte üretilip tüketilmektedir (Kundakçı ve Ergönül 2009) (Keçeci 2018). Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde köfte; kıyılmış büyükbaş ve küçükbaş hayvanların biri veya birkaçının etlerinin karışımına, istenildiğinde aynı tür hayvanların yağları, lezzet vericiler ile diğer gıda bileşenlerinden biri veya birkaçı ilave edilerek çeşitli şekillerde hazırlanan pişirilmeye hazır kırmızı et karışımını veya pişirilmiş et ürünü olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2012) (Korkmaz 2018). Dana eti köftesi, kıyma ile su, un, baharat ve yağ ilave edilerek hazırlanan ve ön pişirme, depolama ve tekrar ısıtma ile işlenerek alınmaya uygun hale getirilen yuvarlak formdadır (Zhang, Zhang, Wang, Xing and Zhang 2020). (Zhang, Zhao, Fan, Xiao, Cheng, and Wang 2020). Asya tipi köfteler yaygın olarak kıymanın bir çeşit nişasta, tuz ve etnik mutfığa özgü bazı otlar ile emülsifiye edilmesiyle üretilir ve son olarak top haline getirilir. Daha sonra mutfığa göre kaynar suda, buharda veya derin yağda kızartılarak pişirilir (Purnomo, 1990). Ürünleri geliştirmek için çeşitli olası stratejiler vardır. Et ürünlerinin yeniden formüle edilmesi bu stratejilerden biridir (Arihara 2006); (Fernández-Ginés, Fernández-López, Sayas-Barberá and Pérez-Alvarez 2005). Son yıllarda köftelerin besin ve depolanma kalitesini arttıran uygulamalara odaklanılmıştır: Sığır eti burgerinin çeşitli limon albedosu türlerinden

etkilenen özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada; albedo kullanımının sığır köftelerinin pişirme özelliklerini geliştirmek için fonksiyonel bir bileşen olarak potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir (Aleson-Carbonell, Fernández-López, Pérez-Alvarez and Kuri 2005); Yapılan bir çalışmada; bileşim veya duyuşal özelliklerde minimum değışikliklerle sığır köftelerinin besin değeri ve sağlık yararlarını arttırmak için keten tohumu unu eklenebileceği bildirilmiştir (Bilek and Turhan 2009); Depolama sırasında kıyılmış domuz etine, etanol kullanılarak ekstrakte edilen kabak yaprağı özlerinin ilavesi, 10 günlük depolama süresince kontrole kıyasla, domuz kıymasında toplam aerobik bakteri sayısı, konjuge dienler (CD), serbest yağ asitleri (FFA) ve tiyobarbitürik reaksiyon maddesi (TBARS) değeri azaltmıştır (Choe, Kim, Choi, Han, Choi, Kim and Kim 2011). Emülsifiye domuz köftesi olan Kung-wan'da pirinç kepeği kullanımı araştırılmıştır (Huang, Shiau, Liu, Chu and Hwang 2005). Soğutulmuş ve dondurulmuş olarak saklanan pişmiş ve yeniden ısıtılmış kıyma köftelerine %5, %10 ve %15 seviyelerinde eklenen yonca ve kır çiçeği ballarının, lipid oksidasyonunu etkili bir şekilde geciktirdiği ve pişme verimini artırdığı belirlenmiştir (Johnston, Sepe, Miano, Brannan and Alderton 2005). Modifiye atmosferde paketlenmiş ve $2 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de saklanan sığır köftelerine öğütölmüş biber eklenmesi hem miyoglobinin hem de lipid oksidasyonunu önemli ölçüde geciktirdiği ve ayrıca psikrotrofik bakterilerin büyümesini inhibe ettiği belirtilmiştir (Sánchez-Escalante, Torrescano, Djenane, Beltran and Roncales 2003). Yapılan bir çalışmada ıslak okara'nın daha ucuz ve sağlıklı dana köftesi üretimi için %22,5'e kadar kullanılabileceğini bildirilmiştir (Turhan, Temiz and Sagir 2007).

