





Et ürünlerinde nitrit/nitrat azaltılmasına yönelik doğal uygulamalar

Natural applications for nitrite/nitrate reduction in meat products

Tuba CANDAN¹ , Aytunga BAĞDATLI^{2*} 

^{1,2}Gıda Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye.
htuba93@gmail.com, aytunga.bagdatli@cbu.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 22.02.2017, Kabul Tarihi/Accepted: 29.09.2017
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2017.80269
Derleme Makalesi/Review Article

Öz

Nitrit ve nitratın et ürünlerindeki en temel görevi; gıda zehirlenmesine neden olan *Clostridium botulinum*'un çoğalmasını ve toksin oluşturmasını engellemesidir. Salam ve sosis gibi kürlenmiş, ısı işlem uygulanmış ürünlerin arzu edilen parlak, pembemsi-kırmızı rengini nitrit ve nitrat kullanımıyla oluşan nitrosohemokrom sağlamaktadır. Et ürünlerinde fazla miktarda kullanılan nitrit veya nitratların bakteriyel indirgenmesi veya gıdada bulunan sekonder ve tersiyer aminlerin nitrit ile reaksiyonu sonucu kanserojenik etkili nitrosaminler oluşmaktadır. Nitrit/nitratların kanserojen risk taşıması sebebiyle tüketiciler doğal gıdalar talep etmektedir. Son zamanlarda bilim insanları et ürünlerinin üretiminde nitrit veya nitrat kullanımına alternatif doğal maddeler üzerine çalışmaktadırlar. Bu çalışmada et endüstrisinde kullanım potansiyeli olan nitrit/nitrat alternatif maddeler konusunda yapılmış çalışmaların derlenmesi amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kürlenmiş et ürünü, Nitrit, Nitrat, Antimikrobiyal bileşik, Bitki özütleri

Abstract

The main function of nitrite and nitrate in meat products is to prevent *Clostridium botulinum* growth which causes food poisoning and toxic information. The desired bright, pinkish-red color of the cured, heat treated products such as salami and sausage provides nitrosohemochromium formed by the use of nitrite and nitrate. Bacterial reduction of excess nitrite or nitrates in meat products or reaction with nitrite in secondary and tertiary amines present in food form carcinogenic nitrosamines. Due to the risk of carcinogenicity of nitrite/nitrates, consumers are demanding natural foods. Scientists have recently been working on alternative natural ingredients for the use of nitrite or nitrate in the production of meat products. In this study, it is aimed to compile the studies about nitrite/nitrate alternative substances which have potential use in meat industry.

Keywords: Cured meat product, Nitrite, Nitrate, Antimicrobial compound, Plant extracts

1 Giriş

Et, besleyici değeri ve sağlıklı bir diyetin parçası olması açısından önemli bir gıdadır. Et, yüksek biyolojik değerlikli proteinin, B grubu vitaminlerin ve minerallerin önemli bir kaynağı olarak kabul edilmektedir. Bu bağlamda et ürünlerinin tüketimi, sağlık açısından fayda sağlamaktadır. Ancak, et yüksek su aktivitesi sebebi ile bozulmaya elverişli bir gıda maddesidir [1].

Et ürünlerinin dayanıklılığını ve raf ömrünü arttırmak, mikrobiyolojik güvenliğini sağlamak için yaygın kullanılan yöntemlerden biri kürlenme işlemidir. Kürlenme, tuz, nitrat ve nitrit gibi katkı maddelerinin ve ürünün çeşidine göre çeşitli baharatların eklenmesi ile ürünün renk, doku, tat, aroma ve lezzet gibi özelliklerinin iyileştirilmesi ve dayanıklılığının artırılması amacıyla uygulanan bir işlemdir. Başta nitrit ve nitratlar olmak üzere birçok antimikrobiyal etkili maddelerin belirli limitler dahilinde et ürünlerinde kullanımına izin verilmektedir [2],[3].

Temel bir katkı maddesi olan nitrit, et ürünlerinde karakteristik kürlenmiş et renginin, lezzet ve doku özelliklerinin geliştirilmesi ve özellikle *Clostridium botulinum* başta olmak üzere patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu ve oksidatif acılaşma oluşumunun engellenmesi için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Et ürünlerinde nitritli kürlenme tuzlarının kullanım nedeni; istenilen kararlılıkta lezzet ve renk eldesi, mikrobiyal ve lipid oksidasyonuna karşı korunmasıdır [4].

Son yıllardaki bilimsel çalışmalar ile nitrit ve nitratın olumsuz etkileri gün yüzüne çıkmaya başlamıştır. Et teknolojisinde son üründe oluşan kalıntı nitrit miktarı, aminler ve amidler ile

reaksiyona girerek kanserojen bir risk taşımasından dolayı son derece önemlidir. Bu nedenle et endüstrisinde kullanılan nitrit ve nitrat düzeyinin düşürülmesi yönünde yaklaşımlar geliştirilmektedir [5].

Değişen tüketim alışkanlıkları ve sağlık-gıda ilişkisi üzerine ilginin artmasıyla birlikte günümüzde tüketicilerin daha sağlıklı ve fonksiyonel gıdalar tüketme eğilimi de artmaktadır [6].

