

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK ÜRETİMİNDE KÜRLEME AJANI OLARAK PAZI TOZU KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA VE KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Zeynep Feyza Yılmaz Oral*

Atatürk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Erzurum, Türkiye

Geliş / Received: 02.08.2023; Kabul / Accepted: 22.09.2023; Online baskı / Published online: 25.09.2023

Yılmaz Oral, Z. F. (2023). Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde kürlenme ajanı olarak pazı tozu kullanımının nitrozamin oluşumuna ve kalite parametrelerine etkisi. *GIDA* (2023) 48 (5) 1036-1046 doi: 10.15237/gida.GD23090

Yılmaz Oral, Z. F. (2023). *The effect of using swiss chard powder as a curing agent in the production of heat-treated sucuk on nitrosamine formation and quality parameters.* *GIDA* (2023) 48 (5) 1036-1046 doi: 10.15237/gida.GD23090

ÖZ

Araştırmada ısı işlem görmüş sucuk üretiminde alternatif kürlenme ajanı olarak biyodönüştürülmüş pazı tozu (PT) kullanımının nitrozamin oluşumuna ve ürünün bazı kalite parametrelerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca pişirme derecesinin nitrozamin oluşumuna etkisi de incelenmiştir. Kürlenme ajanı olarak sentetik nitrit (SN) (150 mg/kg NaNO₂), SN (75 mg/kg NaNO₂) + PT (75 mg/kg NaNO₂'ye eşdeğer) ve PT (150 mg/kg NaNO₂'ye eş değer) içeren üç farklı ısı işlem görmüş sucuk grubu üretilmiştir. PT, pH ve TBARS değerlerinde artışa neden olmuştur. Kalıntı nitrit seviyesi ise PT ve SN + PT'den etkilenmemiştir. Muameleler arasında laktik asit bakterisi ve *Micrococcus/Staphylococcus* açısından önemli farklılıklar görülmemiştir. PT, tat ve genel kabul edilebilirlik skorlarını artırmıştır. SN + PT ve PT, N-nitrozodimetilamin, N-nitrozodietilamin ve N-nitrozopiperidin üzerinde önemli etki göstermemiştir. Belirlenen nitrozaminlerin seviyesi, pişirme süresi arttıkça artmıştır. Temel bileşen analiz sonuçlarına göre pişirme süresi, pazı tozu faktörüne göre nitrozaminler üzerinde daha fazla etki göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem görmüş sucuk, pazı tozu, nitrozamin, kalıntı nitrit

THE EFFECT OF USING SWISS CHARD POWDER AS A CURING AGENT IN THE PRODUCTION OF HEAT-TREATED SUCUK ON NITROSAMINE FORMATION AND QUALITY PARAMETERS

ABSTRACT

In this study, it was aimed to determine the effect of using bioconverted swiss chard powder (SCP) as an alternative curing agent in the production of heat-treated sucuk on nitrosamine formation and its some quality parameters. In addition, the effect of cooking degree on nitrosamine formation was also investigated. Three different heat treated sucuk groups containing synthetic nitrite (SN) (150 mg/kg NaNO₂), SN (75 mg/kg NaNO₂) + SCP (equivalent to 75 mg/kg NaNO₂) or SCP (equivalent to 150 mg/kg NaNO₂) as curing agent were produced. SCP caused an increase in pH and TBARS values. However, the residual nitrite level was not affected by SCP and SN + SCP treatments. There were no significant differences in the number of lactic acid bacteria and *Micrococcus/Staphylococcus*

*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author

✉: zeynep.yilmaz@atauni.edu.tr

☎: (+90) 442 231 6233

☎: (+90) 442 231 2503

Zeynep Feyza Yılmaz Oral; ORCID no: 0000-0002-6295-0509

between treatments. SCP increased taste and overall acceptability scores. SN + SCP and SCP had no significant effect on N-nitrosodimethylamine, N-nitrosodiethylamine, and N-nitrozopiperidine. The level of nitrosamines increased with increasing cooking time. According to the principal component analysis results, cooking time had a greater effect on nitrosamines than the use of swiss chard powder factor.

Keywords: Heat treated sucuk, swiss chard powder, nitrosamine, residual nitrite

GİRİŞ

Kürleme, etin tuz varlığında nitrat, nitrit veya nitrat/nitrit ile muamelesi olarak tanımlanmaktadır (Gökalp vd., 2015). Et endüstrisinde kürleme maddesinin seçimi, ürün tipine ve proses koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ancak kürleme ajanı olarak nitrat kullanılan ürünlerde, beklenen etkilerin ortaya çıkabilmesi için bu kürleme ajanının nitrite dönüşmesi gerekmektedir (Kaya ve Kaban, 2019; Jo vd., 2020).

Nitrat ve nitrit, et ürünlerinde *Clostridium botulinum* ve *Listeria monocytogenes* gibi gıda kaynaklı patojenler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların inhibisyonu, lipid oksidasyonunun geciktirilmesi ve karakteristik renk ve lezzetinin gelişiminde önemli katkılar sağlamaktadır (Gökalp vd., 2015; Jo vd., 2020). Çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olan nitrit, nitrozamin oluşumunda da önemli rol oynamaktadır (De Mey vd., 2017; Sallan vd., 2019;2020).

Nitrozaminler karsinojenik, mutajenik ve teratojenik özellik gösteren N-nitroso bileşiklerdir (Rywotycski, 1998). Uçucu ve uçucu olmayan bileşikler olarak sınıflandırılan nitrozaminler içerisinde uçucu nitrozaminlerden N-nitrozodimetilamin (NDMA) ve N-nitrozodietilamin (NDEA), insanlar için olası (Grup 2A) kanserojen bileşikler, N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozopirrolidin (NPYR), N-nitrozodibütülinamin (NDBA), N-nitrozomorfolin (NMOR) ise muhtemel (Grup 2B) kanserojenik bileşikler olarak kabul edilmektedir (IARC, 2000). Nitrozaminler, bir nitrozasyon ajanı ile sekonder amin arasında gerçekleşen reaksiyon sonucu oluşmaktadır (De Mey vd., 2014). Nitrozaminlerin oluşumunda, pişirme süresi, sıcaklığı ve yöntemi, ilave edilen nitrit miktarı, su aktivitesi, kalıntı nitrit miktarı, pH, nitrozasyon katalist ve inhibitörlerinin varlığı,

baharat çeşidi, mikroorganizmaların dekarboksilaz aktivitesi ve muhafaza şartları gibi pek çok faktör etkili olmaktadır (Yurcenko ve Mölder, 2007; Wang vd., 2015; Sallan vd., 2019, 2020).