3. Kırmızı Et ve Köftede Antimikrobiyal Film ve Kaplamalar

Gıda güvenliği; güvenli gıda tüketimini sağlamak için gıdaların üretimi, işlenmesi, depolanması ve dağıtılması sırasında göz önünde bulundurulması gereken koşul ve uygulamaları ifade eder (Noorimotlagh, Mansourian, Nourmoradi, Shafieyan and Banavi 2015) (Shokri, Hashemi, Jorvand, Hajiveisi, Shamsi, Golestani Far and Rezaei 2018). Gıdanın ambalajlanması öncelikle gıda ürünlerini biyolojik, kimyasal veya mekanik zararlar gibi dış etkilere korumak için yapılır (Sarkar and Aparna, 2020). Gıda ambalajının hedefleri; mikroorganizma büyümesini bastırmak, çevresel tehlikelere karşı stabiliteyi korumak, oksidasyona karşı direnç göstermek, lezzeti korurken hoş olmayan kokuları maskeleyerek, besinlerin sürekliliğini, elementlerin filtrelenmesi ve birikmesine yardımcı olmak, bir sensör taşıyıcısı olarak hareket etmektir (Nedovic, Kalusevic, Manojlovic, Levic and Bugarski 2011) (Noruzi 2016) (Topuz and Uyar 2020). Et, mikrobiyolojik bozulmaya karşı çok hassastır (Bolmar, Orlien, Sikes, Aganovic, Bak, Guyon, Stübler, de Lamballerie, Hertel and Brüggemann 2021). Geleneksel gıda paketleri, çevresel kontaminasyonun olumsuz etkilerini geciktirebilen pasif engellerdir (Brody, Bugusu, Han, Sand and McHugh 2008) ve gıda ürünlerinde gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini azaltmada daha az etkilidir (Jagtap, Khadabadi, Ghorpade, Banarase and Naphade 2009). İşlenmiş et ürünleri değerlendirilirken dehidrasyon, lipid oksidasyonu, renk bozulması ve aroma kaybı gibi faktörler dikkate alınmalıdır (Mondry 1996). Halihazırda her biri farklı niteliklere ve uygulamalara sahip birçok et paketeleme sistemi mevcuttur. Bu sistemler, kısa süreli soğutulmuş depolama ve/veya perakende teşhir için üstten sarmalı paketelemeden, daha uzun süreli soğutulmuş depolama için çeşitli modifiye atmosfer paketeleme (MAP) sistemlerine, vakumlu paketelemeye kadar çeşitlilik gösterir (Mathew and Jaganathan 2017). Antimikrobiyal ajanlar, mikroorganizmaların gelişimini engellemek ve gıdaları korumak için kullanılan maddeler olarak bilinir (Davidson, Sofos and Branen 2005). Etkili bir antimikrobiyal sistem tasarlamak, birçok özelliğin kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesini gerektirir ve çeşitli yaklaşımlarla gerçekleştirilebilir. Antimikrobiyal paketeleme sistemleri, gıdanın doğasında var olan nitelikleri bozulmadan tutarken, mikrobiyal gelişmeyi kontrol etmek için; gıda, iç ambalaj atmosferi, ambalaj malzemesi, antimikrobiyal ajanlar ve paketlenmiş gıdalardaki mikrobiyal büyüme üzerinde tam kontrol gibi beş ana bileşenden oluşan temel esaslara ihtiyaç duyar. Bu beş bileşenin özellikleri birbirleriyle yakından ilişkilidir (Gonçalves and Rocha 2017). Antimikrobiyal kaplamalar veya filmler son yirmi yıldır etlerin korunmasında bir gereklilik olarak kabul edilebilir (Yousefi, Azizi and Ehsani 2018). Bir antimikrobiyal maddenin uzun süre boyunca bir ambalaj filminden gıda yüzeyine kademeli olarak salınması, antimikrobiyalın gıdalara dahil edilmesinden daha avantajlı olabilir (Mauriello, De Luca, La Stora, Villani and Ercolini 2005). Organik asitlerin antimikrobiyal etkisi, bakteri hücre zarına nüfuz edebilen ayrışmamış formun konsantrasyonuna bağlıdır. Hücre içinde bunların ayrışması, zar taşıması ile etkileşime ve proton hareket kuvvetinin bozulmasına yol açar (Cagri, Ustunol, Osburn and Ryser 2003). Uçucu yağlar, genellikle, ana antimikrobiyal bileşenlerinin karışımlarından daha yüksek antibakteriyel aktivite gösterir; bu da küçük bileşenlerin, gelişmiş aktivite için kritik olduğunu düşündürür (Bassolé and Juliani 2012). Antimikrobiyal mekanizma, proton hareket gücünü bozan sitoplazmik zarın bozulmasına bağlanır; hücre içeriğinin aktif taşıması ve pıhtılaşması meydana gelebilir. Nisin gibi bakteriyosinler, spesifik olmayan elektrostatik etkileşimler yoluyla plazma membranlarına bağlanır ve ikili bir etki şekline sahiptir. Antibakteriyel aktivite, bakteriyel plazma zarındaki gözenek oluşumundan kaynaklanır, bu da transmembran potansiyelinin ve hayati çözünen gradyanların dağılmasına yol açar. Gözenek oluşumunun yüksek verimliliği, hücre duvarı öncüsü Lipid II'yi içeren, nisinin zar için afinitesini artıran, nisinin transmembran yönelimini stabilize eden ve nisin gözeneginin ayrılmaz bir parçasını oluşturan ikinci bir mekanizmanın sonucudur. Gözenek yapısı, peptidoglikan biyosentezine müdahale eden dört lipid II ve 8 nisin molekülünden oluşan bir kompleks içerir (Chatterjee, Paul, Xie and Van Der Donk 2005) (Breukink 2006). Sığır etinde kekik uçucu yağları içeren süt proteini bazlı filmin antimikrobiyal ve antioksidan etkilerinin incelendiği çalışmada; kontrol örneklerine göre film uygulanmış etlerde *Pseudomonas* spp ve *E. coli* O157:H7 seviyelerinde sırasıyla 0,95 ve 1.12 log azalma tespit edilmiştir. (Oussalah, Caillet, Salmiéri, Saucier and Lacroix 2004). Nar kabuğu ekstraktı içeren kazein bazlı yenilebilir filmlerin kıymanın mikrobiyal kalitesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada ise filmlerin antimikrobiyal aktivitesinin çoğunlukla ette bulunan mikroorganizma türlerine bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Nar kabuğu ekstresinin antimikrobiyal etkisi, Gram negatif bakterilere (*E.coli*) kıyasla Gram pozitif bakterilere (*S. aureus*) karşı daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Emam-Djomeh, Moghaddam and Yasini Ardakani 2015).

Greyfurt çekirdeği özütü (GFSE) veya yeşil çay özütü (GTE) içeren yenilebilir *Gelidium corneum*-jelatin (GCG) harmanı filmlerin domuz filetolarının depolama kalitesine etkisi incelenmiş. Domuz fileto örnekleri *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* ile aşılanmış GFSE (%0,08) veya GTE (%2,80) içeren GCG filmi ile paketlenmişlerdir. Numunelerde, 4 günlük depolamadan sonra kontrole kıyasla *E. coli* O157:H7 ve *L. monocytogenes* popölyasyonlarında sırasıyla 0,69 ila 1,11 ve 1,05 ila 1,14 log CFU/g'lık bir düşüş gözlenmiştir. (Hong, Lim and Song 2009).