Et ürünlerinde nitrit ve nitrate alternatif koruyucu maddeler üzerine yapılan çalışmaların artmasına rağmen, henüz nitrit ve nitratın tüm işlevlerini yerine getiren tek bir bileşik bulunamamıştır. Bu nedenle, nitrit ve nitrat hala et endüstrisinde kullanılan yaygın katkı maddeleridir. Bununla birlikte, et ürünlerinde kullanım miktarlarının ve kalıntı seviyelerinin kontrol edilmesi gerekmektedir [7].

Et ürünlerinde nitrit ve nitrat kullanımı sonucu üründe kanserojenik bileşiklerin oluştuğu tespit edilmiştir. Bu nedenle tüm dünyada nitrit ve nitrat kullanım miktarları ile ilgili olarak yasal sınırlamalar getirilmiştir. Bu derlemede amaç, nitrit ve nitrat kullanımının sağlığa zararlı yönlerini ortaya koyarak tüketicilerin doğala yakın et ürünü talep etmesiyle geliştirilen nitrit/nitrate alternatif maddelerle ilgili çalışmaları bir bütün olarak sunmaktır.

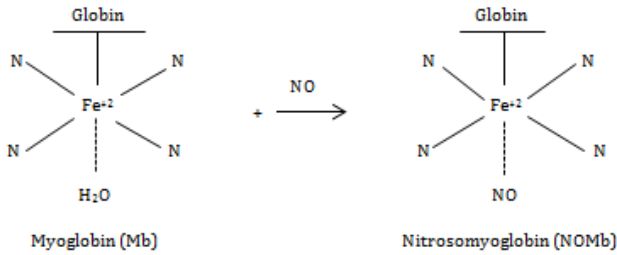
2 Et ürünlerinde nitrit/nitrat kullanımının etkileri

Nitrit ve nitratlar azotlu bileşikler grubunda yer alır. Azotlu organik maddeler, bitki artıkları ve diğer doğal organik maddelerle toprağın yapısında bulunmaktadır. Topraktaki azotlu organik maddeler, mikroorganizmaların faaliyetleriyle

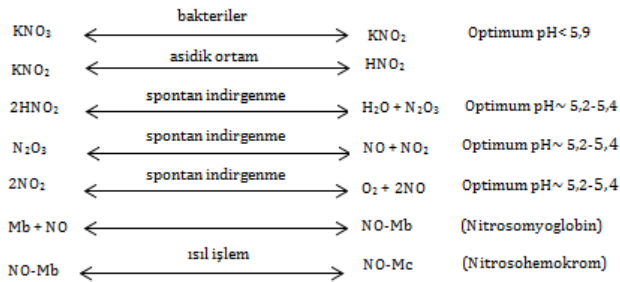
parçalanarak amonyaga dönüşürler. Amonyak oluştuktan sonra, nitrifikasyon olayı başlayarak bitkilere özümlelenebilir, nitritler ve nitratlar ortaya çıkar. Nitrat, doğal olarak bitki, su ve toprakta; sodyum nitrat veya az miktarda da potasyum nitrat halinde bulunur [8].

Nitrit ve nitratın et ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılması çok eskilere dayanır. 1900'lü yıllarda yapılan çalışmalarda tuzlanmış et ürünlerinde iyi bir kırmızı renk oluşumu için tuzun tek başına yeterli olmadığı, tuza doğal olarak bulaşmış potasyum nitrat veya sodyum nitratın kırmızı renk oluşumunu daha iyi geliştirdiği belirlenmiştir [9].

Sadece tuzlama (NaCl) işlemi uygulandığında ete rengini veren miyoglobinin oksidasyona uğramadan korunması mümkün değildir. Miyoglobin veya oksimiyoglobin kolayca okside olarak metmiyoglobine dönüşmektedir. Kürlenme işleminde, arzu edilen rengin korunması amacıyla nitrit veya nitratların sodyum ve potasyum tuzları kullanılmaktadır. Bu işlemin amacı nitrit veya nitratın, nitrojen monoksit (NO)'e bakteriyel indirgenmesiyle etin renk pigmentleriyle reaksiyona girerek ürünün raf ömrü boyunca kalıcı et renginin bozulmadan devamını sağlamaktır. Kürlenme işlemiyle et ürünlerinde gelişen temel reaksiyon Şekil 1'de gerçekleşen tüm reaksiyonlar ve oluşan nitrosomyoglobin ve nitrosohemokrom bileşimi Şekil 2'de verilmiştir [10].



Şekil 1: Kürlenme işleminde gelişen temel reaksiyon [10].



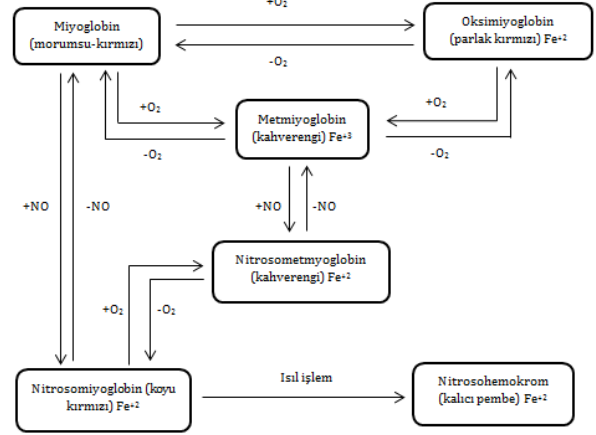
Şekil 2: Nitrosomyoglobin- Nitrosohemokrom oluşum reaksiyonları [10].