Sucuk, ısıl işlem görmüş sucuk, salami gibi kuru ve kuru fermente sosilerin de yer aldığı kür edilmiş et ürünlerinde, nitrozaminlerin seviyesi ürün tipine ve nitrozamin çeşidine bağlı olarak geniş bir varyasyon göstermektedir. Bu ürünlerde NDMA, NPIP ve NPYR yaygın olarak belirlenen uçucu nitrozaminlerdir (De Mey vd., 2014; Hermann vd., 2015). Sucuk ve ısıl işlem görmüş sucukta da değişik seviyelerde nitrozaminler belirlenmiştir (Özel vd., 2010; Kaban vd., 2022; Kızılkaya vd., 2023). Fermente sosiler genellikle pişirilmeden tüketilmelerine rağmen, sucuk ve ısıl işlem görmüş sucuk tüketim alışkanlıklarından dolayı genellikle pişirilerek tüketilmektedir (Sallan vd., 2019). Bu fermente sosiler üzerinde yapılan araştırmalarda pişirme derecesi veya süresi arttıkça nitrozamin seviyelerinin arttığı rapor edilmiştir (Ata, 2010; Sallan vd., 2019;2020; Kızılkaya vd., 2023). Fermente sosilerde nitrozamin oluşumunu inhibe etmek amacı ile tokoferol, askorbik asit, erithorbik asit ve polifenoller gibi antioksidan özelliğe sahip bileşiklerin kullanımına yönelik araştırmalar yürütülmüştür (Rywotycski, 2007; Herrmann vd., 2015; Wang vd., 2015, Sallan vd., 2019; 2020). Diğer taraftan alternatif kürleme ajanı olarak kereviz tozu veya kereviz suyu tozunun (Sindelar vd., 2007; Horsch vd., 2014), domates püresi ve tozu (Deda vd., 2007; Eyiler ve Öztan, 2011), biberiye ekstraktı (Doolaege vd., 2012), dereotu, ıspanak, maydanoz (Babaoğlu, 2020), ve pancar tozunun (Sucu ve Yıldız Turp, 2018) fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkilerini belirlemeye yönelik çalışmalar yürütülmüştür. Ayrıca ısıl işlem görmüş sucukta biyodönüştürülmüş kereviz tozunun nitrozamin oluşumu ve uçucu bileşik profiline yönelik bir araştırma da yürütülmüştür (Yılmaz Oral, 2022).

Pazı (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) tozunun alternatif kürlenme ajanı olarak et ürünlerinde kullanımına yönelik çalışmalar da mevcuttur (Hwang vd., 2016; Shin vd., 2017; Kim vd., 2019; Babaoğlu, 2020; Öztürk Kerimoğlu ve Serdaroğlu, 2020). Mevcut bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde kürlenme ajanı olarak biyodönüştürülmüş pazı tozu kullanımının nitrozamin oluşumuna etkisi incelenmiştir. Ayrıca pazı tozunun ürün özelliklerine ve pazı tozu mevcudiyetinde pişirme süresinin nitrozamin oluşumuna etkileri de araştırılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Üretimde hammadde olarak sığır eti ve et yağı kullanılmıştır. Nitratı nitrite dönüştürülmüş formdaki pazı tozu (Veg stable® 531) (%1.47 nitrit) ticari bir firmadan (Florida Food Products, ABD) temin edilmiştir. *Lactobacillus sakei* S15 (Kaya vd., 2015) ve *Staphylococcus xylosus* GM92 (Kaban ve Kaya, 2008) suşları starter kültür olarak kullanılmıştır. Suşlar üretimden önce aktifleştirilmiş ve *L. sakei* S15 10^7 kob/g, *S. xylosus* GM92 ise 10^6 kob/g oranında hamurlara ilave edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk üretimi

Üretimde Armutçu vd. (2020) tarafından verilen formülasyon kullanılmıştır. Bu formülasyon esas alınarak sentetik nitrit (150 mg/kg NaNO_2), sentetik nitrit (75 mg/kg NaNO_2) + pazı tozu (75 mg/kg NaNO_2 'ye eşdeğer) ve pazı tozu (150 mg/kg NaNO_2 'ye eş değer) içeren üç farklı sucuk hamuru hazırlanmıştır. Hamur hazırlama işlemi laboratuvar tipi kuterde (Mado Typ MTK 662, Almanya) gerçekleştirilmiş ve hamurlar pistonlu bir doldurucu (Mado Typ MTK 591, Almanya) ile kolajen kılıflara (Naturin Darm, Almanya) doldurulmuştur. Fermantasyon ($24 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de %92 ± 2 bağıl nem, 24 saat) işlemi tam otomatik bir klima ünitesinde (Reich, Almanya) gerçekleştirilmiş ve bu işlemi müteakiben örnekler pişirme fırınına (Mauting, Çekya) alınarak ısıl işleme tabi tutulmuştur. Isıl işlemde 55°C 'lik başlangıç sıcaklığı ve 64°C 'lik iç sıcaklık esas alınmıştır. Bu işlemi müteakiben örnekler tekrar klima ünitesine alınmış ve $16 \pm 1^\circ\text{C}$ 'de 3 gün süreyle kurutulmuştur. Üretim üç farklı zamanda

üç farklı hammadde kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Örnekleme ve pişirme işlemi

