

## **ET VE ET ÜRÜNLERİNDE FOSFATLAR: İŞLEVLERİ VE İKAME OLANAKLARININ GÜNCEL ÇERÇEVEDE DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Burcu Öztürk\*, Meltem Serdaroğlu**

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

Geliş / *Received*: 06.03.2017; Kabul / *Accepted*: 26.04.2017; Online baskı / *Published online*: 07.07.2017

Öztürk, B., Serdaroğlu, M. (2017). Et ve et ürünlerinde fosfatlar: işlevleri ve ikame olanaklarının güncel çerçevede değerlendirilmesi, *GIDA* (2017) 42 (5): 535-545 doi: 10.15237/gida.GD17026

### **Öz**

Et ve et ürünlerinde fosfatlar, su tutma kapasitesini yükselterek ürün verimini arttıran, renk, lezzet ve tekstürü geliştirme özelliğine sahip ve antioksidan etki gösteren çok fonksiyonlu ve ekonomik bileşiklerdir. Son yıllarda diyetle gıda katkı maddesi kaynaklı fosfatların yüksek oranda tüketiminin sağlık üzerinde önemli risklere neden olduğunun anlaşılması ile birlikte, fosfat kullanımının sınırlandırılması gerekliliği gündeme gelmiştir. Et ürünlerinde fosfatın gösterdiği farklı fonksiyonları karşılayabilme potansiyeli olan doğal bileşenlerin kullanımı ile ilgili araştırmalara ağırlık verilmiştir. Bu derlemede, fosfatların et ve et ürünlerinde başlıca işlevleri, diyetle fazla miktarda tüketimlerinin sağlık üzerine etkileri ve alternatif doğal bileşenlerle ikame olanaklarının tartışılması amaçlanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Fosfat, polifosfat, ikame, sağlıklı et ürünü

## **PHOSPHATES IN MEAT AND MEAT PRODUCTS: CURRENT PERSPECTIVE ON EVALUATION OF THEIR FUNCTIONS AND REPLACEMENT POSSIBILITIES**

### **Abstract**

Phosphates are multi-functional and low-cost compounds enhancing product yield by increasing water holding capacity, improve colour, flavor and texture as well as having antioxidant functions. In recent years, due to health issues led by consuming highly amount of food additive sourced phosphates, necessary limitation of their usage has come into prominence. Recent studies have many focused on utilization of natural ingredients that have ability to meet different functions of phosphates in meat products. Within this review, it was objected to discuss the primary functions of phosphates, health impacts of excess dietary phosphate intake and replacement possibilities of phosphates with alternative natural ingredients in meat and meat products.

**Keywords:** Phosphate, polyphosphate, replacer, healthier meat products

\* Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ burcu.ozturk@ege.edu.tr,

☎ (+90) 232 311 3026,

☎ (+90) 232 342 7592

## GİRİŞ

Et, yüksek biyoyararlılığa sahip protein ve esansiyel aminoasitleri içeren, demir, çinko gibi mineraller ve B vitaminlerinin ana kaynağı olan, besleyici değeri yüksek bir gıdadır. Yüksek aminoasit ve peptit içeriğinin yanı sıra et; biyoaktif hidrolizatlar, bağ doku bileşenleri, nükleotit ve nükleozitler, fitanik asit, konjuge linoleik asit ve antioksidanların da önemli bir kaynağıdır (Young vd., 2013). Günümüzde tüketim alışkanlıklarının değişmesi ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak işlenmiş gıda üretim ve tüketimi oldukça yaygın bir hale gelmiştir. Bu doğrultuda, doğrudan tüketilebilen veya kısa sürede tüketime hazır hale getirilebilen et ürünlerine olan talebin de arttığı gözlenmektedir. Buna rağmen, et ürünleri üretiminde yüksek sıcaklık uygulamaları, kullanılan bazı katkı maddeleri ve ürünlerin doymuş yağ asidi ve kolesterol içeriğinin yüksek olması, önemli sağlık risklerini tetiklemekte ve tüketiciler üzerinde olumsuz izlenime neden olmaktadır (Jiménez-Colmenero vd., 2001; Young vd., 2013; Grasso vd., 2014; Hygreeva vd., 2014; Jiang ve Xiong, 2016). Et ürünleri; üretim, depolama ve pazarlama aşamalarında birçok kimyasal değişikliğe uğramakta, bu değişiklikler sonucunda ürün kompozisyonlarında artan doymuş yağ asidi içeriği, kolesterol ve tuz miktarının yanı sıra polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), nitrozaminler ve oksidasyon ürünleri gibi birçok zararlı bileşik oluşabilmektedir (Jiménez-Colmenero vd., 2001; Jiang ve Xiong, 2016). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı tarafından 2015 yılında yayınlanan raporda, işlenmiş et karsinojen (Grup-1) ve kırmızı et olası karsinojen (Grup-2A) olarak sınıflandırılmıştır (Jiang ve Xiong, 2016). Bu nedenle, asgari düzeyde işlem görmüş ve katkı maddesi kullanımı en aza indirilmiş "temiz etiket"li et ürünlerine olan talep artmakta ve yenilikçi üretim stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Et ve et ürünlerinde kimyasal katkı maddeleri kaynaklı potansiyel tehlikeleri en aza indirmek, daha sağlıklı ve fonksiyonel ürünler elde etmek için çeşitli stratejiler geliştirilmektedir. Bu stratejilerin bazıları;

-Karkas kompozisyonunun modifikasyonu (genetik seleksiyon, hayvan besleme yöntemlerinde modifikasyonlar ve hayvan gelişimini teşvik eden uygulamalar)

-Kullanılan hammadde kompozisyonunun değiştirilmesi (karkastan yağın tıraşlanarak uzaklaştırılması vb. uygulamalar),

-Ürünlerin yeniden formüle edilmesi:

-Hayvansal yağ ve kolesterol içeriğinin azaltılması ve yağ asidi kompozisyonunun modifiye edilmesi,

-Ürünün enerji değerinin düşürülmesi,

-Ürünün alerjenlerden arındırılması,

-Ürün formülasyonlarında bazı fonksiyonel bileşenlerin (diyet lifleri, oligosakkaritler, şekerler/alkoller, amino asit, peptid ve proteinler, glikozitler, izopren ve vitaminler, kolin, laktik asit bakterileri, mineraller, doymamış yağ asitleri, antioksidanlar) kullanımı

-Ürün formülasyonlarında sodyum, nitrit ve fosfat içeriğinin azaltılması veya bu katkı maddelerinin doğal bileşenler ile ikame edilmesi olarak sıralanabilir (Jiménez-Colmenero vd., 2001; Decker ve Park, 2010; Olmedilla-Alonso vd., 2013; Grasso vd., 2014; Hygreeva vd., 2014).