Kürlenme ile et ürünlerinde aşağıdaki yararlar sağlanmaktadır [11],[12]:

1- Kürlenme sonucu kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak et kalıcı parlak kırmızı renk almaktadır. Miyoglobininin, nitrosomyoglobine dönüşmesi için 35-50 ppm nitrit yeterli olmaktadır.

- Renk oluşumu; fermente sucuk gibi ısıtılma görmemiş et ürünlerinde nitrosomyoglobin (koyu kırmızı), ısıtılma görmüş salam ve sosis gibi et ürünlerinde ise nitrosohemokrom (kalıcı pembe) oluşumu ile gerçekleşmektedir. Et ürünlerinde

nitrit/nitrat ile gerçekleşen karakteristik renk oluşumu Şekil 3'te verilmiştir [9],[13]



Şekil 3: Et ve et ürünlerinde karakteristik renk oluşumu [13].

2- Et konserveleri ve vakum ambalajlı ısıtılma görmüş et ürünlerinde *Clostridium botulinum* gelişmesi görülebilmektedir. Tuz ile birlikte ürüne ilave edilen kürlenme maddeleri antimikrobiyal etki göstererek *C. botulinum* gelişimini önlemektedir. Bu amaçla ürüne ilave edilecek nitrit tek başına veya kürlenme maddeleriyle beraber kullanılacaksa kullanım miktarının 150 ppm olması gerekmektedir.

- Nitrit ve nitratın indirgenmesi sonucu oluşan NO, tuz ile birlikte et ürünlerinde gıda zehirlenmesine neden olan *Clostridium botulinum* gibi patojenik bakterilerin gelişimini ve toksin oluşturmasını engeller [14],[15].

3- Nitritin antioksidan özelliği, et ürünlerinde lipid oksidasyonu ile oluşan acılaşmayı büyük ölçüde önlemektedir.

- NO'nin acılaşmayı engellemedeki etkisinin renk oluşumunda gerçekleşen reaksiyonlarla benzer olduğu düşünülmektedir. Et içerisinde oksitlenmiş durumda bulunan Fe+3 bileşiğinin yağ oksidasyonunu kataliz etme özelliği vardır. Kürlenmiş et ürünlerinde NO'nin miyoglobin ile olan reaksiyonu ise renk pigmenti demirin indirgenmiş Fe+2 durumunda kalmasını sağlayarak yağ oksidasyonunu engellemektedir [16].

4- Nitrit, kürlenmiş et ürünlerine özgü tat ve kokunun oluşmasına neden olmakta ve ürünün albenisini artırmaktadır.

- Kürlenme işlemiyle et ürünlerin sabit tat, koku ve aromada daha uzun süre muhafaza edilmeleri sağlanır. Kürlenmiş et ürünlerine özgü tat ve aromayı veren reaksiyonlar bugüne kadar tam anlamıyla saptanamamıştır. Fakat taze veya donmuş olarak muhafaza edilen etlerde meydana gelen bazı oksidasyon ara ürünlerinin kürlenmiş et ürünlerinde oluşmaması bu ürünlerin değişik lezzet göstermelerinin nedeni olarak ileri sürülmektedir. Et ürünlerinde lezzet ve aroma oluşumu için 20-40 ppm nitritin yeterli olduğu belirtilmiştir [14].

3 Et ürünlerinde nitrit/nitrat etki mekanizması ve sağlık üzerine etkileri

Et ürünlerine kürlenme aşamasında gereğinden fazla nitrit/nitrat ilave edilmesi önemli sağlık problemlerine yol açmaktadır. Nitrat iyonları doğrudan toksik etkiye sahip değildir. Nitrat, bakteriyel nitrat redüktaz aktivitesi aracılığıyla zararlı nitrit iyonlarına dönüşmektedir [17].

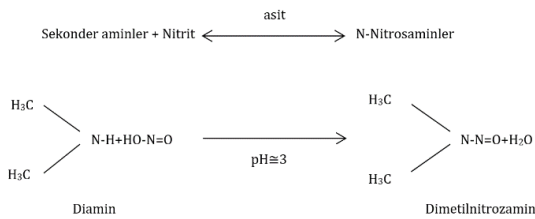
Nitratı nitrite indirgeyen starter kültürlerin başlıcaları: *Kocuria (Micrococcus) varians*, *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas stutzeri*, *Paracoccus denitrificans*, *Bacillus licheniformis*' tir [17].

Nitrit insanlar tarafından tüketilmesine izin verilen tek toksik maddedir. Bu nedenle kürlenmiş et ürünlerinde kullanımı katı kurallara bağlanmıştır. Çoğu ülkelerde et ürünlerine doğrudan ilavesi ve gıda kuruluşlarında nitritin saf olarak bulundurulması yasaklanmıştır [18].