Her bir muamele grubundan fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyu analizler için örnek alınmıştır. Pazı tozu varlığında pişirme süresinin nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek için örnekler 0.5 cm kalınlığında kesildikten sonra ısıtıcı plakada 180°C 'de üç farklı pişirme süresi (çiğ-0 dk, az pişmiş-1dk (her bir yüzey 0.5 dk), pişmiş-3 dk (her bir yüzey 1.5 dk)) uygulanarak pişirilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler

Örneklerde laktik asit bakteri sayısının belirlenmesi için MRS agar (Merck, Almanya) plakları kullanılmış ve yüzeye yayma yöntemiyle ekim yapılmıştır. İnkübasyon, anaerobik şartlar (Anaerocult A, Merck) altında 30°C 'de 48 saat süre ile gerçekleştirilmiştir (Baumgart vd.,1993). *Micrococcus/Staphylococcus* sayımında Mannitol Salt Phenol Red Agar (MSA, Merck) plaklarına ekim yapılmış ve plaklar aerobik şartlarda 30°C 'de 48 saat inkübe edilmiştir (Baumgart vd., 1993). *Enterobacteriaceae* sayımı için Violet Red Bile Dextrose (VRBD, Merck) agar plakları kullanılmış ve plaklar anaerobik ortamda (Anaerocult A, Merck) 30°C 'de 48 saat süre ile inkübe edilmiştir (Baumgart vd., 1993).

Fizikokimyasal analizler

pH analizi

Örneklerin pH değerinin belirlenmesi için 10 g analiz numunesine 100 ml saf su ilave edilmiş ve ultra turrax (IKA Werk T25, Almanya) ile homojenize edildikten sonra pH metre (Mettler Toledo, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir (Gökalp vd., 2010).

Su aktivitesi analizi

Su aktivitesinin (a_w) belirlenmesinde su aktivitesi cihazı (Novasina, TH-500 a_w Sprint) kullanılmıştır. Cihaz kullanılmadan önce 25°C 'de altı farklı tuz çözeltisi ile kalibre edilmiştir.

Tiyobarbitirik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi

Tiyobarbitirik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi, Lemon (1975) tarafından belirtilen metoda

göre yapılmıştır. Santrifüj tüpüne homojenize edilmiş 2 g örnek tartılmış ve üzerine TCA çözeltisinden (%7.5 TCA; %0.1 EDTA; %0.1 Propil gallat) 12 ml ilave edilmiştir. Homojenizasyon işleminden sonra Whatman 1 filtre kağıdından süzülen homojenizattan 3 ml deney tüpüne aktarılmıştır. Tüp içerisine 3 ml TBA (0.02 M) çözeltisi de ilave edildikten sonra kaynayan su banyosunda 40 dk süre ile bekletilmiştir. Soğuk su içerisinde 5 dk süre ile yapılan soğutma işleminden sonra santrifüjleme işlemi (2000 g'de 5 dk) yapılmıştır. Spektrofotometrede 530 nm'de absorbans ölçülmüş ve sonuçlar $\mu\text{mol MDA/kg}$ olarak verilmiştir.

Kalıntı nitrit analizi

Kalıntı nitrit miktarının belirlenmesi için 10 g örneğe 50 ml ultra saf su (50-60 °C) ilave edilmiş ve baget ile iyice karıştırılmıştır. Homojenizat 200 ml'lik balon jöjeye aktarılmış ve üzerine 50 ml asetonitril ilave edilerek 15 dk süreyle karıştırılmıştır. 200 ml'ye tamamlanan karışım, nitritsiz/nitratlız filtre kağıdından (MN 640 de, Macherey-Nagel) süzülüş ve müteakiben 0.45 μm 'lik fitreden geçirilmiştir. Kalıntı nitrit miktarı, HPLC/DAD (Agilent 1100, Amerika) kullanılarak saptanmıştır. Kolon olarak Hamilton PRP-X100 (5 $\mu\text{m} \times 150 \times 4.6\text{mm}$, Amerika) kullanılmış ve akış hızı 2 ml/dk' ya ayarlanmıştır. Nitrit standardı ile kurve hazırlanmış ve sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir (NMKL 165, 2000).

Duyusal analiz

Örneklerin duyusal değerlendirmesi, 20 yarı eğitimli panelist (10 erkek, 10 kadın) ile laboratuvar paneli uygulanarak yapılmıştır. Örnekler tat, koku, renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik özellikleri yönünden 9 noktalı hedonik tip skala kullanılarak değerlendirilmiştir.

Nitrozamin analizi

10 g örneğe 0.1 M NaOH ilave edilmiş ve sonifikasyon işlemi uygulandıktan sonra metanol ilave edilerek homojenize edilmiştir. Örnekler santrifüjlendikten (4°C'de 10000 rpm) sonra filtre (Whatman GF/C glass microfiber filters, İngiltere) edilmiştir. Elde edilen ekstrakta %20'lik NaCl ilave edilerek ChemElut kolona (Agilent

ChemElut, 20 ml, Unbuffered, ABD) aktarılmıştır. Diklorometan ilavesinden sonra karışım Kuderna Danish düzeneği ile 1 ml'ye konsantre edilmiş ve azot altında 40 °C'de evapore (Organomation, Nitrogen Evaporatör, ABD) edilmiştir. Nitrozamin seviyesi gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC/MS, Agilent 6890N/Agilent 5973, ABD) kullanılarak belirlenmiştir. Sistemde taşıyıcı gaz olarak helyum gazı, kolon olarak DB-5MS (30m x 0.25mm x 0.25 μm , Agilent) kullanılmış ve SIM modunda çalışılmıştır. Fırın sıcaklığı 50 °C'den başlatılmış ve kademeli olarak 250 °C'ye çıkarılmıştır. Tanımlamada nitrozamin standardı (EPA 521 Nitrosamine Mix, Supelco, ABD) kullanılmıştır (Wang vd., 2015). Sonuçlar $\mu\text{g/kg}$ olarak verilmiştir.