Farklı koruma tekniklerinin bir araya getirilmesiyle araştırmacılar, bozulabilir ürünlerin mikrobiyal kalitesi, depolama ömrü ile ilgili hedeflere ulaşmada başarılı olmuşlardır (Gutiérrez, Batlle, Andújar, Sánchez and Nerín 2011) (Hecer and Guldas 2011). Kitosanın antimikrobiyal etkisi, kitosan türü, polimerizasyon derecesi ve çevresel koşullardan etkilenir. Kitosan kaplamalar, aerobik bakterilerin büyümesinin inhibisyonuna yol açan oksijen transferine karşı bariyer görevi görür (Siripatrawan and Noipha 2012). *Listeria monocytogenes* ATCC 19115'in kitosan kaplı plastik filmlere dahil edilen çay biyoaktif bileşikleri ile jambon bifteği üzerinde inhibisyonu incelenmiştir: Doğal özütlerin kitosan içine dahil edilmesiyle, *L. monocytogenes* ATCC 19115'in büyümesinin inhibe edildiği belirlenmiştir. Kitosan kaplı plastik filme eklenen çay ekstraktlarının antimikrobiyal etkinliğinin doza bağlı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, %4 yeşil çay özü içeren kitosan kaplı plastik filmlerin en etkili antimikrobiyal film olduğu bildirilmiştir (Vodnar 2012). Farklı konsantrasyonlarda kitosan ile muamele edilmiş sığır etinin mikrobiyolojik kalitesi ve raf ömrünün incelendiği araştırmada; vakumlu paketlenmiş ve 12 gün boyunca 4°C'de depolanmış sığır eti örnekleri üzerine kitosan uygulamasının mikrobiyolojik kaliteyi artırdığı, raf ömrünü genellikle 5-8 gün uzattığı belirlenmiş ve bu uygulamanın kimyasal koruyucu katkı maddelerine alternatif olabileceği bildirilmiştir (Alam, Murshed, Rahman and Oh 2017). Kitosan yenilebilir kaplamaların köftede depolama süresince etkisinin artırıldığı çalışmada kitosan kaplamalar %0,2 sarımsak yağı, %0,1 potasyum sorbat ve 51,000 IU. nisin ile birleştirilmiştir. Tüm kitosan kaplamaların, soğutma sıcaklığında köftede mikrobiyal gelişimi baskıladığı kuvvetli bir şekilde ortaya çıkmıştır (Pranoto and Rakshit 2008). Tüketime hazır sığır köftelerinin yüzeyindeki yenilebilir kitosan kaplamasının, köftelerde mikrobiyal popülasyonları azalttığı ve büyümeyi geciktirerek raf ömrünü uzatabileceği tespit edilmiştir. Ayrıca kaplanmış köftelerde kitosanın *L. monocytogenes*'in büyümesinde inhibe edici bir etkisi olduğu bildirilmiştir (Antoniadou, Govaris, Ambrosiadis and Sergelidis 2019).

Laurik arginat (LAE), çok çeşitli gıda patojenlerine ve bakteriler, mayalar ve küfler dahil olmak üzere bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı oldukça aktif olan, gıda sınıfı katyonik bir yüzey aktif maddedir (Terjung, Loeffler, Gibis, Salminen, Hinrichs and Weiss 2014). LAE, hücrelerde herhangi bir bozulma tespit edilmese de, membran potansiyelini bozarak ve yapısal değişikliklere neden olarak hücre canlılığını etkiler (Rodriguez, Seguer, Rocabayera and Manresa 2004). Yenilebilir kalsiyum aljinat kaplamasının, soğutulmuş kuzu etinin mikrobiyal ve kimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Kaplanmış numunelerde toplam mikrobiyal sayımların kontrol numunelerine kıyasla önemli ölçüde düşük olduğu belirlenmiştir. Kuzu etinin mikrobiyal ve kimyasal özelliklerini iyileştirmede ve raf ömrünü uzatmada kalsiyum aljinatın etkinliği doğrulanmıştır (Koushki, Azizi, Koohy-Kamaly and Azizkhani 2015) Buffalo eti köftesine aljinat kaplama uygulamasının köftenin toplam canlı, psikrofilik bakteri, *Staphylococcus* spp., maya ve küf sayımlarını önemli ölçüde düşürdüğü bildirilmiştir (Keshri and Sanyal 2009). Yenilebilir filmler; yenilebilir ve antimikrobiyal bileşen olarak geleneksel gıda paketlenme sistemlerine dahil edilebilir (Vodnar, Pop, Dulf and Socaciu 2015). Yenilebilir filmler ve kaplamalar, özellikle et ürünleri olmak üzere gıda ambalajı için potansiyel faydalara sahiptir (Koushki, Azizi, Koohy-Kamaly and Azizkhani 2015).