Yukarıda sıralanan tüm bu stratejiler göz önünde bulundurulduğunda, et ürünleri formülasyonlarında sıklıkla kullanılan katkı maddelerinden biri olan fosfatların ikame olanaklarının değerlendirilmesi güncel bir yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Et ve et ürünlerinde fosfatlar temel olarak; su bağlama özelliğinin geliştirilerek ürün veriminin artırılması, tekstür, renk, lezzet gibi kalite parametrelerinin iyileştirilmesi ve antioksidan fonksiyonları nedeniyle kullanılan katkı maddeleridir. Son yıllarda yapılan araştırmalara göre, fosfat tuzlarının neden olduğu birtakım sağlık riskleri nedeniyle ürün formülasyonlarında kullanım miktarlarının azaltılması veya etkilerini karşılama potansiyeli olan doğal bileşenlerle ikame edilmesi seçenekleri gündeme gelmiştir. Bu derleme kapsamında; fosfatların et ve et ürünlerinde etki mekanizması ve kullanım avantajları, diyetle yüksek oranda tüketimlerinin sağlık üzerine etkileri ve et ürünleri formülasyonlarında ikame olanaklarının değerlendirilmesine yönelik konuların güncel çalışmalar ışığında irdelenmesi amaçlanmıştır.

## ET VE ET ÜRÜNLERİNDE FOSFATLARIN FONKSİYONLARI

Fosfatlar, fosforik asitin farklı kimyasal formlarda (ortofosfatlar, pirofosfatlar, tripolifosfatlar ve polifosfatlar) bulunabilen tuzlarıdır. Gıda katkı

maddesi olarak et ve et ürünlerinde kullanılan fosfatlar, temel olarak pH değerini yükselterek su tutma ve su bağlama kapasitesini arttıran bileşiklerdir. Fosfatlar kürlenmiş et ürünleri formülasyonlarında emülsiyon stabilitesi, jel oluşturma, pişirme verimi, gevreklik ve sululuk gibi kalite parametrelerini geliştirmekte, ambalaja sızıntıyı azaltmakta, lezzet ve renk stabilitesini korumakta, ayrıca yeniden yapılandırılmış et ürünlerinde protein çözünürlüğünü artırarak et parçalarının bağlanma özelliğini iyileştirmekte ve böylece son ürün veriminde artış sağlamaktadır (Hayes vd., 2006; Sebranek, 2008; Hurtado vd., 2011; Lampila, 2013; Petracci vd., 2013; Şimşek ve Kılıç, 2017).

Fosfatlar, et proteinlerinin fonksiyonel özelliğini birbirleri ile ilişkili olan birtakım yollarla geliştirebilmektedir:

1. pH değerini yükselterek ette son pH ve izoelektrik noktadaki pH değerleri arasındaki farkı arttırmakta ve böylece su tutma kapasitesinin artmasını sağlamaktadır.
2. Ölüm sertliği sırasında aktin ve miyosin arasında oluşan kalsiyum köprülerini yıkarak aktomiyosin kompleksini çözmektedir.
3. Kas proteinlerinde elektrostatik itme kuvvetini arttırarak, aktin ve miyosin arasındaki boşluğu genişletmekte ve bu boşluklarda daha fazla suyun tutulmasını sağlamaktadır.
4. İyonik kuvveti arttırarak kas fibrillerinin şişme özelliğini ve protein aktivasyonunu yükseltmektedir. İyonik kuvvetin artması, kas proteinlerinin negatif yüklü bölgelerinin serbest kalmasını sağlamakta ve böylece proteinlere daha fazla su molekülü bağlanabilmektedir (Desmond, 2006; Petracci vd., 2013).

Fosfatlar doğrudan antioksidan sınıfında incelenmemekle birlikte, özellikle nitrit içermeyen et ürünlerinde fosfatların lipit oksidasyonunu başlatan metalleri şelatlama aktiviteleri ile dolaylı olarak oksidasyona karşı koruyucu rol oynadıkları bilinmektedir (Molins, 1990; Detienne ve Wicker, 1999). Fosfatların antioksidan etkisi özellikle ısı işlem görmüş et ürünlerinde daha güçlü bir şekilde açığa çıkmakta, soğukta depolanan pişmiş et ve et ürünlerinde yeniden ısıtma sonucu oluşan ve arzu edilmeyen bayat-okside lezzet olarak tanımlanan "Warmed-Over Flavor (WOF)" problemi fosfat kullanımı ile azaltılabilmektedir (Trout ve Dale, 1990). Böylece fosfatlar lipit oksidasyonunu

sınırlandırmakta, renk koruyucu etki göstermekte ve oksidasyona bağlı acılaşmayı geciktirmektedir (Şimşek ve Kılıç, 2017). Ancak, ette doğal olarak bulunan fosfataz enzimi, fosfatları kısa zincir uzunluğuna sahip birimlere parçaladığı için fosfatların antioksidan etkisini kısıtlayabilmektedir (Jung vd., 2000). Bu nedenle, fosfatların et ürünleri formülasyonlarına enkapsüle edilerek taşınması, böylece fosfataz aktivitesinden korunması ve depolama boyunca antioksidan işlevlerinin sürdürülmesinin mümkün olduğu belirtilmiştir (Sickler vd., 2013; Kılıç vd., 2016).