Analizin validasyonu her seviyede altı tekrar olacak şekilde farklı oranlarda (0.5- 20 $\mu\text{g/L}$) standart ilave edilerek gerçekleştirilmiştir. N-Nitrosodimetilamin (NDMA, LOD = 0.32, LOQ = 0.97), N-Nitrosodietilamin (NDEA, LOD = 0.37, LOQ = 1.12), N-Nitrosometilamin (NMEA, LOD = 0.39, LOQ = 1.21), N-Nitrosopirrolidin (NPYR, LOD = 0.31, LOQ = 1.13), N-Nitrosodipropilamin (NDPA, LOD = 0.45, LOQ = 1.37), N-Nitrosopiperidine (NPIP, LOD = 0.32, LOQ = 0.98) ve N-Nitrosodibutylamin (NDBA, LOD = 0.38, LOQ = 1.14) için LOD ve LOQ değerleri belirlenmiştir.

İstatistiksel analizler

Araştırmada üç farklı muamele (sentetik nitrit (150 mg/kg NaNO₂), sentetik nitrit (75 mg/kg NaNO₂) + pazı tozu (75 mg/kg NaNO₂'ye eşdeğer) ve pazı tozu (150 mg/kg NaNO₂'ye eşdeğer)) esas alınmış ve denemeler şansa bağlı tam bloklar deneme planına uygun olarak üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Nitrozamin analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde hem muamele hem de pişirme seviyesi faktörleri dikkate alınmıştır. Sonuçlara varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (SPSS 24, Chicago, ABD). Ayrıca muamele ve pişirme süresi arasındaki ilişki temel bileşen analizi ile değerlendirilmiştir (Unscrambler software, CAMO, version 10.1, Norveç).

BULGULAR VE TARTIŞMA**Mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özellikler**

Kürleme ajanı olarak biyodönüştürülmüş pazı tozu kullanımının ısı işlem görmüş sucuğun mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklere etkisi Çizelge 1’de gösterilmiştir. Araştırmada laktik starter kültür olarak *Lactobacillus sakei* S15 kullanılmıştır. Fermantasyon aşamasından sonra uygulanan 64 °C’lik iç sıcaklıktan dolayı son üründe laktik asit bakteri sayısı 2-3 log kob/g arasında değişim göstermiştir. Isıl işlem görmüş sucukta, üretimde uygulanan iç sıcaklığa bağlı olarak son ürünlerdeki laktik asit bakteri sayısı değişkenlik gösterebilmektedir (Armutçu vd., 2020; Yılmaz Oral ve Kaban, 2021; Çakır vd., 2013). Pazı tozu kullanımının ise laktik asit bakteri sayısı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 1). Teknolojik açıdan önem arz eden diğer bir mikroorganizma grubu

mikrokok/stafilokokların sayısı da pazı tozu kullanımından etkilenmemiştir. Uygulanan ısı işleminden dolayı gruplarda 3 log kob/g düzeyinde *Micrococcus/Staphylococcus* belirlenmiştir (Çizelge 1). Isıl işlem görmüş sucukta mikrokok/stafilokok sayısı da laktik asit bakterilerinde olduğu gibi uygulanan ısı işlem koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Armutçu vd., 2020). Kontrol grubu (SN) ile pazı tozu içeren grupların (SN+PT ve PT) *Enterobacteriaceae* sayısı saptanabilir sınırın altında (< 2 log kob/g) bulunmuştur. Fermantasyon aşamasındaki pH düşüşü ve fermantasyondan sonra uygulanan ısı işlem aşaması, bu mikroorganizmaların inaktivasyonunda önemli engel etkenlerdir (Lücke, 1985; Kaya ve Kaban, 2019; Yılmaz Oral ve Kaban, 2021).

Çizelge 1. Kürleme ajanı olarak pazı tozu kullanımının ısı işlem görmüş sucuğun mikrobiyolojik ve fizikokimyasal özelliklerine etkisi

Table 1. The effect of using swiss chard powder as a curing agent on the microbiological and physicochemical properties of heat-treated sucuk

Muamele Treatment	Laktik asit bakteri (log kob/g) <i>Lactic acid bacteria</i>	<i>Micrococcus/ Staphylococcus</i> (log kob/g)	pH	a_w	TBARS (μ mol MDA/kg)	Kalıntı nitrit miktarı (mg/kg) <i>Residual nitrite amount</i>
SN- Kontrol	3.07±0.30a	3.22±0.20a	4.80±0.04b	0.929±0.002a	7.60±0.76b	9.85±1.38a
SN+PT	2.80±0.53a	3.07±0.35a	4.87±0.05ab	0.925±0.002ab	7.65±0.25b	9.20±0.37a
PT	3.33±0.35a	3.42±0.55a	4.96±0.07a	0.921±0.003b	8.80±0.27a	8.50±0.66a
<i>P</i> değeri <i>P value</i>	> 0.05	> 0.05	<0.05*	<0.05*	<0.05*	>0.05

SN-Kontrol: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrit, SN+PT: 75 mg/kg sentetik sodyum nitrit + 75 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu, PT: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu

SN-Control: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite, SN+PT: 75 mg/kg synthetic sodium nitrite + 75 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder, PT: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder

Isıl işlem görmüş sucuk gruplarının pH değeri üzerinde, pazı tozu kullanımı $P < 0.05$ düzeyinde etki göstermiştir. En yüksek ortalama pH değeri PT grubunda belirlenmiştir (Çizelge 1). Pazı tozu miktarı arttıkça pH değerinin artış gösterdiği, Öztürk Kerimoğlu ve Serdaroğlu (2020) tarafından da rapor edilmiştir. Kürleme ajanı olarak kereviz tozunun kullanıldığı ısı işlem

görmüş sucuk üzerinde yürütülen bir çalışmada da kereviz tozu içeren örneklerin daha yüksek bir pH değeri verdiği bildirilmiştir (Yılmaz Oral, 2022). Isıl işlem görmüş sucukta fermantasyon aşamasında pH genellikle 5.30’ün altına düşmektedir (Armutçu vd., 2020; Çakır vd., 2013). Mevcut bu çalışmada 24°C’lik başlangıç fermantasyon sıcaklığından dolayı son ürünlerdeki

pH değeri 5.0'in altında bulunmuştur. Isıl işlem görmüş sucuk gibi yarı-kuru fermente sosisler grubunda, su aktivitesi değeri 0.900-0.950 arasında değişim gösterebilmektedir (Caplice ve Fitzgerald, 1999; Kaya ve Kaban, 2019). Bu araştırmada tüm muamele gruplarında a_w değeri 0.930'un altında tespit edilmiştir. Pazı tozu kullanımı su aktivitesinde az da olsa bir düşüşe neden olmuş ve en düşük ortalama değere sahip olan PT grubu, istatistiki açıdan kontrol grubundan farklılık göstermiştir (Çizelge 1). Bu sonuç muhtemelen pazı tozunun su tutma kapasitesinden ileri gelmektedir.