Yapılan bir çalışmada; %1, 2 veya 3 kekik veya kekik esansiyel yağları (EO) içeren soya proteinli yenilebilir kaplamaların buzdolabında saklanan taze sığır eti üzerinde *Escherichia coli* O157: H7 (EC), *Listeria monocytogenes* (LM) ve *Staphylococcus aureus* (SA)'a karşı inhibe edici etkileri incelenmiştir: %3 EO eklendiğinde, SA'ya karşı yenilebilir soya kaplamalarının daha fazla antimikrobiyal aktivitesi kanıtlanmıştır. %3 kekik ve kekik EO'lu kaplamalar 14. günde kontrole kıyasla, SA, LM ve EC popülasyonlarında sırasıyla 2.86 ve 2.59, 1.97 ve 1.90 ve 1.87 ve 1.83 log CFU / g düşüşler sergilemiştir (Yemiş and Candoğan 2017). Hindiba esansiyel yağı ile birleştirilmiş *Lepidium perfoliatum* tohum müsilajının yenilebilir kaplama olarak kullanıldığında sığır eti diliminin lipid oksidasyonu ve mikrobiyal büyümesi üzerinde önemli bir inhibitör etki gösterdiği bildirilmiştir (Alizadeh Behbahani, Falah, Vasiee and Tabatabaee Yazdi 2021). Yapılan başka bir çalışmada soğutma koşulları altında manda etinin raf ömrünü iyileştirmede yenilebilir kaplama olarak Citrus limon esansiyel yağı (CLEO) içeren *Plantago* ana tohum müsilajının (PMSM) etkisi incelenmiştir: Kaplanmış manda eti örneklerinde kontrol örneklerine göre lipid oksidasyonu ve mikrobiyal büyümenin (toplam canlı sayı, psikrotrofik bakteri, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* ve mantarlar) önemli ölçüde azadığı bildirilmiştir. Sonuçlara göre, CLEO açısından zengin *Plantago* ana tohum müsilajı (PMSM) yenilebilir kaplamasının, et ürünlerinin lipid oksidasyonuna ve mikrobiyal bozulmaya karşı stabilitesini geliştirmek için yeni ve etkili bir koruyucu olarak uygulanabileceği rapor edilmiştir (Noshad, Alizadeh Behbahani, Jooyandeh, Rahmati-Joneidabad, Hemmati Kaykha and Ghodsi Sheikhjan 2021). Sığır etinin soğuk depolamada raf ömrünün uzatmak amacıyla *Anethum graveolens* esansiyel yağı ve *Plantago* ana tohum müsilajının (PMSM) yenilebilir kaplama olarak kullanıldığı çalışmada: Kontrol örnekleri ile karşılaştırıldığında PMSM sığır etinin mikrobiyal raf ömrünü 3 gün uzatırken, PMSM+%0.5D, PMSM+%1D ve PMSM+%1.5D, sığır etinin raf ömrünü sırasıyla 6, 9 ve 9 gün önemli ölçüde uzattığı belirlenmiştir (Behbahani, Shahidi, Yazdi, Mortazavi and Mohebbi 2017). İsviçre usulü pişmiş köftelerde biberiye, portakal ve limon ekstraktlarının antioksidan ve antibakteriyel etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar et ürünlerinde biberiye ve narenciye özleri kullanılarak önemli avantajlar elde edildiğini ancak, sadece biberiyenin laktik asit bakterilerini biraz indirmediğini göstermiştir (Fernandez-Lopez, Zhi, Aleson-Carbonell, Pérez-Alvarez and Kuri 2005). Diğer bir çalışmada; biberiye özü ile formüle edilmiş jelatin bazlı aktif yenilebilir kaplamaların uygun şekilde formüle edilerek uygulandığında köftelerin korunması ve raf ömrü için kullanılabilirliği belirlenmiştir (Torusdağ, Gümüş And Boran 2021). Mercanköşk ve kekik uçucu yağlar ile birleştirilmiş yenilebilir soya filmlerinin taze kıyma köftesi üzerindeki antimikrobiyal aktivitesinin incelendiği çalışmada; mercanköşk ve kekik dahil edilen yenilebilir soya filmleri tüm bakterilere karşı inhibisyon bölgesi testinde benzer antibakteriyel aktivite sergilediği belirlenmiştir. *E. coli*, *E. coli* O157:H7 ve *S. aureus*, antimikrobiyal filmler tarafından önemli ölçüde inhibe edilirken, *L. plantarum* ve *P. aeruginosa*'nın daha dirençli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca yenilebilir soya filmlerin laktik asit bakterileri ve *Staphylococcus* spp üzerinde önemli etkileri olmazken koliform ve *Pseudomonas* spp'de azalmalar gözlenmiştir (Emiroğlu, Yemiş, Coşkun and Candoğan 2010). Jelatininin köftelerde yenilebilir bir kaplama olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı çalışmada köftelerinin raf süresini uzatabileceği belirtilmiştir (Wulandari and Yuliatmo 2018).

Et ürünlerine uygulanan antimikrobiyal yenilebilir filmler ve kaplamaların (AEFC) formülasyonuna uçucu yağların doğrudan dahil edilmesinin, bakteri popülasyonunu azaltması beklenir ancak duyu özellikler değişebilir (Véronique 2008). Antimikrobiyal ajanlar, mikrobiyal popülasyona karşı çok etkili olmasına, et ve et ürünlerinin kalitesini artırmasına, raf ömrünü uzatmasına rağmen, bazı yan etkilere neden olabildikleri unutulmamalıdır (Chauhan, Negi and Ramteke 2007). Bilimsel literatür, yapay koruyucuların bazı

durumlarda aşırı duyarlılık, astım, nörolojik hasar, hiperaktivite ve kanser gibi ciddi sağlık tehlikelerine neden olabileceğini göstermiştir (Anand and Sati 2013). Beta hidroksil anizol, bütirat hidroksil toluen ve üçüncül bütül hidrokinon gibi sentetik antioksidanlar, et ve et ürünlerini korumak için yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır (Fasseas, Mountzouris, Tarantilis, Polissiou and Zervas 2008). Bu antioksidanların insan ve hayvanlar üzerinde toksik, mutajenik ve/veya kanserojen etkileri olduğu keşfedildiği için kullanımı şüphelidir (Hayes, Allen, Brunton, O'grady, and Kerry 2011). Sentetik koruyucular devlet kurumları tarafından onaylandığı halde, bu koruyucuların çoğu hala sağlığımızı tehdit etmektedir. Bu nedenle araştırmacılar, antimikrobiyal aktiviteleri için doğal ürünlerin potansiyeline daha fazla önem vermektedir (Dorman and Deans 2000) (Elgayyar, Draughon, Golden and Mount 2001). Bakteriyel antibiyotik direnç ve kimyasal koruyucularla ilgili olumsuz tüketici tutumları, gıda bozulmaları ve tehlikeli patojenlerin kontrolü için doğal antimikrobiyal moleküllerin kullanımına olan ilgiyi artırmıştır (Srey, Jahid and Ha 2013). Performansları üzerine çok sayıda araştırmaya rağmen film ve kaplamaların sanayileşmesi, sorunlarını ele alan etkili tekniklerin tasarlanması için daha fazla araştırmanın dikkatli bir şekilde yapılması gerektiği bildirilmiştir (Musatti, Cavicchioli, Mapelli, Bertoni, Hogenboom, Pellegrino and Rollini 2020).