Fosfatların yukarıda sıralanan işlevleri haricinde dolaylı olarak antimikrobiyel etkilerinin de olduğu belirtilmektedir. Bu etkinin, bakteri gelişimini kontrol altına alarak raf ömrünün uzamasına katkı sağlamasından kaynaklandığı belirtilmiş, ancak kürlenmiş et ürünlerinde kullanılan diğer mikrobiyel inhibitörlerin varlığından dolayı fosfatların antimikrobiyel etkisinin net olarak anlaşılamadığı bildirilmiştir (Ertaş, 1992; Sebranek, 2008). Lee vd. (1994) polifosfatların mikroorganizma hücre duvarına tutunarak  $Ca^{+2}$  ve  $Mg^{+2}$  metalleri ile şelat oluşturduğu ve bu metallerin salınmasını engelleyerek bakterisidal etki gösterebileceğini öne sürmüştür. Diğer bir varsayım ise polifosfatların mikroorganizma enzim sistemlerini inhibe ederek hücre zarından madde geçişini engellediği yönündedir (Ertaş, 1992). Buna ek olarak, sodyum asit pirofosfat gibi asidik fosfatlar ortam pH'sını düşürerek hücre duvarı bütünlüğü ve/veya hem/hemin kullanımını bozarak hücre morfolojisinde değişikliğe neden olmakta ve oksidatif stresi arttırarak antimikrobiyal etki göstermektedir (Şimşek ve Kılıç, 2017). Fosfatların mikrobiyal gelişimi engellemesinde etkili olan olası faktörler; fosfat tipi ve konsantrasyonu, ürünün pH değeri, NaCl miktarı, ortamda diğer inhibitörlerin (nitrit, askorbat, sorbat, vb.) varlığı, bulaşan tipi ve düzeyi, özel ürün bileşimleri, ısı işlem, depolama koşulları ve diğer bilinmeyen değişkenlerdir (Ertaş, 1992). Farklı gıdalarda %0.2-0.8 oranında polifosfat kullanımının *Salmonella*, *Listeria*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus* ve *Clostridium* türleri üzerinde inhibitör etkilerinin olduğu belirtilmektedir (Akhtar vd., 2008). Et ürünlerinde fosfat kullanımının birincil amacı mikrobiyal inhibisyonu sağlamak olmadığından, fosfatların etkilerini öncelikli olarak fiziksel, kimyasal, duyuşsal ve teknolojik kalite bakımından değerlendirmek gerektiği düşünülmektedir.

Fosfatlar, yapılarına göre genel olarak dört ana grupta incelenebilmektedir:

**1. Ortofosfatlar:** En basit yapıdaki grup olup, tekli fosfat ( $PO_4$ ) birimlerinden oluşmaktadır. İşlenmiş et ürünlerinde sodyum veya potasyum tuzları kullanılabilir. Ortofosfatların birçoğu (asidik monosodyum ve monopotasyum fosfat hariç) alkalidir. Alkali ortofosfatların %1'lik çözeltilerindeki pH değeri 9.1-11.9 aralığındadır.

**2. Pirofosfatlar:** Basit fosfat birimleri, ikili fosfat birimleri (difosfat) ile birleşerek daha uzun zincirler halinde pirofosfatları oluşturmaktadır. Çoğu alkali olup (kürlenme reaksiyonunu hızlandıran sodyum asit pirofosfat hariç) sodyum veya potasyum tuzları halinde kullanılabilir. Alkali pirofosfatların %1'lik çözeltilerindeki pH değeri 9.9-10.7 aralığındadır.

**3. Tripolifosfatlar:** Uzun zincirli, üçlü fosfat zincirlerinden oluşan fosfatlardır. Sodyum veya potasyum tuzları halinde kullanılabilen, ancak suda çözünürlükleri önemli ölçüde değişebilmektedir. %1'lik çözeltilerindeki pH değeri 9.5-10.2 arasındadır.

**4. Polifosfatlar:** 10-25 fosfat biriminden oluşan daha uzun zincirli fosfatlar olup, %1'lik çözeltilerindeki pH değeri 6.3-7.7 arasındadır (Molins, 1990; Çakmakçı, 1994).

Bu grupların dışında incelenen metafosfatlar, halka yapısında olan ve gıdalarda kullanım alanı olmayan çoklu fosfat birimleridir. Sodyum heksametafosfat, aslında gerçek bir metafosfat olmayıp, 10-15 fosfat biriminden oluşan bir polifosfattır (Molins, 1990).

Et endüstrisinde birçok polifosfat yaygın olarak kullanılmakta olup, bu fosfatların karakteristik özelliklerine göre işlevleri farklılık gösterebilmektedir. Düşük polimerizasyon derecesine sahip mono ve difosfatlar su tutma kapasitesinin artmasını sağlamakta, ancak bu fosfatların düşük çözünürlükte olmaları özellikle soğuk marinasyonda kullanımlarını sınırlamaktadır. Buna karşın, tripolifosfatlar oldukça kolay ve hızlı bir şekilde çözünmekte, ancak bu tip fosfatların ise su tutma kapasitesi üzerinde etki gösterebilmesi için öncelikle pirofosfatlara hidrolize olması gerekmektedir (Dusek vd., 2003). Bu nedenle et ve et ürünlerinde tipik olarak farklı zincir uzunluğunda alkali polifosfatların karışım halinde uygulanması

ve ürünün fonksiyonel özelliklerinin artırılması tavsiye edilmektedir (Dusek vd., 2003; Petracci vd., 2013).

Et ürünlerinde fosfatların tuz ile birlikte kullanımının protein fonksiyonelliğini arttırdığı bilinmektedir. Bu mekanizma şu şekilde özetlenebilir: Formülasyona eklenen tuzda ( $NaCl$ ) bulunan klorür ( $Cl^-$ ) iyonları miyofilamentlerin içerisine nüfuz ederek şişmelerini sağlamakta, sodyum ( $Na^+$ ) iyonları ise filamentler arasında bir iyon bulutu oluşturmaktadır. Ortamda oluşan konsantrasyon farkı osmotik basıncın yükselmesine neden olmakta, aynı zamanda ortamda negatif yükün ve itme kuvvetinin artmasıyla filament boşluğu genişlemektedir. Bu ortama fosfatların ilavesi ile pH değeri yükselerek iyonik kuvvet artmakta, bunun yanı sıra aktomiyosin köprüleri yıkılmakta ve filament boşluğunun genişleyerek tuzun ortamda yarattığı değişikliklere benzer değişikliklerin oluşması sağlanmaktadır (Puolanne vd., 2001). Sonuç olarak kas proteinlerinin çözünürlüğü gelişmekte, çözünen proteinler daha yüksek oranda su bağlayabilmekte, ilave edilen yağı daha yüksek oranda emülsifiye edebilmekte ve böylece pişirme kayıpları azaltılabilmektedir (Dimitrakopoulou vd., 2005; Petracci vd., 2013). Fosfatlar ve tuzun arasındaki bu sinerjist etki, aynı zamanda bu bileşenlerin birbirleri yerine kullanılabilmesine olanak vermekte, bu nedenle fosfatlardan tuzu azaltılmış et ürünleri üretiminde yararlanılabilmektedir (Sofos, 1985; Jiménez-Colmenero vd., 2001; Ruusunen ve Puolanne, 2005; Sebranek, 2008; Petracci vd., 2013; Resconi vd., 2016). Ancak, fosfatların sağlık üzerine olumsuz etkilerinin son yıllarda önemli bir tartışma konusu haline gelmesi nedeniyle et ürünleri formülasyonlarında kullanılmaması konusunda artan bir eğilim bulunmaktadır.