Lipid oksidasyonun derecesi hakkında bilgi veren TBARS değeri, sentetik nitrit kullanılmayan PT grubunda en yüksek değeri vermiştir. Kontrol grubu (150 mg/kg sentetik sodyum nitrit) ile SN+PT grubu (75 mg/kg sentetik sodyum nitrit + 75 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu) arasında ise TBARS değeri açısından önemli bir farklılık görülmemiştir (Çizelge1). Kür edilmiş et ürünlerine ilave edilen sentetik nitrit, antioksidan aktivitesi ile lipid oksidasyonunun geciktirilmesi / engellenmesinde etkili olmaktadır (Honikel, 2008). Mevcut bu araştırmada belirlenen sonuçlara benzer şekilde nitrit kaynağı olarak biyodönüştürülmüş kereviz tozunun, jambon (Sindelar vd., 2007) ve ısıl işlem görmüş sucukta (Yılmaz Oral, 2022) da TBARS değerinde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan

Eyiler ve Öztan (2011) da frankfurterler üzerinde yaptıkları araştırmada sentetik nitrit seviyesi düşüğe lipid oksidasyonunun arttığını tespit etmişlerdir.

Mevcut bu araştırmada örneklerin kalıntı nitrit seviyesi, pazı tozu kullanımından etkilenmemiştir. Tüm gruplarda 10 mg/kg'ın altında kalıntı nitrit seviyesi tespit edilmiştir (Çizelge 1). Araştırmada starter olarak kullanılan laktik asit bakteri suşunun neden olduğu asitleşmenin, nitritin parçalanmasını hızlandırdığı düşünülmektedir (Sallan vd., 2023).

Duyusal parametreler

Tüketici için önemli bir kriter olan renk üzerinde pazı tozu kullanımının önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 2). Et ürünlerinde nitritin kullanım oranının 40-50 mg/kg seviyesine kadar düşürülmesinin hem renk hem de kür lezzetinin oluşumu için yeterli olduğu ifade edilmektedir (Sebranek ve Bacus, 2007). Diğer taraftan çalışmada tekstür ve koku üzerinde de pazı tozunun etkisi görülmemiştir. Tat puanı ise pazı tozu kullanım oranına bağlı olarak artış göstermiştir. Ancak genel kabul edilebilirlik açısından en yüksek ortalama değer sadece pazı tozunun kullanıldığı PT grubunda belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Kürlleme ajanı olarak pazı tozu kullanımının ısıl işlem görmüş sucuğun duyusal özelliklerine etkisi

Table 2. Effect of using swiss chard powder as curing agent on sensory properties of heat-treated sucuk

Muamele Treatment	Renk Color	Tekstür Texture	Tat Taste	Koku Odor	Genel kabul edilebilirlik Overall acceptability
SN-Kontrol	7.27±0.32a	7.40±1.01a	7.23±0.25c	7.23±0.31a	7.03±0.15b
SN+PT	7.47±0.55a	7.73±0.50a	7.46±0.23b	7.40±0.36a	7.20±0.20b
PT	7.50±0.10a	7.65±0.48a	7.80±0.20a	7.97±0.45a	7.80±0.20a
P değeri P value	> 0.05	> 0.05	< 0.01**	> 0.05	< 0.05*

SN-Kontrol: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrit, SN+PT: 75 mg/kg sentetik sodyum nitrit + 75 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu, PT: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu
SN-Control: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite, SN+PT: 75 mg/kg synthetic sodium nitrite + 75 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder, PT: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder

Nitrozaminler

Araştırmada ısı işlem görmüş sucuğun N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozodietilamin (NDEA) ve N-nitrozopiperidin (NPIP) içeriği Çizelge 3’de verilmiştir. Örneklerin N-nitrozometiletamin (NMEA), N-nitrozopirrolidin (NPYR), N-nitrozodipropilamin (NDPA) ve N-nitrozodibütülinin (NDBA) içerikleri ise LOD değerlerinin altında tespit edilmiştir. Belirlenen

her üç nitrozamin de pazı tozu kullanımından etkilenmemiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde Yılmaz Oral (2022) de kürlleme ajanı olarak kereviz tozu kullanımının NDMA ve NDEA seviyeleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını tespit etmiştir. Buna karşın kereviz tozu kaynaklı nitrit seviyesi arttıkça NPIP seviyesinin arttığı ve hatta bu artışın pişirme süresinin ilerlemesi ile daha da belirginleştiği bildirilmiştir (Yılmaz Oral, 2022).