4. Sonuç

Gıda ambalajı üretici ve tüketicinin ilgi alanıdır ve teknolojik gelişime ve tüketici isteklerine paralel olarak değişime uğramaktadır. Besin değeri yüksek olan gıda tüketimi için et kalitesini korumak önemlidir ancak mikrobiyal gelişme büyüme endişe kaynağıdır. Çok sayıda çalışmada et ve et ürünlerinde besin değerini koruma ve raf ömrünü uzatmaya odaklanılmıştır. Antimikrobiyal film ve kaplamalar et ve köfte kalitesini korumak için alternatif yöntemler olarak sunulmaktadır. Araştırma düzeyinde yapılan çalışmaların endüstriyel ölçekli uygulamalara adapte edilebilmesi için üretim teknolojilerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kullanılan antimikrobiyal maddelerin sağlık üzerindeki etkileri konusuna odaklanılmalı ve doğal bileşikler tercih edilmelidir. Film ve kaplama materyalleri ile antimikrobiyal bileşiklerin çeşidi, oranı gıdanın özelliklerine ve hedef mikroorganizmalara bağlı olarak seçilmelidir. Gelecekte araştırmacılar farklı işlevsel özelliklere sahip ambalajlama yöntemi geliştirmek için çalışmalarını sürdürerek güvenli et ve et ürünü tüketimine katkı sağlayacaklardır. Et ve et ürünlerinin ticari uygulamalarında ürün güvenliğine katkı sağlayan antimikrobiyal yenilebilir film ve kaplamalara ihtiyaç vardır.

5. Kaynakça

- Alam, J, HM Murshed, SME Rahman, and DH Oh. 2017. "Effect of chitosan on quality and shelf life of beef at refrigerated storage." *Bangladesh Journal of Animal Science* 46(4):230-38.
- Aleson-Carbonell, L, J Fernández-López, JA Pérez-Alvarez, and V Kuri. 2005. "Characteristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo." *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6(2):247-55.
- Alizadeh Behbahani, Behrooz, Feresteh Falah, Alireza Vasice, and Farideh Tabatabaee Yazdi. 2021. "Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil." *Food science & nutrition* 9(5):2458-67.
- Anand, S. P., & Sati, N. 2013. Artificial preservatives and their harmful effects: looking toward nature for safer alternatives. *International journal of pharmaceutical sciences and research*, 4(7), 2496.
- Anonim, 2012. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği. Tebliği No: 2012/74.
- Antoniadou, D, A Govaris, I Ambrosiadis, and D Sergelidis. 2019. "Effect of chitosan coating on the shelf life of ready-to-eat bovine meatballs and the control of *Listeria monocytogenes* growth on their surface during refrigeration storage." *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 70(2):1495-502.
- Arihara, Keizo. 2006. "Strategies for designing novel functional meat products." *Meat science* 74(1):219-29.
- Arnim, Ferawati, and Yetti Marlida. 2012. "The effect of liquid smoke utilization as preservative for meatballs quality." *Pak. J. Nutr* 11(11):1078-80.
- Arshad, Muhammad Sajid, and Syeda Ayesha Batool. 2017. "Natural antimicrobials, their sources and food safety." *Food additives* 87(1).
- Bassolé, Imaël Henri Nestor, and H Rodolfo Juliani. 2012. "Essential oils in combination and their antimicrobial properties." *Molecules* 17(4):3989-4006.
- Behbahani, Behrooz Alizadeh, Fakhri Shahidi, Farideh Tabatabaee Yazdi, Seyed Ali Mortazavi, and Mohebbat Mohebbi. 2017. "Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage." *International journal of biological macromolecules* 94:515-26.
- Bilek, A Elif, and Sadettin Turhan. 2009. "Enhancement of the nutritional status of beef patties by adding flaxseed flour." *Meat science* 82(4):472-77.
- Bolmar, Tomas, Vibeke Orlien, Anita Sikes, Kemal Aganovic, Kathrine H Bak, Claire Guyon, Anna-Sophie Stübler, Marie de Lamballerie, Christian Hertel, and Dagmar A Brüggemann. 2021. "High-pressure processing of meat: Molecular impacts and industrial applications." *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20(1):332-68.
- Breukink, Eefjan. 2006. "A lesson in efficient killing from two-component lantibiotics." *Molecular Microbiology* 61(2):271-73.
- Brody, Aaron L, Betty Bugusu, Jung H Han, Claire Koelsch Sand, and Tara H McHugh. 2008. "Innovative food packaging solutions." *Journal of food science* 73(8):107-16.
- Cagri, A, Z Ustunol, W Osburn, and ET Ryser. 2003. "Inhibition of *Listeria monocytogenes* on hot dogs using antimicrobial whey protein-based edible casings." *Journal of food science* 68(1):291-99.
- Chatterjee, Champak, Moushumi Paul, Lili Xie, and Wilfred A Van Der Donk. 2005. "Biosynthesis and mode of action of lantibiotics." *Chemical reviews* 105(2):633-84.
- Chauhan, Attar Singh, Pradeep Singh Negi, and Ramesh Shyam Ramteke. 2007. "Antioxidant and antibacterial activities of aqueous extract of Seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides*) seeds." *Fitoterapia* 78(7-8):590-92.