#### **DIYETTE YÜKSEK MİKTARDA FOSFAT TÜKETİMİNİN SAĞLIK ÜZERİNE ETKİLERİ**

Diyette yüksek miktarda tuz tüketiminin sağlık üzerine olan olumsuz etkileri uzun zamandır bilinmesine rağmen, normal seviyelerin üzerinde fosfat tüketiminin neden olabileceği sağlık riskleri ile ilgili çalışmalara genel olarak 2000'li yılların başından itibaren ağırlık verilmiştir. Yapılan araştırmalar, diyetle yüksek oranda fosfat tüketiminin başta böbrek ve kemik hastalıkları riskini

yükselttiğini, bunun yanı sıra potansiyel kalp-damar ve akciğer hastalıklarını tetikleyebileceğini göstermektedir. Fosfatların vücutta kalsiyum, demir ve diğer metal iyonları ile bağlanarak çözünmeyen tuzları oluşturduğu ve bu minerallerin bağırsak yolunda emilimini azalttığı bildirilmiştir (Petracci vd., 2013). Bu nedenle yüksek oranda fosfat tüketimi vücutta kalsiyum, demir, magnezyum ve D vitamini dengesinin bozulmasına yol açabilmekte ve bu durumda damar kalsifikasyonu, böbrek fonksiyonlarında bozulma ve osteoporoz (kemik erimesi) riskleri tetiklenmektedir (Dimitrakopoulou vd., 2005; Petracci vd., 2013; Takeda vd., 2014; Uribarri ve Calvo, 2017; Watanabe vd., 2016). Kronik böbrek hastalıklarında, vücuda alınan fosfatların kaynağına göre farklı düzeyde emilim göstermeleri sonucunda risk düzeyi değişebilmektedir. Bitkilerde şelat ve fitat formunda bulunan fosfatlar, sindirim sisteminde oldukça düşük düzeyde emildiği halde, gıda katkı maddeleri kaynaklı fosfatların inorganik karakterlerinden dolayı emilim düzeyi daha yüksektir. Bu nedenle diyetle inorganik kaynaklı fosfatların tüketimi, serum fosfat seviyelerini yüksek oranda etkileyen ve kronik böbrek hastalıklarını tetikleyen bir faktördür (Watanabe vd., 2016). Diyetle fosfat tüketiminin %50'ye yakın bir oranının gıda katkı maddeleri kaynaklı olduğu bildirilmektedir (Itkonen vd., 2017). Özellikle yüksek miktarda protein içeren işlenmiş gıdalarda fosfat miktarı ve fosfat:protein oranı, kronik böbrek hastalarında "fosfatemi" adı verilen kanda fosfat tuzlarının birikimi riskini doğrudan etkilemektedir (Watanabe vd., 2016). Yüksek protein içerikleri nedeniyle et ürünlerinin bu riski tetikleyen başlıca gıdalar arasında olduğu söylenebilir. Yapılan bir araştırmada, işlenmiş sığır eti ve kanatlı eti ürünlerinde fosfat:protein oranının doğal ürünlere kıyasla oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Sherman ve Mehta, 2009).

Bu risklere ek olarak, Jin vd. (2009) fosfatların akciğer tümörlerinin oluşum riskini yükselttiğini, bu nedenle akciğer kanserinden korunmada diyetle inorganik fosfat tüketimi seviyesinin kritik öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Calvo ve Uribarri (2013) serum fosfat seviyelerinin normal sınırı aşması durumunda, büyüme faktörü ve paratroid hormonlarında düzensizlik görüldüğü ve bu durumun kalp-damar hastalıkları riskini yükselttiğini bildirmiştir.

Yukarıda değinilen tüm sağlık riskleri göz önünde bulundurulduğunda, özellikle işlenmiş et ürünlerinde yüksek inorganik fosfat seviyelerinin önemli sağlık sorunlarını beraberinde getirebileceği açıkça görülmektedir. Bu duruma bağlı olarak, son yıllarda ürün formülasyonlarında fosfat kullanım miktarlarının azaltılması hedefi ile et ürünlerinde kullanımına izin verilen fosfat seviyeleri değiştirilerek, bazı ülkelerde et ürünlerinde fosfat tuzlarının kullanımı yasaklanmıştır. ABD ve Kanada gibi ülkelerde et ürünlerinde kullanımına izin verilen fosfat miktarı %0.5 olup, bazı Avrupa ülkelerinde çeşitli fosfat tuzlarının kullanımına izin verilmemektedir (Trespacios ve Pla, 2007; Petracci vd., 2013). Pek çok ülkede gıda işleme endüstrisinde yalnızca zincir fosfatların kullanımına izin verilmektedir. Et ürünlerinde kullanıma izin verilen fosfatlar; monosodyum fosfat (MSP), monopotasyum fosfat (MKP), disodyum fosfat (DSP), dipotasyum fosfat (DKP), sodyum asit pirofosfat (SAPP), sodyum tripolifosfat (STPP), potasyum tripolifosfat (KTPP), tetrasodyum pirofosfat (TSPP), tetrapotasyum pirofosfat (TKPP) ve sodyum heksametafosfat (SHMP) olarak sıralanabilir (Şimşek ve Kılıç, 2017). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre ısıtılmış işlem görmüş ve görmemiş işlenmiş etler ve kahvaltılık soslerde kullanımına izin verilen fosforik asit-fosfatlar, di-, tri- ve polifosfatların (E 338-452) maksimum miktarı 5000 mg/kg'dır (Anonymous, 2013). Fosfatlar ile ilgili sıralanan risklerin dikkate alınarak, et ürünleri formülasyonlarında kullanılan fosfatların son üründe de miktarlarının belirlenmesi ve kritik seviyeleri aşmaması için yeni çalışmalara ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

#### **ET VE ET ÜRÜNLERİNDE FOSFAT KULLANIMINA YÖNELİK ALTERNATİF YAKLAŞIMLAR**

Günümüzde küresel beslenme algısı ve tüketicilerin gıdalarla ilgili beklentilerinin değişimi ile birlikte daha sağlıklı et ürünlerine olan talebin arttığı görülmektedir. Derlememizin daha önceki bölümlerinde de bahsedildiği gibi, daha sağlıklı ve katkı maddesi kullanımı en aza indirilmiş gıda maddelerine olan talebin artışı ve fosfatların neden olduğu sağlık riskleri dikkate alınarak, günümüzde et ve et ürünleri formülasyonlarında fosfatların kullanım miktarlarının azaltılması veya etkilerini sağlama potansiyeli olan çeşitli bileşenlerle