Çizelge 3. Kürlleme ajanı olarak pazı tozu kullanımının ve pişirme süresinin ısı işlem görmüş sucuğun nitrozamin içeriğine etkisi ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Table 3. Effect of using swiss chard powder as curing agent and cooking time on nitrosamine content of heat-treated sausage ($\mu\text{g}/\text{kg}$)

Muamele (M) Tretament (T)	NDMA	NDEA	NPIP
SN-Kontrol	1.22±0.36a	1.20±0.42a	1.30±0.39a
SN+PT	1.17±0.35a	1.10±0.49a	1.25±0.43a
PT	1.34±0.37a	1.27±0.39a	1.45±0.44a
P değeri P value	> 0.05	> 0.05	> 0.05
Pişirme süresi (PS) (dk) Cooking time (CT)(min)			
0	0.82±0.15c	0.66±0.15c	0.89±0.25b
1	1.33±0.16b	1.32±0.13b	1.43±0.20a
3	1.57±0.18a	1.59±0.15a	1.68±0.30a
P değeri P value	<0.01**	<0.01**	<0.01**
MxPS interaksyonu TxCT interaction	> 0.05	> 0.05	> 0.05

SN-Kontrol: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrit, SN+PT: 75 mg/kg sentetik sodyum nitrit + 75 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu, PT: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrite eş değer pazı tozu
SN-Control: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite, SN+PT: 75 mg/kg synthetic sodium nitrite + 75 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder, PT: 150 mg/kg synthetic sodium nitrite equivalent swiss chard powder

Fermente sosislerde en yaygın belirlenen nitrozamin NDMA olup bu araştırmada pişirme işlemine tabi tutulmamış örneklerde 0.82 ± 0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ düzeyinde belirlenmiştir. NDMA, sekonder bir amin olan dimetilamin ile nitrozasyon ajanı arasında gerçekleşen reaksiyon ile oluşmaktadır. NDMA'nın diğer bir öncül maddesi ise putresindir (Sallan vd., 2023). Fermente sosislerde yaygın olarak belirlenen nitrozaminlerden biri olan NDMA'nın seviyesi oldukça değişkenlik göstermektedir. Piyasadan temin edilen ısı işlem görmüş sucuk örneklerinde NDMA seviyesi 1.71-3.57 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değişmiştir (Kaban vd., 2022). Özel vd. (2010) ise en yüksek NDMA içeriğini 0.78 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak

bildirmişlerdir. Salami olarak adlandırılan kuru fermente bir sosis çeşidinde ise ortalama NDMA içeriğinin 0.84 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olduğu tespit edilmiştir (Yurkencho ve Molder, 2007). Kızılkaya vd. (2023) maksimum NDMA içeriğini sucukta 0.81 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak rapor etmişlerdir. Uluslararası Kanseri Araştırmaları Ajansı (IARC, 2000) tarafından insan için olası (Grup 2A) kanserojenik bileşikler içerisinde yer alan diğer bir nitrozamin olan NDEA (IARC, 2020), pazı tozu kullanımından etkilenmemiş ve çiğ örneklerde ortalama NDEA içeriği 0.66 ± 0.15 $\mu\text{g}/\text{kg}$ olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Özel vd. (2010) da sucukta NDEA içeriğinin 0.10-0.95 $\mu\text{g}/\text{kg}$ arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada

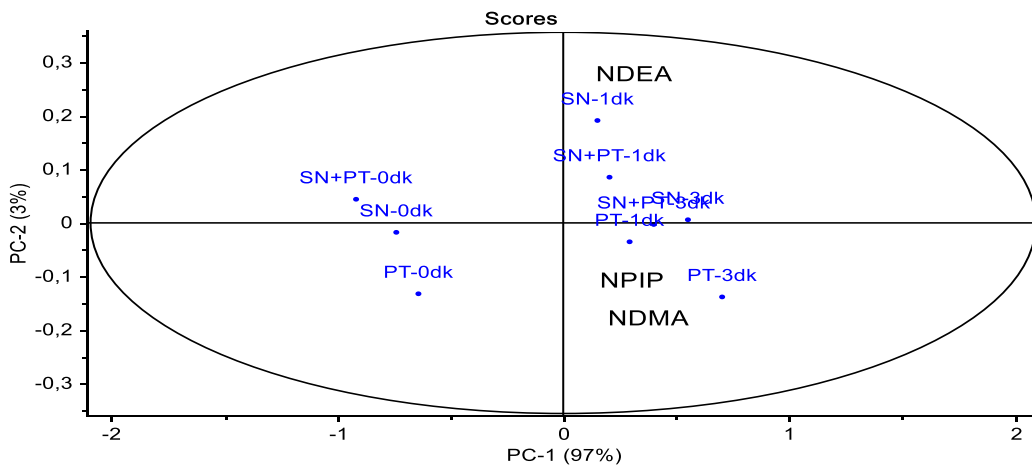
belirlenen bir diğer nitrozamin olan NPIP, IARC (2020) tarafından muhtemel (Grup 2B) kanserojenik bileşikler arasında sınıflandırılmaktadır. Bu nitrozamin de pazı tozu kullanımından etkilenmemiştir (Çizelge 3). Pek çok fermente sosis çeşidinin formülasyonunda yer alan karabiber, piperin ve piperidin içermesi nedeniyle NPIP oluşumunda önemli rol oynamaktadır (De Mey vd., 2017). Sucukta maksimum NPIP seviyesi, Kızılkaya vd. (2023) tarafından 0.95 µg/kg, Özel vd. (2010) tarafından ise 2.71 µg/kg olarak belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş sucukta ise daha yüksek değerler rapor edilmiştir (Kaban vd., 2022).

Isıl işlem görmüş sucukta pişirme süresi arttıkça NDMA ve NDEA içerikleri artış göstermiştir. NPIP içeriği ise ısıl işlem uygulaması ile artmış ancak 1 ve 3 dakikalık ısıl işlem süresi açısından istatistiksel bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 3). Nitrozamin oluşumunda pişirme sıcaklığı ve süresi oldukça önemli faktörlerdir. Pişirmenin etkinliği arttıkça nitrozaminlerin seviyesi artış göstermektedir. Sucuk ve ısıl işlem görmüş sucukta pişirme süre veya pişirme yoğunluğu arttıkça nitrozamin seviyesinin arttığı diğer araştırmalarda da ortaya konulmuştur (Sallan vd., 2019; 2020; Kızılkaya vd., 2023; Yılmaz Oral, 2022).