Kürleme işlemi sonunda nitrosomiyogloblin (NOMb) dönüşümü %30-40 kadardır. Kürlenmiş et ürünlerine ilave edilen nitrit veya nitratın tümünün myoglobine bağlanmaması veya gereğinden fazla miktarda nitrit ve nitrat kullanımı durumunda üründe kalıntı nitrit oluşmaktadır [19].

Kalıntı nitrit ortamda bulunan sekonder ve tersiyer aminlerle kürlenme prosesi sırasında ortam pH'sının düşük olması halinde azot oksit veya azot dioksit ile elektrofilik yer değiştirme reaksiyonlarına girerek, N-Dimetilnitrosamin (DMNA) veya Dietilnitrosamin (DNA) gibi kanserojen etkili bileşiklere meydana getirmektedir. Et ürünlerinde; di-n-propilamin, dimetilamin, trimetilamin, 2-feniletilamin, n-propilamin, izopropilamin gibi aminlerin varlığı tespit edilmiştir. Nitrit-nitrat kullanımıyla nitrosamin oluşum mekanizması Şekil 4'te verilmiştir [10].

Nitrosaminler kuvvetli kanserojenik etkili maddeler olmalarının yanı sıra mutajenik ve teratojenik etki de gösterirler. Nitrosaminler, nitratların bakteriyel indirgenmesiyle veya gıdalara ilave edilen aminlerin reaksiyonu sonucu oluşurlar [8].



Şekil 4: Nitrozamin oluşumu [10].

Nitrit ve nitratın insan vücudaki toksikolojik özelliklerine bakıldığında, nitrit hemoglobin ile etkileşime girerek methemoglobinemi oluşumuna yol açmaktadır. Nitritin parçalanması sonucu oluşan NO, NO₂'ye okside olur. Daha sonra oluşan NO₂ hemoglobini methemoglobine (metHb) okside eder. Hücrede hemoglobinin methemoglobine değişimi ile anoksiye (oksijensiz kalma) bağlı iç boğulma oluşur [20].

Nitratın insan beslenmesinde zararsız olduğu kanısı yaygındır. Ancak son çalışmalar nitratın ağız boşluğunda nitrite indirgenmediğini göstermektedir. Nitrat normalde bağırsakta emilmekte, ancak bir kısmı ağız boşluğunda tükürük bezleri yardımıyla nitrite indirgenmektedir. Bu yolla oluşan nitrit çok

düşük miktarda olup, nitrit zehirlenmesine yol açmamaktadır. Fakat diğer zararlı bazı reaksiyonların oluşumunu tetiklemektedir [19].

Nitrit, asidik ortamda nitroz aside (HNO₂) yükseltgenir. Sekonder aminlerle nitrit oksit arasındaki reaksiyon sadece çok düşük pH'da (pH~3) mümkündür. Kürlenmiş et ürünlerinde bulunan kalıntı nitrit tüketildikten sonra mide öz suyunda reaksiyona girmektedir. Reaksiyon için uygun koşulları sağlayan midede N-nitrosaminlerin oluşumu gerçekleşir. Burada oluşan nitrosaminler bağırsakta kolon kanserine neden olmaktadır [21].

Türk Gıda Kodeksi'ne göre *C. botulinum*'un inhibe edilmesi için et ürünlerine ilave edilecek sodyum nitrit miktarı en çok 150 mg/kg, sodyum nitrat miktarı ise en çok 300 mg/kg olarak belirtilmiştir. Son üründe kalıntı nitrit miktarı ise en çok 50 mg/kg olarak bildirilmiştir [22].

4 Et ürünlerinde kullanılan potansiyel nitrit/nitrat alternatifleri

Et endüstrisinde kürlenme işleminde kullanılan nitrit/nitrat ve üründe oluşan kalıntı nitrit miktarını azaltmak amacıyla yeni stratejiler geliştirilmektedir. Et ürünlerinde nitrit/nitrat kullanımının aksine sağlıklı olduğu kabul edilen doğal kaynaklardan alternatif maddelerin geliştirilmesi yönünde çalışmalar vardır. Bunun nedeni kanserojen etkisi olan nitritin, azaltılması veya kullanımının önüne geçilmesi yönünde tüketici taleplerinin ortaya çıkmasıdır [23].

Nitrit/nitrat alternatifleri olarak en çok önerilenler arasında nitrat içeren bitkisel maddeler (kereviz tozu, kiraz tozu, biberiye özü ve domates tozu vb.) ve doğal antimikrobiyal maddeler (laktat, bakteriosin, bio-koruyucu laktik asit bakterileri kültürünün doğrudan ilave edilmesi vb.) yer almaktadır. Nitrit, et ürünlerinde istenilen çoğu işlevleri yerine getiren tek bileşiktir. Bu nedenle, alternatif kürlenme maddelerine kıyasla daha başarılıdır. Bu durum alternatif maddelerin *Clostridium botulinum*'u inhibe etmekte yetersiz kalmasından kaynaklanmaktadır. Öte yandan, bitki özlerinin kullanımı tüketiciler tarafından daha doğal ve sağlıklı görülmektedir [7].