ikame edilmesi yönünde birtakım araştırmalar yapılmaktadır. Özellikle işlenmiş et ürünleri formülasyonlarında kürlenmeye yardımcı bileşen olarak fosfatların kullanımı, son üründe fosfat miktarını önemli ölçüde yükseltmektedir. Watanabe vd. (2016), taze ette fosfat miktarının 153.6 mg/100 g olduğunu, buna karşın işlenmiş et ürünlerinde bu değer 553.3 g/100 g'a yükseldiğini bildirmiştir. Sebranek (2008), kürlenmiş et ürünlerinde fosfatların nitrit ve tuz gibi ayırt edici bileşenlerden olmadığını, böylece fosfat kullanılmaksızın tüketici kabul edilebilirliği yüksek et ürünleri üretiminin mümkün olabileceğini önermiştir. Ürünlerde tuz azaltma hedefi sağlanırken, eşzamanlı olarak fosfatın formülasyondan çıkarılması yaklaşımı ile her iki katkı maddesinin zararlı etkilerini bertaraf etmek mümkündür. Ruusunen vd. (2003), ürün formülasyonlarında et proteini miktarının artırılması veya ilave edilen suyun azaltılması yaklaşımları ile fosfatsız ve düşük sodyum içeren et ürünlerinin geliştirilebileceğini belirtmiştir.

Duyusal kalite bakımından incelendiğinde, tuzlu tat algısı üzerine sodyum ve klorür iyonlarının birlikte etkisinin olduğu ve bu iyonların dildeki tuz reseptör hücrelerini aktive ettikleri bildirilmektedir. Yüksek molekül ağırlığına sahip fosfatların sodyum tuzları ise bu reseptörlerin aktivasyonunu etkilememekte ve tuzlu tat algısını arttıramamaktadır (Busch vd., 2013). Diğer yandan, sodyum polifosfat %31.24 oranında Na içermekte ve et ürünleri formülasyonlarında tipik olarak %0.5 oranında kullanılmakta, NaCl ise %39.34 oranında Na içermekte ve formülasyonlarda %2-4 oranında kullanılmaktadır (Desmond, 2006). Bu durumda fosfat tuzlarının, dildeki tuz reseptörlerini etkilememesi ve üründe toplam Na miktarına oldukça düşük bir katkı sağlaması nedeniyle, formülasyondan çıkarılmasının duyusal kaliteyi önemli ölçüde etkilemeyeceği söylenebilir. Aynı zamanda, et ürünü formülasyonlarında %0.5'in üzerinde fosfat kullanımının bazı durumlarda acımsı tat ve metalik-sabunumsu lezzet oluşumuna neden olduğu bildirilmiştir (Ranken, 2000; Barbut, 2002).

Çeşitli et ürünleri formülasyonlarından fosfatın tamamen veya kısmi olarak çıkarıldığı ve fosfat ikame maddelerinin kullanımının araştırıldığı güncel çalışmaların özeti Çizelge 1'de sunulmaktadır. Çizelgeden görülebileceği üzere, et ürünleri formülasyonlarında fosfat ikame edici bileşenlerin kullanımı ile ilgili araştırmaların oldukça sınırlı

sayıda olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalarda, fosfatın işlevlerini yerine getirme potansiyeli olan kalsiyum laktat, kalsiyum/ sodyum karbonat ve sodyum aljinat tuzları, tapyoka, buğday ve pirinç nişastaları,  $\beta$ -laktoglobulin, peynir altı suyu ve kan plazması proteinleri, transglutaminaz enzimi, erik ve yer elması tozu gibi doğal lifli bileşenler, tek başına veya karışım halinde ürün formülasyonlarında kullanılmıştır. Bu bileşenlerin büyük bir çoğunluğunun fiziksel, kimyasal ve duyu kalite parametreleri bakımından fosfatların özelliklerini karşılama potansiyellerinin olduğu anlaşılmaktadır.

Bodner ve Sieg (2009), özellikle lifli bileşenlerin fosfat azaltma yaklaşımlarına önemli bir katkı sağladığını vurgulamıştır. Araştırmacılar, liflerin fosfatlar gibi aktomiyosin kompleksi üzerinde moleküler seviyede etki gösterememesine rağmen, su bağlama yetenekleri ve tekstür geliştirici etkilerine bağlı olarak farklı tipte işlenmiş et ürünlerinde fosfat ikamesi olarak kullanılabileceğini önermektedir. Nitekim Öztürk ve Serdaroğlu (2016), Öztürk vd. (2016) ve Serdaroğlu vd. (2016) tarafından yapılan çalışmalarda, lifli bir bileşen olan yer elması tozunun sodyum karbonat ile birlikte kırmızı et ve kanatlı eti ürünlerinde birçok kalite parametresi bakımından fosfatın özelliklerini karşılayıcı etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Et ürünleri formülasyonlarında fosfat miktarının azaltılmasında önerilen bir diğer teknolojik yaklaşım, alternatif üretim uygulamalarından biri olan yüksek basınç teknolojisidir. Yüksek basınç uygulamalarının proteinlerin jelleşme, kümelene, çözünürlük ve emülsifikasyon gibi fonksiyonel özelliklerini etkilediği ve son ürün kalitesi üzerinde önemli değişikliklere neden olduğu bilinmektedir (Grossi vd., 2012; O'Flynn vd., 2014). O'Flynn vd. (2014), 150 MPa altında basınç uygulaması yapılan kahvaltılık sosis formülasyonlarında kullanılan fosfat miktarının %0.25'e düşürülmesi ile emülsiyon stabilitesi, doku ve genel kabul edilebilirliğin korunduğunu ve bu uygulama ile fosfat seviyelerinin azaltılabileceğini önermiştir. Bir diğer çalışmada, mikrobiyal transglutaminaz ve yumurta proteinleri ile hazırlanan tavuk eti jellerinde 700 MPa yüksek basınç uygulaması sonucunda tüketici kabul edilebilirliği yüksek, az yağlı, az tuzlu ve fosfatsız ürünlerin geliştirilebileceği belirtilmiştir (Trespacios ve Pla, 2007).