Mevcut bu araştırmada pazı tozunun nitrozamin oluşumuna etkisi olmadığı gibi pazı tozu kullanımı x pişirme süresi interaksyonu da önemli

bulunmamıştır (Çizelge 3). Bu sonuç, pişirme sırasında da pazı tozunun önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Nitrozamin oluşumunda pişirme yöntemi de önemli bir faktördür. Ülkemizde sucuk ve ısıl işlem görmüş sucuk, tüketim alışkanlıklarından dolayı genellikle ızgara ve mangalda pişirme gibi kuru sıcaklık uygulamalarına tabi tutulmaktadır. Bu araştırma sonuçlarından da görüldüğü üzere pişirme ile nitrozamin seviyesi önemli artışlar gösterebilmektedir. Nitrozamin oluşumunda kullanılan nitrit seviyesinin yanı sıra kalıntı nitrit seviyesi de önemli bir faktördür. Mevcut bu çalışmada tüm gruplara ait kalıntı nitrit miktarları arasında da önemli bir farklılık belirlenmemiştir (Çizelge 1).

Şekil 1'de muamele grupları ile nitrozaminler arasındaki ilişki temel bileşen analizi ile değerlendirilmiştir. İlk iki temel bileşen (PC-1 %97 ve PC-2 %3), varyansın %100'ünü sağlamıştır. Pişirilmemiş gruplar (SN-0dk, SN+PT-0dk ve PT-0dk) PC1'in negatif tarafında yer alırken, 1 ve 3 dakika süre ile pişirilmiş gruplar PC1'in pozitif tarafında yer almıştır. Diğer bir ifade ile PC1, pişirilmiş ve pişirilmemiş grupları birbirinden ayırmıştır. Ayrıca ısıl işlem uygulanmış örnekler NDMA, NDEA ve NPIP ile daha yakın bir korelasyon göstermiştir. Bu sonuçlar, pişirme süresi ile nitrozamin seviyelerinin daha yakın ilişkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Muamele grupları ve nitrozaminler arasındaki ilişkinin temel bileşen analizi
Figure 1. Principal component analysis of the relationship between treatment groups and nitrosamines

SONUÇ

Türkiye pazarında önemli bir yere sahip olan ısl işlem görmüş sucuğun üretiminde kürlenme ajanı olarak 150 mg/kg düzeyinde kullanılan sentetik sodyum nitritin yerine pazı tozunun tek başına veya sentetik nitrit ile birlikte (1:1) kullanımının teknolojik açıdan önem arz eden laktik asit bakterileri ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Pazı tozundan kaynaklanan pH ve TBARS değerlerindeki farklılıklar ürün özelliklerini olumsuz yönde etkileyecek seviyede olmamış ve hatta bazı duyuşsal özellikler olumlu yönde etkilenmiştir. Ayrıca nitrozamin oluşumu açısından önemli bir faktör olan kalıntı nitrit seviyesinde de pazı tozu kullanımı bir farklılığa neden olmamıştır. Pazı tozu, ısl işlem görmüş sucuğun nitrozamin içeriğini de etkilememiştir. Nitrozamin açısından en önemli faktörün hem sentetik nitrit hem de pazı tozu mevcudiyetinde pişirme süresi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak tüketime hazır bir et ürünü olan ısl işlem görmüş sucuğun pişirilerek tüketilmesinin nitrozamin riskini artırdığı ve bundan dolayı bu ürünlerin ilave bir pişirme olmadan çiğ olarak tüketilmesinin halk sağlığının korunması açısından gerekli olduğu kanaatine varılmıştır.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarın, başka kişiler ve/veya kurumlar ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde verdikleri desteklerden dolayı Atatürk Üniversitesi Gıda Analiz Laboratuvarları Koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

Armutçu, Ü., Hazar, F.Y., Yılmaz Oral, Z.F., Kaban, G., Kaya, M. (2020). Effects of different internal temperature applications on quality properties of heat-treated sucuk during production. *Journal Food Processing and Preservation*, 44(6):e14455, doi.org/10.1111/jfpp.14455.

Ata, Ş. (2010). Biyolojik, gıda ve çevre örneklerindeki nitrit, nitrat, sekonder amin ve nitrozaminler. Doktora Tezi, Fen Bilimleri

Enstitüsü, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye.

Babaoğlu, A.S. (2020). Kurutulmuş bazı sebze tozlarının fermente sucuk üretiminde alternatif kürlenme ajanı olarak kullanılabilme imkanları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, Türkiye, 193 s.

Baumgart, J., Eingener, V., Firnhaber, J., Hildebrandt, G., Reenen Hoekstra, E.S., Samson, R.A., Spicher, G., Timm, F., Yarrow, D., Zschaler, R. (1993). Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. (3., aktualisierte und erw.Aufl.), Hamburg, Germany.

Caplice, E., Fitzgerald, G.F. (1999). Food fermentations: Role of microorganisms in food production and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50 (1-2): 131- 149, doi.org/10.1016/S0168-1605(99)00082-3.

Çakır, M.A., Kaya, M., Kaban, G. (2013). Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk. *Fleischwirtschaft International*, 5: 69- 74.

Deda, M.S., Bloukas, J.G., Fista, G.A. (2007). Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76 (3): 501-508, doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.01.004.

De Mey, E., De Klerck, K., De Maere, H., Dewulf, L., Derdelinckx, G., Peeters, M.C., Fraeye, I., Heyden, Y.V., Paelinck, H. (2014). The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. *Meat Science*, 96: 821-828, doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.09.010.

De Mey, E., De Maere, H., Paelinck H., Fraeye, I. (2017). Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13): 2909-2923, doi.org/10.1080/10408398.2015.1078769.