Sebzelerin çeşitli miktarlarda nitrat içerdikleri bilinmektedir. Bu miktar 1 ile 10000 ppm arasında değişmektedir. Ispanak, havuç, kereviz, marul, turp ve pancar gibi sebzeler 1500 ile 2800 ppm arasında yüksek miktarlarda nitrat içerirken; karnabahar, patates, soğan, tatlı mısır ve bezelye gibi sebzeler genelde 200 ppm düzeyinin altında nitrat içermektedir. Bitkisel kaynaklı doğal maddeler işlenmiş et ürünlerinde doğal nitrat kaynakları olarak önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Bu nedenle biyoaktif maddeler et ürünleri üretiminde kullanılmak üzere sebze suları ve sebze tozları şeklinde ticari olarak bulunmaktadır. Doğal et ürünleri üretimi sırasında bu maddelerin genellikle formülasyona ürün ağırlığının %0.2-0.4 oranlarında ilave edilmesi öngörülmektedir. Tablo 1'de bazı sebze ve meyvelerin içerdikleri ortalama nitrat ve nitrit değerleri verilmiştir [9],[17].

Et ürünlerinde nitrit ve nitrate alternatif olarak kullanılacak maddelerin taşınması gereken özellikler[24]:

1. Doğal, bitkisel kökenli antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri olmalıdır,
2. Ticari olarak kolay temin edilebilen ve et ürünleri ile uyumlu olmalıdır,
3. Ürünün duyu özelliklerini olumsuz etkilemeyen özelliklere sahip olmalıdır.

Tablo 1: İstanbul'daki marketlerden alınan bazı taze sebze örneklerin ortalama nitrat ve nitrit içerikleri [17].

Sebze	Ortalama Nitrat Miktarı (ppm)	Ortalama Nitrit Miktarı (ppm)
Ispanak	920.3	0
Marul	842.2	0.15
Şalgam	692.56	0.38
Kereviz	685.8	0.24
Dereotu	531.46	0.3
Şeker		
Pancar	517.23	0.82
Kabak	380.65	0.08
Yer Elması	371.74	0.13
Nane	337.33	0.3
Havuç	165.46	0
Yeşil Biber	119.26	0.37
Pırasa	93.37	0.5
Patates	81.6	0.51
Domates	23.83	0.08
Bezelye	7	0.12

Kürlenmiş et ürünlerinde bitkisel maddelerin en önemli görevi *Clostridium botulinum* gelişimini inhibe etmesidir. Cui ve diğ. [25] karşı sodyum nitrit ve elde edilen bitki özlerinin *Clostridium botulinum*'a karşı antimikrobiyal etkisini değerlendirmişlerdir. *C. batulinum* gelişimini inhibe eden sonuçlar tek başına %0.5 Coptis Rhizom özütü kullanımı veya 4 ppm nitrit ile %0.05 Coptis Rhizom özütünün kombine edilmesiyle sağlandığı belirtilmiştir.

Bitkisel maddeler sahip olduğu tat ve aroma açısından yoğun lezzet profiline sahiptir. Bu nedenle kürlenmiş et ürünlerinde kullanımı duysal açıdan büyük önem taşımaktadır. Hung ve diğ. [24] çalışmalarında sosis üretiminde 18 potansiyel doğal kaynak kullanımının duysal olarak kabul edilebilirliğini incelemişlerdir. Elde edilen sonuçlarda tüketiciler tarafından yaygın olarak kullanılan soğan, biberiye ve kekik gibi bitkilerin, sıklıkla kullanılmayan sofra ve kırmızı pirince göre daha çok kabul gördüğü belirtilmiştir. Ürüne tatlı bir aroma veren kahve özütü ve karmin böceği özütü kullanımının duysal analiz açısından kabul görmediği belirtilmiştir.

Kürlenmiş et ürünlerinde nitrit ve nitrata alternatif kullanılabilecek bitkisel maddeler toz, sıvı ve ham şekliyle et ürünleri formülasyonuna ilave edilmektedir. Haugaard ve diğ. [26] yaptıkları çalışmada her bir gruba 60 ppm nitrit ilave ederek farklı formülasyonlarda 8 grup salam üretmişlerdir. Çalışmada nitrit ve nitrata alternatif olarak kurutulmuş kızılıcak, dondurulmuş yaban mersini ve yaban mersini suyu salamlara ilave edilmiştir. Yaban mersini suyunun %4, %8, %12 konsantrasyonlarda ilave edilmesi renk ve duysal özellikler açısından kontrole yakın sonuçlar vermiştir. Yaban mersininin %2'lik konsantrasyonu dondurulmuş olarak ilave edildiği salamlarda siyah nokta oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir.

Biberiye gibi doğal antioksidanlar lezzetin korunması ve lipit oksidasyonunun geciktirilmesi amacıyla et ürünlerinde kullanılmaktadır. Balentine ve diğ. [27] biberiye ekstraktının alternatif olarak kürlenmiş et ürünlerinde kırmızı renk oluşumu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda et ürünlerinde kırmızı rengin daha uzun kalabilmesi için 3000 ppm oranında biberiye ile muamele edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun yanında biberiye muamelesi ile daha düşük TBARS değeri gözlemlenmiştir.