Çizelge 1. Çeşitli et ürünlerinde fosfat alternatifi olarak kullanılan farklı bileşenlerin kalite üzerine başlıca etkileri

Fosfat Alternatifi	Kullanıldığı Ürün	Temel Bulgular	Kaynak
Kalsiyum laktat, kalsiyum karbonat, sodyum aljinat	Yeniden yapılandırılmış domuz rulo	Kullanılan ikame maddeleri çiğ üründe donma firesini azaltarak bağlanma gücünü iyileştirmiş, duyuşal özellikler fosfat içeren örneklere yakın bulunmuştur.	Devatkal ve Mendiratta (2001)
Soya protein izolatu, kazein, peynir altı suyu tozu ve transglutaminaz (TG)	Tavuk sosis	Formülasyonda fosfat miktarı düşürülen sosislerde kazein hariç, TG ve farklı biyopolimer karışımlarının kullanımı tekstürü geliştirmiştir.	Muguruma vd. (2003)
Modifiye tapyoka nişastası, buğday kepeği ve sodyum sitrat	Frankfurter sosis	Nişasta ve sodyum sitrat pişirme kayıplarını azaltmış, nişasta su ve yağ bağlama oranını arttırmıştır.	Ruusunen vd. (2003)
Kalsiyum laktat, et suyu ve biberiye ekstraktı	Sığır fileto	Fosfat ve tuz içeren gruplarda pH, ürün verimi, su bağlama kapasitesi ve duyuşal analiz puanları diğer gruplara kıyasla daha yüksektir. Kalsiyum laktat solüsyonu kullanımı, renk stabilitesini koruyarak aromayı geliştirmiştir.	Lawrence vd. (2004)
Transglutaminaz (TG)	Yeniden yapılandırılmış domuz eti	TG ilavesi duyuşal analizde genel kabul puanlarını yükseltmiş, tuzu azaltılmış fosfatsız ürünlerde kullanım potansiyeli olduğu bildirilmiştir.	Dimitrakopoulou vd. (2005)
$\beta$ -laktoglobulin, peynir altı suyu (PAS) protein konsantrasi	Domuz fileto	$\beta$ -laktoglobulin ve PAS protein konsantrasi içeren marinatların, tekstürel ve duyuşal kalite bakımından fosfatın etkilerini karşılama potansiyeli olduğu bildirilmiştir.	Hayes vd. (2006)
Kan plazması	Frankfurter sosis	Plazma kullanımı ile nem miktarı ve su tutma kapasitesi değişmemiş, protein oranı artmış, süngerimsi aę yapısı fosfat gruplarına benzer bulunmuştur.	Hurtado vd. (2011)
Kan plazması	Frankfurter sosis	Plazma içeren ürünlere su tutma kapasitesi, pişirme kaybı ve tekstür fosfat içeren örneklere benzer bulunmuştur.	Hurtado vd. (2012)
Erik tozu, erik lifi ve erik konsantrasi	Marine tavuk göęüs	Erik bileşenlerinin duyuşal özellikler, marinat tutunma oranı, damlama ve pişirme kayıpları açısından fosfatın özelliklerini karşıladiğı bildirilmiştir.	Jarvis vd. (2012)
Turunçgil tozu ve sodyum karbonat	Marine tavuk eti	Fosfat alternatifi karışımın marinasyon çözültisinde kullanımı ile marinat tutunma oranı, pişirme verimi ve tekstür açısından fosfat içeren ürünlere eşdeğer sonuçlar elde edilmiştir.	Casco vd. (2013)
Patates nişastası ve sodyum karbonat	Domuz fileto	Fosfatsız et ürünü formülasyonlarında, sodyum karbonatın pH yükseltme ve patates nişastasının su tutma kapasitesini artırarak pişirme ve ambalaja sızıntı kayıplarını azalttığı belirtilmiştir.	Prabhu ve Husak (2014)
Yer elması tozu (YET) ve sodyum karbonat (SK)	Emülsifiye tavuk köftesi	YET ve SK kullanımı köfte emülsiyonunda stabilite ve pişirme verimini arttırmış, ambalaja sızıntı miktarını azaltarak, lipid oksidasyonu seviyesinin kontrol grubuna yakın olmasını sağlamıştır.	Öztürk ve Serdaroğlu (2016)
Yer elması tozu (YET) ve sodyum karbonat (SK)	Emülsifiye tavuk köftesi	YET ve SK karışımı kullanılan ürünlere donuk depolama boyunca pH, çözünme kaybı, TBARS ve karbonil değerlerinin fosfat içeren kontrol gruplarına yakın olduğu bulgulanmıştır.	Öztürk vd. (2016)
Pirinç nişastası ve frukto-oligosakkarit (FOS)	Domuz jambon	Nişasta ve FOS kullanımının enstrümantal ve kimyasal parametreler ve teknolojik kaliteyi koruduğu, bu bileşenlerin formülasyonlarda fosfat miktarını azaltma amacıyla kullanılabilereceğı belirtilmiştir.	Resconi vd. (2016a)
Patates ve pirinç nişastası	Domuz jambon	Nişasta kullanımı pişirme kaybı, tekstür ve duyuşal özellikleri geliştirmiş, formülasyonda nişasta kullanılması durumunda, standart fosfat miktarının yarıya indirilmesinin mümkün olabileceğı bildirilmiştir.	Resconi vd. (2016b)
Yer elması tozu (YET) ve sodyum karbonat (SK)	Model sistem dana eti emülsiyonu	YET ve SK içeren örneklere su tutma kapasitesi, emülsiyon stabilitesi ve lipid oksidasyonu bakımından fosfatın etkilerinin karşıladiğı tespit edilmiştir.	Serdaroğlu vd. (2016)

## SONUÇ

Et ürünleri formülasyonlarında tuzun azaltılmasına yönelik uzun yıllardır yapılan birçok araştırma bulunmakta, buna rağmen fosfatların neden olduğu sağlık risklerinin son yıllarda daha net anlaşılmasından dolayı, azaltılmaları veya ikame edilmelerine yönelik yenilikçi yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla gerçekleştirilen çalışmalarda farklı doğal bileşenlerin fosfatların su tutma ve su bağlama kapasitesi, ürün verimi, tekstür, renk ve lezzet stabilitesi ve antioksidan etkileri gibi çoklu etkilerini karşılama yeteneklerinin olduğu görülmektedir. Et ürünleri formülasyonlarında kullanılan fosfatların azaltılması ve/veya doğal bileşenlerle ikame edilmesine yönelik çalışmaların genişletilmesi, bu bileşenlerin ürün matriksindeki davranışlarının ve kalite üzerine etkilerinin geniş kapsamda incelenmesi ve alternatif bileşenlerin fosfat ikamesi olarak kullanımının önerilmesi, daha sağlıklı et ürünü formülasyonlarının geliştirilmesine olanak sağlayacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından, Abalıoğlu Yem, Soya ve Tekstil San. A.Ş. ile ortaklaşa yürütülen 0764.STZ.2014 numaralı SAN-TEZ projesi literatür verilerini içermektedir.

## KAYNAKLAR

Akhtar, S., Paredes-Sabja, D., Sarker, M.R. (2008). Inhibitory effects of polyphosphates on *Clostridium perfringens* growth, sporulation and spore outgrowth. *Food Microbiol*, 25(6): 802-808, doi: 10.1016/j.fm.2008.04.006.