Doolaege, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., Meulenaer, B.D., Verhe, R., Paelinck, H., De Smet, S. (2012). Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, color stability and antioxidant

- concentrations, in reduced nitrite liver pates. *Meat Science*, 90 (4): 925-931, doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.034.
- Eyiler, E., Öztan, A. (2011). Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT - Food Science and Technology*, 44 (1): 307-311, doi.org/10.1016/j.lwt.2010.07.004.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek Y., Zorba, Ö. (2010). Et ve ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. Atatürk Üniv. Yayın No:751, Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö. (2015). *Et Ürünleri İşleme Mühendisliği*. Atatürk Üniversitesi Yayın No:786, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Honikel, K.O. (2008). The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78:68-76, doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.05.030.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., Granby, K. (2015). Occurrence of volatile and nonvolatile N-nitrosamines in processed meat products and role of heat treatment. *Food Control*, 48:163-169, doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.05.030.
- Horsch, A.M., Sebranek, J.G., Dickson, J.S., Niebuhr, S.E., Larson, E.M., Lavieri, N.A., Wilson, L.A. (2014). The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Science*, 96 (1): 400-407, doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.036.
- Hwang, K.E., Choi, Y.S., Song, D.H., Kim, Y.J., Ham, Y.K., Jeong, J.Y., Kim, C.J. (2016). Use of swiss chard extracts and starter culture as a natural nitrite in cooked pork patty. 62nd International Congress of Meat Science and Technology, 14-19th August 2016, Bangkok, Thailand, 1-3 pp.
- IARC, International Agency for Research on Cancer (2020) Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-128 (erişim tarihi: 02.12.2022).
- Jo, K., Lee, S., Yong, H.I., Choi, Y.S., Jung, S. (2020). Nitrite sources for cured meat products. *LWT-Food Science and Technology*, 129: 109583, doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109583.
- Kaban, G., Kaya, M. (2008). Identification of lactic acid bacteria and Gram-positive catalase-positive cocci isolated from naturally fermented sausage (sucuk). *Journal of Food Science*, 73 (8): 385-388, doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00906.x.
- Kaban, G., Polat, Z., Sallan, S., Kaya, M. (2022). The occurrence of volatile N-nitrosamines in heat-treated sucuk in relation to pH, aw and residual nitrite. *Journal of Food Science and Technology*, 59 (5):1748-1755, doi.org/10.1007/s13197-021-05186-2.
- Kaya, M., Güllüce, M., Kaban, G., Çınar, K., Karadayı, M., Bozoğlu, C., Sayın, B., Alaylar, B. (2015). Geleneksel sucuklardan izole edilen laktik asit bakterisi ve koagülaz negatif stafilocok suşlarının starter kültür olarak kullanım imkânları. TAGEM-13/ARGE/7, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Kaya, M. ve Kaban, M. 2019. Fermente et ürünleri. In: *Gıda Biyoteknolojisi*. N. Aaran (Ed), ss.157- 195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Kızılkaya, M. F., Oral, Z. F. Y., Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M. (2023). Volatile nitrosamines in a dry fermented sausage "sucuk": Occurrence and effect of cooking on their formation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119: 105284, doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105284.
- Kim, T.K., Hwang, K.E., Song, D.H., Ham, Y.K., Kim, Y.B., Paik, H.D., Choi, Y.S. (2019). Effect of natural nitrite source from Swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. *Asian-Australasian of Animal Sciences*, 32(12):1933-1941, doi.org/10.5713/ajas.19.0117.
- Lemon, D.W. (1975). An improved TBA test for rancidity New Series Circular No:51, Halifax Laboratory, Halifax, Nova Scotia.
- Lücke, F.K. (1985). Microbiologische Vorgänge bei der Herstellung von Rohwurst und Rohschinken. In: *Microbiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken*. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 85-102, Germany.

- NMKL (2000). Nordic Committee of Food Analysis. Nitrite and nitrate in foodstuffs by ion chromatography, no 165.
- Özel, M.Z., Göğüş, F., Yagci, S., Hamilton, J.F., Lewis, A.C. (2010). Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography– nitrogen chemiluminescence detection. *Food Chemical and Toxicology*, 48 (11): 3268- 3273, doi.org/10.1016/j.fct.2010.08.036.
- Öztürk Kerimoğlu, B., Serdaroğlu, M. (2020). Residual nitrite content of heat-treated sucuk as affected by chard powder incorporation and processing. *Gıda*, 45(4): 825 – 835, doi.org/10.15237/gida.GD20064.
- Rywotycki, R. (1998). The concentration of nitrosamines in pasteurized beef ham as influenced by heat treatment and functional additives. *Medycyna Weterynaryjna*, 54(8): 554-557.
- Rywotycki R. (2007). The effect of baking of various kinds of raw meat from different animal species and meat with functional additives on nitrosamine contamination level. *Food Chemistry*, 101 (2): 540-548. doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.02.012.
- Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M. (2019). Nitrosamines in sucuk: Effects of black pepper, sodium ascorbate and cooking level. *Food Chemistry*, 288: 341-346, doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.129.
- Sallan, S., Kaban, G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik, M., Kaya, M. (2020). Nitrosamine formation in a semi-dry fermented sausage: Effects of nitrite, ascorbate and starter culture and role of cooking. *Meat Science*, 159: 1-7. doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107917.
- Sebranek, J.G. and Bacus, J.N. (2007). Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77 (1): 136-147, doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.03.025.
- Shin, D.M., Hwang, K.E., Lee, C.W., Kim, T.K., Park, Y.S., Han, S.G. (2017). Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3): 418-428, doi: 10.5851/kosfa.2017.37.3.418.
- Sindelar, J.J., Cordray, J.C., Sebranek, J.G., Love, J.A., Ahn, D.U. (2007). Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72 (6): 388-395, doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00404.x.
- Sucu, C., Yıldız Turp, G. (2018). The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, 140: 158-166, doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.03.012.
- Vanga, S.K., Singh, A., Raghavan, V. (2017). Review of conventional and novel food processing methods on food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57: 2077-2094. doi.org/10.1080/10408398.2015.1045965.
- Yılmaz Oral, Z. F., Kaban, G. (2021). Effects of autochthonous strains on volatile compounds and technological properties of heat-treated sucuk. *Food Bioscience*, 43: 101140. doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101140.
- Yılmaz Oral, Z.F. (2022). Kereviz tozu kullanımının ısı işlem görmüş sucukta nitrozamin oluşumuna ve ürün özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, 94s.
- Yurcenko, S., Mölder, U. (2007). The occurrence of volatile N-nitrosamines in Estonian meat products. *Food Chemistry*, 100: 1713-1721, doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.10.017.
- Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., Zhang, J. (2015). Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT-Food Science and Technology*, 60:199-206. doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.022.