- Choe, Ju-Hui, Hack-Youn Kim, Yun-Sang Choi, Doo-Jeong Han, Ji-Hun Choi, Yong-Jae Kim, and Cheon-Jei Kim. 2011. "Effects of pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch.) leaf ethanolic extracts on lipid oxidation and microbial activity in refrigerated raw ground pork." *Food Science of Animal Resources* 31(6):865-71.
- Davidson, P Michael, John N Sofos, and A Larry Branen. 2005. *Antimicrobials in food*: CRC press.
- Diet, WHO. 2003. "nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a joint WHO/FAO expert consultation." WHO Technical report series 916:34-38.
- Dorman, HJ–Deans, and Stanley G Deans. 2000. "Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils." *Journal of applied microbiology* 88(2):308-16.
- Duong, B., & Kiesel, M. 1991. *The Simple Art of Vietnamese Cooking*. Prentice Hall.
- Elgayyar, M, FA Draughon, DA Golden, and JR Mount. 2001. "Antimicrobial activity of essential oils from plants against selected pathogenic and saprophytic microorganisms." *Journal of food protection* 64(7):1019-24.
- Emam-Djomeh, Zahra, Arezoo Moghaddam, and Seyed Ali Yasini Ardakani. 2015. "Antimicrobial activity of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel extract, physical, mechanical, barrier and antimicrobial properties of pomegranate peel extract-incorporated sodium caseinate film and application in packaging for ground beef." *Packaging Technology and Science* 28(10):869-81.
- Emiroğlu, Zehra Karagöz, Gökçe Polat Yemiş, Betül Kodal Coşkun, and Kezban Candoğan. 2010. "Antimicrobial activity of soy edible films incorporated with thyme and oregano essential oils on fresh ground beef patties." *Meat science* 86(2):283-88.
- Fakhouri, Farayde Matta, Silvia Maria Martelli, Thiago Caon, José Ignacio Velasco, and Lucia Helena Innocentini Mei. 2015. "Edible films and coatings based on starch/gelatin: Film properties and effect of coatings on quality of refrigerated Red Crimson grapes." *Postharvest Biology and Technology* 109:57-64.
- Fasseas, M. K., Mountzouris, K. C., Tarantilis, P. A., Polissiou, M., & Zervas, G. 2008. Antioxidant activity in meat treated with oregano and sage essential oils. *Food chemistry*, 106(3), 1188-1194.
- Ferawati, HP, YF Kurnia, and E Purwati. 2017. "Microbiological Quality and Safety of Meatball Sold in Payakumbuh City." West Sumatra, Indonesia.
- Fernandez-Lopez, J, N Zhi, L Aleson-Carbonell, JA and Pérez-Alvarez, and V Kuri. 2005. "Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatballs." *Meat science* 69(3):371-80.
- Fernández-Ginés, J. M., Fernández-López, J., Sayas-Barberá, E., & Pérez-Alvarez, J. A. 2005. Meat products as functional foods: A review. *Journal of food science*, 70(2), R37-R43.
- Fulton, M. 1983. *Encyclopedia of food and cookery*. Melbourne: Octopus Book Pty.
- Genskowsky, E, LA Puente, JA Pérez-Álvarez, J Fernandez-Lopez, LA Muñoz, and M Viuda-Martos. 2015. "Assessment of antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with maqui berry (*Aristotelia chilensis*)." *LWT-Food Science and Technology* 64(2):1057-62.
- Gonçalves, AA, and MDOC Rocha. 2017. "Safety and quality of antimicrobial packaging applied to seafood." *MOJ Food Processing and Technology* 4(1):00079.
- Gutiérrez, Laura, Ramón Batlle, Sonia Andújar, Cristina Sánchez, and Cristina Nerín. 2011. "Evaluation of antimicrobial active packaging to increase shelf life of gluten-free sliced bread." *Packaging Technology and Science* 24(8):485-94.
- Gyawali, Rabin, and Salam A Ibrahim. 2014. "Natural products as antimicrobial agents." *Food control* 46:412-29.
- Hamann, Daniele, Bruna Maria Saorin Puton, Rosicler Colet, Juliana Steffens, Giovana Cristina Ceni, Rogério Luis Cansian, and Geciane Toniazco Backes. 2021. "Active edible films for application in meat products." *Research, Society and Development* 10(7):e13610716379-e79.
- Hayes, J. E., Allen, P., Brunton, N., O'grady, M. N., & Kerry, J. P. 2011. Phenolic composition and in vitro antioxidant capacity of four commercial phytochemical products: Olive leaf extract (*Olea europaea* L.), lutein, sesamol and ellagic acid. *Food Chemistry*, 126(3), 948-955.
- Hecer, Canan, and METİN Guldaz. 2011. "Effects of lactic acid, fumaric acid and chlorine dioxide on shelf-life of broiler wings during storage." *African Journal of Microbiology Research* 5(23):3880-83.
- Heinz, Gunter, and Peter Hautzinger. 2007. "Meat processing technology for small to medium scale producers."
- Hong, Y-H, G-O Lim, and KB Song. 2009. "Physical properties of Gelidium corneum–gelatin blend films containing grapefruit seed extract or green tea extract and its application in the packaging of pork loins." *Journal of food science* 74(1):C6-C10.
- Hugas, M, M Garriga, M Pascual, MT Aymerich, and JM Monfort. 2002. "Enhancement of sakacin K activity against *Listeria monocytogenes* in fermented sausages with pepper or manganese as ingredients." *Food Microbiology* 19(5):519-28.
- Hossain, S. 2021. Assignment On Meat and Meat products. <https://www.researchgate.net/publication/356218185>
- Igene, JO. 2009. "Traditional African Meat Products for Food Security and Industrialization: Development Challenges." Lambert Academic Publishing, Germany. 250pp.
- Keçeci S 2018. Sığır Eti Köftelerinin Bazı Fizikokimyasal, Tekstürel ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Farklı Düzeylerde Dondurarak Kurutulmuş Çeşitli Sebze Turşusu Tozlarının Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Koushki, MR, MH Azizi, P Koohy-Kamaly, and M Azizkhani. 2015. "Effect of calcium alginate edible coatings on microbial and chemical properties of lamb meat during refrigerated storage." *Journal of food quality and hazards control* 2(1):6-10.
- Korkmaz A 2018. Köfte Üretiminde Kurutulmuş Ekmek Kullanımının Heterosiklik Aromatik Amin Oluşumu Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Kundakçı, A., & Ergonul, B. 2009. Ege bölgesi geleneksel köfte çeşitleri. II. Geleneksel Gıdalar Sempozyumu, 27-29.
- Lee, Mi-Ai, Ji-Hun Choi, Yun-Sang Choi, Doo-Jeong Han, Hack-Youn Kim, So-Yeon Shim, Hae-Kyung Chung, and Cheon-Jei Kim. 2010. "The antioxidative properties of mustard leaf (*Brassica juncea*) kimchi extracts on refrigerated raw ground pork meat against lipid oxidation." *Meat science* 84(3):498-504.