Doolaege ve diğ. [28] farklı nitrit düzeyleri (40, 80, 120 ppm) ile farklı oranda biberiye özütlerini (0, 250, 500, 750 ppm) kombine ederek karaciğer ezmesindeki etkisini incelemişlerdir. Biberiye özütünün üç konsantrasyonu içinde lipit oksidasyonu, antioksidan aktivitesi ve renk stabilitesi üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca nitrit seviyesinin 80 ppm'e kadar düşürülebileceği belirtilmiştir.

Doğal maddeler kullanılarak üretilen et ürünlerinde diğer önemli parametre ise arzu edilen rengin oluşmasıdır. Bu nedenle nitrit ve nitrat kullanılmadan arzu edilen rengin sağlanması için çalışmalarda çeşitli alternatif maddeler denemektedir. Deda ve diğ. [29] 0-150 ppm oranında sodyum nitrit ve farklı %0-2-6-8-12-16 oranlarda domates salçası kullandıkları soslerde depolama boyunca renk gelişimi ve ürünün duysal özelliklerini gözlemlenmişlerdir. %12 oranında domates salçası içeren sosler en kabul edilebilir renge sahip olurken, %16 oranında domates salçası kullanımı soslerde ekşi bir tada neden olmuştur.

Eyiler ve Öztan [11] çalışmalarında soslerde kullanılan nitrit seviyesini azaltmak amacıyla domates tozu kullanımını denemişlerdir. 50-100-150 ppm oranlarında sodyum nitrit ve 0-2-4/100 g oranlarında domates tozu ile elde edilen sosler, 150 ppm oranında nitrit içeren kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda nitrit seviyesinin düşmesiyle soslerin oksidasyon seviyesinin önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. Domates tozu kullanımının ise oksidasyon reaksiyonunu geciktirdiği ifade edilmiştir. Düşük seviyede nitrit ile domates tozunun kombine kullanımının sosis iç ve dış rengi açısından panelistler tarafından daha kabul edilebilir olduğu belirtilmiştir. Domates tozunun %4 oranında kullanımı nitrit seviyesini 50 ppm kadar azaltılabildiği çalışma sonucunda belirlenmiştir.

Allen ve diğ. [30] 0-50-100 ppm oranında sodyum nitrit ile farklı konsantrasyonlarda % 0-1.5-3 konsantrasyonunda domates posası tozu kullanımının domuz rulolarına etkisini araştırmışlardır. Domates posası tozunun %1.5 konsantrasyonda kullanımının ürünün fizikokimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca nitrit kullanımının 50 ppm düzeyine düşürülebileceği belirtilmiştir.

Kürlenmiş et ürünlerine narenciye ürünlerinin ilave edilmesi kalıntı nitrit miktarını azaltmak için kabul edilen bir başka yöntemi oluşturmaktadır. Viuda-Martos ve diğ. [31] yaptıkları çalışmada sosile ilave edilen kekik uçucu yağı, biberiye uçucu yağı ve %1 oranında portakal lifinin etkisini araştırmıştır. Çalışma sonucunda kalıntı nitrit miktarının %57.61 oranında azaltılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca lipit oksidasyonunun da önemli ölçüde azaldığı gözlemlenmiştir.

Kurčić ve diğ. [32] sucuk üretiminde nitrite alternatif olarak bitki olan *Kitaibelia vitifolia* özütü kullanımının etkisini araştırmışlardır. Çalışmada *K. vitifolia* özütü için belirlenen etkili oran 12.5 g (g/kg) olarak belirlenmiştir. Bu oranda kullanımı ile *Escherichia coli*'ye karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirtilmiştir. *Kitaibelia vitifolia* özütünün *C. batulinum* üzerine etkisini araştırmak üzere daha fazla çalışma yapılması gerektiği aktarılmıştır.

Yapılan çalışmalarda nitrit/ nitrat kullanımının azaltılmasına yönelik olumlu sonuçlar alındığı aktarılmıştır. Asıl amaç ise tamamen nitrit/ nitrat kullanımının önüne geçmektir. Li ve diğ. [33] nitrit ilavesi olmaksızın Çin usulü soslere *Staphylococcus xylosus* ve *Pediococcus pentosaceus* inokule ederek

nitrosomiyoglobin oluşumunu gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda a* değerlerine bakıldığında *Pediococcus pentosaceus* kontrole yakın sonuç verirken *Staphylococcus xylosus* için daha olumlu a* değeri elde edilmiştir. Bu nedenle et ürünlerinde nitrit yerine bakteriyel etkinin alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Maere ve diğ. [34] yaptıkları çalışmada nitrit/nitrat eklemeyen sucuk üretimini amaçlamışlardır. Renk oluşumu için önemli bir faktör olan farklı pH şartlarında doğal renk pigmenti çinko protoporfirin IX (Zn(II) PPIX) kullanılmıştır. Çinko protoporfirin IX ve a* değeri arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki kurulmuştur. Analiz sonucunda nitrit/nitrat ilavesi olmadan istenen renkte fermente et üretiminin gerçekleştirileceğini belirtilmiştir. Ancak et ürünlerinde nitrit/nitrat kullanılmaması gıda güvenliği ile ilgili endişe uyandırdığı için daha fazla çalışmaya gereksinim vardır.

