

**SUCUKTA UÇUCU N-NİTROZAMİNLERİN
VARLIĞI**

Muhammed Furkan KIZILKAYA

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2022

(Her hakkı saklıdır.)

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

SUCUKTA UÇUCU N-NİTROZAMİNLERİN VARLIĞI
(The Occurrence of Volatile N-Nitrosamines in Sucuk)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammed Furkan KIZILKAYA

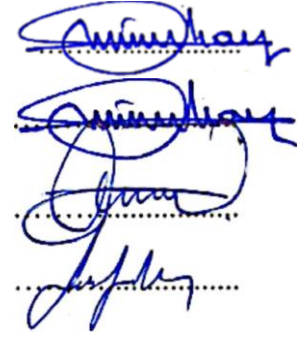
Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Erzurum
Haziran, 2022

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Muhammed Furkan KIZILKAYA tarafından hazırlanan “SUCUKTA UÇUCU N-NİTROZAMİNLERİN VARLIĞI ” başlıklı çalışması 17/06/2022 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında, yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
Atatürk Üniversitesi
Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
Atatürk Üniversitesi
Jüri Üyesi: Prof. Dr. Güzin KABAN
Atatürk Üniversitesi
Jüri Üyesi: Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN
Bandırma Onyedli Eylül Üniversitesi



Enstitü Yönetim
Kurulunun 23.06.2022 tarih
ve 24.8.2022 sayılı kararı.

Bu tezin Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddelerinde belirtilen şartları yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Saftuk Bagrahan CEYHUN
Enstitü Müdürü



Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2021-9082

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Mükerrerem KAYA danışmanlığında sunulan “SUCUKTA UÇUCU N-NİTROZAMİNLERİN VARLIĞI ” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	7	30
Kuramsal Temeller	9	30
Materyal ve Yöntem	15	35
Bulgular	14	20
Tartışma	14	20
Tezin Geneli	18	25

Not: Yedi kelimeye kadar benzerlikler ile Başlık, Kaynakça, İçindekiler, Teşekkür, Dizin ve Ekler kısımları tarama dışı bırakılabilir. Yukarıdaki azami benzerlik oranları yanında tek bir kaynaktan olan benzerlik oranlarının %5'den büyük olmaması gerekir.

Beyan edilen bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ve beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Muhammed Furkan Kızılkaya	Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
Tarih girmek için burayı tıklayınız	Tarih girmek için burayı tıklayınız
İmza:	İmza:

* Tez ile ilgili YÖKTEZ’de yayınlamasına ilişkin bir engelleme var ise aşağıdaki alanı doldurunuz.

☐ Tezle ilgili patent başvurusu yapılması / patent alma sürecinin devam etmesi sebebiyle Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 2 (iki) yıl süreyle engellenmiştir.

☐ Enstitü Yönetim Kurulunun/.../.... tarih ve sayılı kararı ile teze erişim 6 (altı) ay süreyle engellenmiştir.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimin planlanmasında ve yürütülmesinde beni destekleyen, üstün bilgi ve tecrübelerini aktaran değerli danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Mükerrer KAYA'ya şükran ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle araştırmalarımın destek olan değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmalarım boyunca sosyal olarak desteklerini hissettiğim değerli hocalarım Sayın Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Şeyma ŞİŞİK OĞRAŞ'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımın tüm aşamalarının planlanması ve yürütülmesinde desteklerini gördüğüm, yardımları ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN ve Sayın Öğr. Gör. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda her türlü emeği olan değerli çalışma arkadaşlarım Kübra ÖZTÜRK, Yağmur AKYOL ve Zeynep Esra NUHOĞLU'na teşekkürlerimi sunar bundan sonraki hayatlarında başarılar dilerim.