- Longhi, Daniel Angelo, Nathália Buss da Silva, Wiaslan Figueiredo Martins, Bruno Augusto Mattar Carciofi, Gláucia Maria Falcão de Aragão, and Joao Borges Laurindo. 2018. "Optimal experimental design to model spoilage bacteria growth in vacuum-packaged ham." *Journal of Food Engineering* 216:20-26.
- Lucera, A, C Costa, A Conte, and MA Del Nobile. 2012. "Food applications of natural antimicrobial compounds, *Front. Microbiol.* 3 (2012) 1–13."
- Mahalik, Nitaigour P, and Arun N Nambiar. 2010. "Trends in food packaging and manufacturing systems and technology." *Trends in food science & technology* 21(3):117-28.
- Mauriello, GDLE, E De Luca, A La Stora, F Villani, and D Ercolini. 2005. "Antimicrobial activity of a nisin-activated plastic film for food packaging." *Letters in applied microbiology* 41(6):464-69.
- Mathew, R., Jaganathan, D. 2017. *Packaging And Storage Practices Of Meat. G.J.B.A.H.S., Vol.6(1):32-40*
- Mohamed, Salah AA, Mohamed El-Sakhawy, and Mohamed Abdel-Monem El-Sakhawy. 2020. "Polysaccharides, protein and lipid-based natural edible films in food packaging: A review." *Carbohydrate Polymers* 238:116178.
- Mondry, H. 1996. *Packaging systems for processed meat.* In S. A. Taylor, Raimundo, M. Severini, F. J. M. Smulders (Eds.), *Meat quality and meat packaging Utrecht, Holland: ECCEAMST*, pp. 323-333.
- Musatti, Alida, Daniele Cavicchioli, Chiara Mapelli, Danilo Bertoni, Johannes A Hogenboom, Luisa Pellegrino, and Manuela Rollini. 2020. "From cheese whey permeate to sakacin A: a circular economy approach for the food-grade biotechnological production of an anti-*Listeria bacteriocin.*" *Biomolecules* 10(4):597.
- Nedovic, Viktor, Ana Kalusevic, Verica Manojlovic, Steva Levic, and Branko Bugarski. 2011. "An overview of encapsulation technologies for food applications." *Procedia Food Science* 1:1806-15.
- Noorimotlagh, Z, M Mansourian, H Nourmoradi, Z Shafieyan, and P Banavi. 2015. "Study of knowledge and attitude of among Ilam University of Medical Sciences students regarding to food sanitation and safety."
- Noruzi, Masumeh. 2016. "Electrospun nanofibres in agriculture and the food industry: a review." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96(14):4663-78.
- Noshad, Mohammad, Behrooz Alizadeh Behbahani, Hossein Jooyandeh, Mostafa Rahmati-Joneidabad, Mohsen Ebrahimi Hemmati Kaykha, and Mitra Ghodsi Sheikhjan. 2021. "Utilization of *Plantago major* seed mucilage containing *Citrus limon* essential oil as an edible coating to improve shelf-life of buffalo meat under refrigeration conditions." *Food science & nutrition* 9(3):1625-39.
- Oussalah, Mounia, Stephane Caillet, Stéphane Salmiéri, Linda Saucier, and Monique Lacroix. 2004. "Antimicrobial and antioxidant effects of milk protein-based film containing essential oils for the preservation of whole beef muscle." *Journal of agricultural and food chemistry* 52(18):5598-605.
- Pranoto, Yudi, and Sudip Kumar Rakshit. 2008. "Effect of chitosan coating containing active agents on microbial growth, rancidity and moisture loss of meatball during storage." *Agritech* 28(4).
- Purnomo, H. 1990. "Kajian mutu bakso daging, bakso urat, dan bakso aci di daerah Bogor (A study of beef bakso, tendon bakso, and 'aci'bakso in Bogor area)." Bogor: Bogor Agriculture Institute, Bachelor Thesis.
- Redden, V. R., & Chen, T. 1995. *The potential of Chinese meatballs and dried meat as value added PSE pork products.* *Food Australia*, 47(7), 323-326.
- Rodriguez, E, J Seguer, X Rocabayera, and A Manresa. 2004. "Cellular effects of monohydrochloride of l-arginine, N α -lauroyl ethylester (LAE) on exposure to *Salmonella typhimurium* and *Staphylococcus aureus.*" *Journal of applied microbiology* 96(5):903-12.
- Salleh, E, I Muhamad, and N Khairuddin. 2007. "Preparation, characterization and antimicrobial analysis of antimicrobial starch-based film incorporated with chitosan and lauric acid." *Asian Chitin Journal* 3:55-68.
- Sánchez-Ortega, Irais, Blanca E García-Almendárez, Eva María Santos-López, Aldo Amaro-Reyes, J Eleazar Barboza-Corona, and Carlos Regalado. 2014. "Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation." *The Scientific World Journal* 2014.
- Sánchez-Escalante, Armida, Gaston Torrescano, Djamel Djenane, Jose Antonio Beltran, and Pedro Roncales. 2003. "Stabilisation of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants." *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83(3):187-94.
- Sarkar, S., & Aparna, K. 2020. *Food packaging and storage. Research Trends in Home Science and Extension AkiNik Pub*, 3, 27-51.
- Ščetar, M, Mia Kurek, and Kata Galić. 2010. "Trends in meat and meat products packaging—a review." *Croatian journal of food science and technology* 2(1):32-48.
- Serdaroğlu, M., & Değirmencioğlu, Ö. 2004. Effects of fat level (5%, 10%, 20%) and corn flour (0%, 2%, 4%) on some properties of Turkish type meatballs (koefte). *Meat Science*, 68(2), 291-296.
- Shokri, Rouhhollah, Majid Hashemi, Reza Jorvand, Hashem Hajiveisi, Atefeh Shamsi, Hafez Golestani Far, and Shima Rezaei. 2018. "A survey on the knowledge and attitudes of Dehloran health network personnel about food safety and health." *Journal of Advances in Environmental Health Research* 6(1):27-33.
- Siripatrawan, Ubonrat, and Suparat Noipha. 2012. "Active film from chitosan incorporating green tea extract for shelf life extension of pork sausages." *Food hydrocolloids* 27(1):102-08.
- Srey, Sokunrotanak, Iqbal Kabir Jahid, and Sang-Do Ha. 2013. "Biofilm formation in food industries: a food safety concern." *Food control* 31(2):572-85.
- Sung, Suet-Yen, Lee Tin Sin, Tiam-Ting Tee, Soo-Tuen Bee, AR Rahmat, WAWA Rahman, Ann-Chen Tan, and M Vikhraman. 2013. "Antimicrobial agents for food packaging applications." *Trends in food science & technology* 33(2):110-23.
- Terjung, Nino, Myriam Loeffler, Monika Gibis, Hanna Salminen, Jörg Hinrichs, and Jochen Weiss. 2014. "Impact of lauric arginate application form on its antimicrobial activity in meat emulsions." *Food Biophysics* 9(1):88-98.
- Topuz, Fuat, and Tamer Uyar. 2020. "Antioxidant, antibacterial and antifungal electrospun nanofibers for food packaging applications." *Food Research International* 130:108927.