Sindelar ve diğ. [35] pastırma üretiminde nitrit ilavesi olmaksızın sebze suyu tozu kullanımının etkisini ortaya koymak amacıyla nitrit ilaveli kontrol grubu ile karşılaştırma yapmıştır. Bu amaçla çalışmalarında kereviz suyu tozu kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlarda kontrol grubuna göre, kereviz suyu tozu kullanılan ürünlere kalıntı nitrit miktarının ve tiyobarbitürat reaktif maddelerin düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Mainar ve Leroy, [36] çiğ fermente et ürününde arzu edilen rengin koagülaz-negatif stafilkokoklar (CNS) tarafından sağlanmasını amaçlamışlardır. Renk oluşumu üzerinde bakteri topluluğu bileşiminin etkisi araştırılmıştır. Çalışmada *S. carnosus* nitrat redüktaz aktivitesi, *S. haemolyticus* nitrit oksit sentaz aktivitesi, *Lactobacillus sakei* asitleştirme işleminin sağlanması için starter kültür olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak azot oksit üreten CNS topluluklarının a* değerlerinin kontrole yakın olduğu belirtilmiştir.

Kong ve diğ. [37] yaptıkları çalışmada Çin usulü sosis üretiminde pembe renk oluşumunu gözlemek amacıyla farklı seviyelerde *Lactobacillus fermentum* kullanarak, kontrol grubu nitrit içeren sosislerle karşılaştırma yapmıştır. *L. fermentum* ilaveli ürünlere serbest aminoasit içeriği fazla bulunurken, 10⁸ CFU/g *L. fermentum* kullanımının et ürünü için renk sağlayıcı nitrosomiyoglobin açısından kontrole yakın sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda nitrit yerine *L. fermentum* kullanımının sosis üretiminde potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir.

5 Sonuç

Nitrit/nitrat etin işlenmesinde çok fonksiyonlu gıda katkı maddesi olarak kabul edilmektedir. Ancak nitrit alımı insanlarda potansiyel kanserojen risk oluşturduğu için sınırlandırılması gereklidir. Fonksiyonel et ürünlerine ve sağlıklı et ürünlerine artan talep üzerine doğal ürünlerin üretimine yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu nedenle kürlenmiş et ürünlerinde nitrit ve nitrat mekanizmasını sağlayacak doğal alternatif maddeler arayışına gidilmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda kürlenmiş et ürünlerinde kullanılması gereken nitrit/nitrat ve son üründe kalıntı nitrit miktarının azaltılmasına yönelik olumlu sonuçlar alınırken henüz nitritin tüm işlevlerini yerine getiren tek bileşik tespit edilememiştir. Avrupa Birliği tarafından fermente et ürünlerinde, nitrit/nitrat kullanımının %25 ve %50 oranında azaltılmasına izin verilmiştir. Günümüzde bu amaçla kullanılacak maddelerin insan sağlığı üzerinde güvenliğini doğrulamak ve alternatif maddelerin gıda sanayinde güvenli bir

şekilde kullanılması için daha ileri çalışmaların yapılması gerekmektedir.

6 Kaynaklar

- [1] Toldra F, Reig M. "Innovations for healthier processed meats". *Trends in Food Science & Technology*, 22, 517-522, 2011.
- [2] Yıldız-Turp G, Sucu Ç. "Et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımına alternatif yöntemler". *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 12(2), 231-242, 2016.
- [3] Bingöl BE, Bostan K. "Bir gıda katkı maddesi olarak laktatların et ve et ürünlerinde kullanımı". *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 38(1), 79-88, 2012.
- [4] Bedale W, Sindelar JJ, Milkowski LA. "Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions". *Meat Science*, 1-37, 2016.
- [5] Ruiz-Capillas C, Aller-Guio P, Jimenez-Colmenero F. "Application of flow injection analysis to determine protein-bound nitrite in meat products". *Food Chemistry*, 101, 812-816, 2007.
- [6] Özbay-Doğu S, Sarıçoban C. "Probiyotik et ürünleri ve beslenme". *Türk Tarım -Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(4), 183-189, 2015.
- [7] Hospital FX, Carballo J, Fernandez M, Arnau J, Gratacos M, Hierro E. "Technological implications of reducing nitrate and nitrite levels in dry-fermented sausages: Typical microbiota, residual nitrate and nitrite and volatile profile". *Food Control*, 57, 275-281, 2015.
- [8] Tan E. "Gıda kirlenmesinde Nitrat, Nitrit ve oluşturdukları Riskler". *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 3(2), 32-36, 2003.
- [9] Palamutoğlu R, Sarıçoban C. "Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kürlenme maddeleri". *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 46-58, 2012.
- [10] Öztan A. *Et Bilimi ve Teknolojisi*. 9 Baskı. Ankara, Türkiye, TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, 2013.
- [11] Eyiler E, Öztan A. "Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive". *LWT-Food Science and Technology*, 44, 307-311, 2011.
- [12] Barbieri G, Bergamaschi M, Barbieri Ge, Franceschini M. "Kinetics of nitrite evaluated in a meat product". *Meat Science* 93, 282-286, 2013.
- [13] Ertaş H. "Pigmentler ve et rengi". *Gıda Dergisi*, 8(6), 265-273, 1983.
- [14] Rincón F, Martínez B, Pérez-Olmos R, Berzosa A. "The roles of pH extraction and colloidal protein solubility in the optimization of spectrophotometric nitrite determination in meat products via response surface methodology". *Meat Science*, 80, 744-752, 2008.
- [15] Bryan NS, Ivy JL. "Inorganic nitrite and nitrate: evidence to support consideration as dietary nutrients". *Nutrition Research*, 35, 643-654, 2015.
- [16] Gökalp HY. "Et Ürünlerinde Nitrat, Nitrit Kullanımı ve Nitrit Zehirlenmesi". *Gıda Dergisi*, 8(5), 240-243, 1983.
- [17] Özdehan Ö, Üren A. "Gıdalarda Nitrat ve Nitrit". *Akademik Gıda Dergisi*, 8(6), 35-43, 2010.
- [18] Demeyer D, Honikel K, De Smet S. "The world cancer research fund report: a challenge for the meat processing industry". *Meat Science*, 80, 953-959, 2008.
- [19] Bayraktar N, Gökçe R, Ergün Ö. "Gıdalarda nitrat ve nitrit kalıntılarının insan sağlığı üzerine etkileri". *ÇEVKOR Çevre Koruma Dergisi*, 7(28), 28-30, 1998.