Anonymous (2013). Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği (28693). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. 30.06.13 tarih ve 28693 sayılı Resmi Gazete, Ankara.

Barbut, S. (2001). *Poultry Products Processing: An Industry Guide*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 560 p.

Bodner, J.M., Sieg, J. (2009). Fiber. In: *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications*, R. Tarté (Ed.), Springer Publishing, USA, pp. 83-109.

Busch, J.L.H.C., Yong, F.Y.S., Goh, S.M. (2013). Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. *Trends Food Sci Technol*, 29(1): 21-34, doi: 10.1016/j.tifs.2012.08.005.

Calvo, M.S., Uribarri, J. (2013). Public health impact of dietary phosphorus excess on bone and cardiovascular health in the general population. *Am J Clin Nutr*, 98(1): 6-15. doi: 10.3945/ajcn.112.053934.

Casco, G., Veluz, G.A., Alvarado, C.Z. (2013). SavorPhos as an all-natural phosphate replacer in water- and oil-based marinades for rotisserie birds and boneless-skinless breast. *Poult Sci*, 92: 3236-3243. doi: 10.3382/ps.2013-03142.

Çakmakçı, S. (1994). Gıda katkı maddesi olarak fosfatlar. *GIDA*, 19(1): 63-71.

Decker, E.A., Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat Sci*, 86(1): 49-55. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.04.021.

Desmond, E. (2006). Reducing salt: A challenge for the meat industry. *Meat Sci*, 74(1): 188-196. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.04.014.

Detienne, N.A., Wicker, L. (1999). Sodium chloride and tripolyphosphate effects on physical and quality characteristics of injected pork loins. *J Food Sci*, 64(6): 1042-1047. doi: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb12278.x.

Devatkal, S., Mendiratta, S.K. (2001). Use of calcium lactate with salt-phosphate and alginate-calcium gels in restructured pork rolls. *Meat Sci*, 58(4): 371-379. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00032-8.

Dimitrakopoulou, M.A., Ambrosiadis, J.A., Zetou, F.K., Bloukas, J.G. (2005). Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. *Meat Sci*, 70(4): 743-749. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.03.011.

Dusek, M., Kvasnicka, F., Lukásková, L., Krátká, J. (2003). Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. *Meat Sci*, 65(2): 765-769. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00279-6.

Ertaş, A. H. (1992). Tuz oranı düşük et ürünlerinde fosfatların kullanımı. *GIDA*, 17(6): 413-418.

Grossi, A., Søltoft-Jensen, J., Knudsen, J.C., Christensen, M., Orlien, V. (2012). Reduction of salt in pork sausages by the addition of carrot fibre or potato starch and high pressure treatment. *Meat Sci*, 92(4): 481-489. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.05.015.



- Grasso, S., Brunton, N.P., Lyng, J.G., Lalor, F., Monahan, F.J. (2014). Healthy processed meat products-regulatory, reformulation and consumer challenges. *Trends Food Sci Technol*, 39(1): 4-17. doi: 10.1016/j.tifs.2014.06.006.
- Hayes, J.E., Desmond, E.M., Troy, D.J., Buckley, D.J., Mehra, R. (2006). The effect of enhancement with salt, phosphate and milk proteins on the physical and sensory properties of pork loin. *Meat Sci*, 72(3): 380-386. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.05.009.
- Hurtado, S., Dagà, I., Espigulé, E., Parés, D., Saguer, E., Toldrà, M., Carretero, C. (2011). Use of porcine blood plasma in "phosphate-free frankfurters." *Procedia Food Sci*, 1: 477-82. doi: 10.1016/j.profoo.2011.09.073.
- Hurtado, S., Saguer, E., Toldrà, M., Parés, D., Carretero, C. (2012). Porcine plasma as ployphosphate and caseinate replacer in frankfurters. *Meat Sci*, 90(3): 624-628. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.10.004.
- 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 Sci*, 98(1): 47-57. doi: 10.1016/j.meatsci.2014.04.006.
- Itkonen, S.T., Rita, H.J., Saarnio, E.M., Kemi, V.E., Karp, H.J., Kärkkäinen, M.U., Pekkinen, M.H., Laitinen, E.K., Risteli, J., Koivula, M.K., Sievänen, H., Lamberg-Allardt, C.J. (2017). Dietary phosphorus intake is negatively associated with bone formation among women and positively associated with some bone traits among men- a cross-sectional study in middle-aged Caucasians. *Nutr Res*, 37: 58-66. doi: 10.1016/j.nutres.2016.12.009.
- Jarvis, N., Clement, A.R., O'Bryan, C.A., Babu, D., Grandall, P.G., Owens, C.M., Meullenet, J.F., Ricke, S.C. (2012). Dried plum products as a substitute for phosphate in chicken marinade. *J Food Sci*, 77(6): S253-257. doi: 10.1111/j.1750-3841.2012.02737.x.
- 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 Sci*, 120: 107-117. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.04.005.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat Sci*, 59(1): 5-13. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00053-5.
- Jin, H., Xu, C., Lim, H., Park, S., Shin, J., Chung, Y., Park, S.C., Chang, S.H., Youn, H.J., Lee, K.H., Lee, Y.S., Ha, Y.C., Chae, C.H., Beck, G.R. Jr., Cho, M.H. (2009). High dietary inorganic phosphate increases lung tumorigenesis and alters Akt signaling. *Am J Respir Crit Care Med*. 179(1): 59-68. doi: 10.1164/rccm.200802-306OC.
- Jung, S., Ghoul, M., de Lamballerie-Anton, M. (2000). Changes in lysosomal enzyme activities and shear values of high pressure treated meat during ageing. *Meat Sci*, 56(3): 239-246. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00048-6.
- Kılıç, B., Şimşek, A., Claus, J.R., Atılğan, E. (2016). Melting release point of encapsulated phosphates and heating rate effects on control of lipid oxidation in cooked ground meat. *LWT - Food Sci Technol*, 66: 398-405. doi: 10.1016/j.lwt.2015.10.065.
- Lampila, L.E. (2013). Applications and functions of food-grade phosphates. *Ann N Y Acad Sci*, 1301: 37-44. doi: 10.1111/nyas.12230.
- Lawrence, T.E., Dikeman, M.E., Hunt, M.C., Kastner, C.L., Johnson, D.E. (2004). Effects of enhancing beef longissimus with phosphate plus salt, or calcium lactate plus non-phosphate water binders plus rosemary extract. *Meat Sci*, 67(1): 129-137. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.09.015.
- Lee, R., Hartman, P., Olson, D.G., Williams, F.D. (1994). Bactericidal and bacteriolytic effects of selected food-grade phosphates, using *Staphylococcus aureus* as a model system. *J Food Prot*, 57(4): 276-283. doi: 10.4315/0362-028X-57.4.276.
- Molins R. (1990). *Phosphates in Food*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA, 272 p.
- Muguruma, M., Tsuruoka, K., Katayama, K., Erwanto, Y., Kawahara, S., Yamauchi, K., Sathe, S.K., Soeda, T. (2003). Soybean and milk proteins modified by transglutaminase improves chicken sausage texture even at reduced levels of phosphate. *Meat Sci*, 63(2): 191-197. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00070-0.
- O'Flynn, C.C., Cruz-Romero, M.C., Troy, D., Mullen, A.M., Kerry, J.P. (2014). The application of high-pressure treatment in the reduction of salt levels in reduced-phosphate breakfast sausages. *Meat Sci*, 96(3): 1266-1274. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.11.010.