- Torusdağ, Gülşen Berat, Sümeysra Gümüş, and Gökhan Boran. 2021. "Effect of gelatin-based active coatings formulated with rosemary extract on quality of cold stored meatballs." *Food Science and Technology*.
- Turhan, Sadettin, Hasan Temiz, and Inci Sagir. 2007. "Utilization of wet okara in low-fat beef patties." *Journal of Muscle Foods* 18(2):226-35.
- Umaraw, Pramila, Paulo ES Munekata, Akhilesh K Verma, Francisco J Barba, VP Singh, Pavan Kumar, and José M Lorenzo. 2020. "Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products." *Trends in food science & technology* 98:10-24.
- Véronique, C.O.M.A. 2008. "Bioactive packaging technologies for extended shelf life of meat-based products." *Meat science* 78(1-2):90-103.
- Vodnar, Dan C. 2012. "Inhibition of *Listeria monocytogenes* ATCC 19115 on ham steak by tea bioactive compounds incorporated into chitosan-coated plastic films." *Chemistry Central Journal* 6(1):1-6.
- Wulandari, D, and R Yuliatmo. 2018. "The effect of coating of edible film from bovine split hide gelatin on beef meatballs properties." *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture* 43(2):177-83.
- Ye, Mu, Huda Neetoo, and Haiqiang Chen. 2008. "Control of *Listeria monocytogenes* on ham steaks by antimicrobials incorporated into chitosan-coated plastic films." *Food Microbiology* 25(2):260-68.
- Yemiş, Gökçe Polat, and Kezban Candoğan. 2017. "Antibacterial activity of soy edible coatings incorporated with thyme and oregano essential oils on beef against pathogenic bacteria." *Food science and biotechnology* 26(4):1113-21.
- Yousefi, Mohammad, Maryam Azizi, and Ali Ehsani. 2018. "Antimicrobial coatings and films on meats: a perspective on the application of antimicrobial edible films or coatings on meats from the past to future." *Bali Medical Journal* 7(1):87-96.
- Zhang, J., Zhang, Y., Wang, Y., Xing, L., & Zhang, W. 2020. Influences of ultrasonic-assisted frying on the flavor characteristics of fried meatballs. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 62, 102365.
- Zhang, N., Zhao, Y., Fan, D., Xiao, J., Cheng, K. W., & Wang, M. 2020. Inhibitory effects of some hydrocolloids on the formation of heterocyclic amines in roast beef. *Food Hydrocolloids*, 108, 106073.
- Zhou, GH, XL Xu, and Yuan Liu. 2010. "Preservation technologies for fresh meat—A review." *Meat science* 86(1):119-28.