- [20] Öztekin N, Nutku MS, Erim FB. "Simultaneous determination of nitrite and nitrate in meat products and vegetables by capillary electrophoresis". *Food Chemistry*, 76, 103-106, 2002.
- [21] Oostindjer M, Alexander J, Amdam GV, Andersen G, Bryane NS, Chen D, Corpet DE, Smet SD, Dragsted LO, Haug A, Karlsson AH, Kleter G, de Kokm T, Kulseng B, Milkowski AL, Martino RJ, Pajari AM, Paulsen JE, Pickova J, Rudi K, Sødbring M, Weed DL, Egelanddal B. "The role of red and processed meat in colorectal cancer development: a perspective". *Meat Science*, 97, 583-596, 2014.
- [22] Türk Gıda Kodeksi. "Renklendiriciler ve Tadlandırıcılar Dışındaki Gıda Maddeleri Tebliği" <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080522-7.htm> (22.01.2017).
- [23] Alahakoon UA, Jayasena DD, Ramachandra S, Jo C. "Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date". *Trends in Food Science and Technology*, 45, 37-49, 2015.
- [24] Hung Y, Verbeke W, Kok MT. "Stakeholder and consumer reactions towards innovative processed meat products: Insights from a qualitative study about nitrite reduction and phytochemical addition". *Food Control*, 60, 690-698, 2016.
- [25] Cui H, Gabriel AA, Nakano H. "Antimicrobial efficacies of plant extracts and sodium nitrite against *Clostridium botulinum*". *Food Control*, 21, 1030-1036, 2010.
- [26] Haugaard P, Hansen F, Jensen M, Grunert GK. "Consumer attitudes toward new technique for preserving organic meat using herbs and berries". *Meat Science*, 96, 126-135, 2014.
- [27] Balentine CW, Crandall PG, O'Bryan CA, Duong DQ, Pohlman FW. "The pre- and post-grinding application of rosemary and its effects on lipid oxidation and color during storage of ground beef". *Meat Science*, 73, 413-421, 2006.
- [28] Doolaege HAE, Vossen E, Raes K, Meulenaer BD, Verhé R, Paelinck H, Smet SD. "Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés". *Meat Science*, 90, 925-931, 2012.
- [29] Deda MS, Bloukas JG, Fista GA. "Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters". *Meat Science*, 76, 501-508, 2007.
- [30] Hayes JE, Canonico I, Allen P. "Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll". *Meat Science*, 95, 755-762, 2013.
- [31] Viuda-Martos M, Ruiz-Navajas Y., Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA. "Effect of added citrus fibre and spice essential oils on quality characteristics and shelf-life of mortadella". *Meat Science*, 85, 568-576, 2010.
- [32] Kurčubić SV, Mašković ZP, Vujić MJ, Vranić VD, Vesković-Moračanin MS, Okanović GD, Lilić VS. "Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage". *Meat Science*. 97, 459-467, 2014.
- [33] Li P, Kong B, Chen Q, Zheng D, Liu, N. "Formation and identification of nitrosylmyoglobin by *Staphylococcus xylosus* in raw meat batters: A potential solution for nitrite substitution in meat products". *Meat Science*, 93, 67-72, 2013.
- [34] Maere HD, Mey ED, Fraeye I, Dewulf L, Michiels C, Paelinck H, Chollet S. "Formation of naturally occurring pigments during the production of nitrite-free dry fermented sausages". *Meat Science*, 114, 1-7, 2016.
- [35] Sindelar JJ, Terns JM, Meyn E, Boles AJ. "Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky". *Meat Science*, 86, 298-303, 2010.
- [36] Mainar SM, Leroy F. "Process-driven bacterial community dynamics are key to cured meat colour formation by coagulase-negative staphylococci via nitrate reductase or nitric oxide synthase activities". *International Journal of Food Microbiology*, 212, 60-66, 2015.
- [37] Zhang X, Kong B, Xiong LY. "Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation". *Meat Science*, 77, 593-598, 2007.