- Olmedilla-Alonso, B., Jimenez-Colmenero, F., Sanchez-Muniz, F.J. (2013). Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods. *Meat Sci*, 95(4): 919-930. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.03.030.
- Öztürk, B., Serdaroğlu, M. (2016). Incorporation of jerusalem artichoke powder and sodium carbonate in emulsified chicken meatballs as phosphate replacers. The 7th International Conference on the Quality and Safety in Production Chain, 23-24 June 2016, Wroclaw, Poland.
- Öztürk, B., Serdaroğlu, M., Zungur-Bastioğlu, A. (2016). Physical and oxidative stability of phosphate-free meatballs produced with jerusalem artichoke powder during frozen storage. 2nd Congress on Food Structure Design. 26-28 October 2016, Antalya, Turkey.
- Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., Cavani, C. (2013). Functional ingredients for poultry meat products. *Trends Food Sci Technol*, 33(1): 27-39. doi: 10.1016/j.tifs.2013.06.004.
- Prabhu, G., Husak, R. (2014). Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins. *Meat Sci*, 96(1): 454-455. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.07.068.
- Puolanne, E.J., Ruusunen, M.H., Vainionpää, J.I. (2001). Combined effects of NaCl and raw meat pH on water-holding in cooked sausage with and without added phosphate. *Meat Sci*, 58(1): 1-7. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00123-6.
- Ranken, M.D. (2000). *Handbook of Meat Product Technology*. Blackwell Science Ltd., Malden, MA, USA, 212 p.
- Resconi, V.C., Keenan, D.F., Barahona, M., Guerrero, L., Kerry, J.P., Hamill, R.M. (2016a). Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: Sensory analysis and consumer preferences. *LWT - Food Sci Technol*, 66: 284-292. doi: 10.1016/j.lwt.2015.10.048.
- Resconi, V.C., Keenan, D.F., Garcia, E., Allen, P., Kerry, J.P., Hamill, R.M. (2016b). The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham. *Meat Sci*, 121: 127-134. doi: 10.1016/j.meatsci.2016.05.017.
- Ruusunen, M., Puolanne, E. (2005). Reducing sodium intake from meat products. *Meat Sci*, 70(3): 531-541. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.07.016.
- Ruusunen, M., Vainionpää, J., Puolanne, E., Lyly, M., Lähteenmäki, L., Niemistö, M., Ahvenainen, R. (2003). Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. *Meat Sci*, 64(4): 371-381. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00178-X.
- Sebranek, J. (2009). Basic curing ingredients. In: *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications*, R. Tarté (Ed.), Springer Publishing: USA, pp. 1-23.
- Serdaroğlu, M., Öztürk, B., Nacak, B., Durdu, B., Yaşar, H., Göral, Ş. (2016). Quality characteristics of phosphate-free beef emulsions manufactured with jerusalem artichoke powder. 62th International Congress of Meat Science and Technology, 14-19 August 2016, Bangkok, Thailand.
- Sherman, R.A., Mehta, O. (2009). Phosphorus and potassium content of enhanced meat and poultry products: Implications for patients who receive dialysis. *Clin J Am Soc Nephrol*, 4(8): 1370-1373. doi: 10.2215/CJN.02830409.
- Sickler, M.L., Claus, J.R., Marriott, N.G., Eigel, W.N., Wang, H. (2013). Antioxidative effects of encapsulated sodium tripolyphosphate and encapsulated sodium acid pyrophosphate in ground beef patties cooked immediately after antioxidant incorporation and stored. *Meat Sci*, 94(3): 285-288. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.03.011.
- Sofos, J. (1985). Influence of sodium tripolyphosphate on the binding and antimicrobial properties of reduced NaCl-comminuted meat products. *J Food Sci*, 50(5): 1379-1383. doi: 10.1111/j.1365-2621.1985.tb10481.x.
- Şimşek, A., Kılıç, B. (2017). Et ürünlerinde kullanılan fosfatların antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi (TURJAF)*, 5(4): 299-307. doi: 10.24925/turjaf.v5i4.299-307.1049.
- Takeda, E., Yamamoto, H., Yamanaka-Okumura, H., Taketani, Y. (2014). Increasing dietary phosphorus intake from food additives: potential for negative impact on bone health. *Adv Nutr*, 5: 92-97. doi: 10.3945/\_an.113.004002.

Trespacios, P., Pla, R. (2007). Synergistic action of transglutaminase and high pressure on chicken meat and egg gels in absence of phosphates. *Food Chem*, 104(4): 1718-1727. doi: 10.1016/j.foodchem.2007.01.077.

Trout, G., Dale, S. (1990). Prevention of warmed-over flavor in cooked beef: effect of phosphate type, phosphate concentration, a lemon juice/phosphate blend, and beef extract. *J Agric Food Chem*, 38(3): 665-669. doi: 10.1021/jf00093a017.

Uribarri, J., Calvo, M.S. (2017). Molecular mechanisms of adverse health effects associated with excess phosphorus intake. In: *Molecular, Genetic, and Nutritional Aspects of Major and Trace Minerals*, J. Collins (Ed.), Elsevier Inc., UK, pp. 429-436.

Watanabe, M.T., Araujo, R.M., Vogt, B.P., Barretti, P., Caramori, J.C.T. (2016). Most consumed processed foods by patients on hemodialysis: Alert for phosphate-containing additives and the phosphate-to-protein ratio. *Clin Nutr ESPEN*, 14: 37-41. doi: 10.1016/j.clnesp.2016.05.001.

Young, J.F., Therkildsen, M., Ekstrand, B., Che, B.N., Larsen, M.K., Oksbjerg, N., Stagsted, J. (2013). Novel aspects of health promoting compounds in meat. *Meat Sci*, 95(4): 904-11. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.04.036.