Bu çalışmanın uygulanması için “**BAP- FYL-2021-9082**” nolu, Sucukta Nitrozamin İçerikleri ile Ürün Özellikleri Arasındaki İnteraksiyonların Belirlenmesi başlıklı projemize destek veren Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen kıymetlilerim babam Lokman KIZILKAYA'ya, annem Fatma KIZILKAYA'ya, abim Abddülkadir KIZILKAYA ve değerli eşi yengem Meryem KIZILKAYA'ya, abim Muhammet Fatih KIZILKAYA ve kardeşim Eren KIZILKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Muhammed Furkan KIZILKAYA

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ SUCUKTA UÇUCU N-NİTROZAMİNLERİN VARLIĞI

Muhammed Furkan KIZILKAYA

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Amaç: Mevcut araştırmanın amacı 10 farklı firmadan birer ay aralık peryotlarla alınan 30 örneğin nitrozamin içeriğinin yanı sıra pH, a_w , kalıntı nitrit miktarı ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesidir. Çalışmanın diğer bir amacı ise farklı firmalara ait örneklerde pişirme işleminin nitrozamin oluşumuna etkisinin belirlenmesidir.

Yöntem Sucuk örnekleri parti numaraları dikkate alınarak birer ay aralıklarla perakende satış noktalarından temin edilmiştir. Örneklerin pH değeri, pH metre, a_w değeri ise su aktivitesi cihazı ile belirlenmiştir. Kalıntı nitrit miktarının belirlenmesinde HPLC, nitrozamin analizinde ise GC/MS kullanılmıştır. Mikrobiyolojik sayımlarda dökme plak yöntemi uygulanmıştır. İstatistiki analizlerde varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır.

Bulgular: Sucuk örneklerinin laktik asit bakterisi, *Micrococcus/Staphylococcus*, maya ve küf sayıları sırasıyla <2 ile 8,40 log kob/g, <2 ile 5,36 log kob/g, <2 ile 4,36 log kob/g arasında değişmiştir. Firmalar arasında a_w değeri açısından çok önemli ($P<0,01$) bir farklılık söz konusu iken pH değeri firma faktöründen etkilenmemiştir ($P>0,05$). Ortalama kalıntı nitrit seviyesi 5,81 ile 17,65 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Örneklerde N-Nitrozodimetilamin (NDMA), N-Nitrozometilamin (NMEA), N-Nitrozoprolidin (NPYR) ve N-Nitrozopiperidin (NPIP) olmak üzere dört farklı nitrozamin belirlenmiştir. Bu nitrozaminler pişirme süresinin artışına bağlı olarak genellikle artış göstermiştir.

Sonuç: Tipik sucuk mikrobiyotasına sahip örnek sayısının oldukça az olduğu belirlenmiştir. Ortalama pH değeri 5,40'ın altında bulunmuştur. Su aktivitesi sonuçları, tüm firmalarda sucuk üretim prosesinde yeterli bir kurutma yapılmadığını göstermiştir. Belirlenen nitrozaminler içerisinde NPIP'in daha yüksek seviyelerde olduğu ve 3 dakikalık pişirme süresinin nitrozamin içeriğinde daha belirgin artışlara neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: sucuk, nitrozamin, pH, a_w , kalıntı nitrit

2022, 60 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE OCCURENCE OF VOLATILE N-NITROSAMINES IN SUCUK

Muhammed Furkan KIZILKAYA

Supervisor: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Purpose: The aim of the present study is to determine the nitrosamine content as well as the pH, a_w , residual nitrite content and microbiological properties of 30 samples obtained from 10 different brands at intervals of one month. The study also aims to determine the effect of the cooking process on nitrosamine formation in samples from different companies.

Method: Sucuk samples were obtained from retail markets at one-month intervals, considering the lot numbers. The pH value of the samples was determined with a pH meter and a_w value with a water activity device. HPLC was used to determine the residual nitrite amount and GC/MS was used for nitrosamine analysis. The pour plate method was used for microbiological counts. Analysis of variance and Duncan's multiple comparison test were used in statistical analysis.

Findings: Lactic acid bacteria, Micrococcus/Staphylococcus, yeast and mold counts of sucuk samples varied between <2 and $8,40 \log \text{cfu/g}$, <2 and $5,36 \log \text{cfu/g}$, <2 and $4,36 \log \text{cfu/g}$, respectively. While there was a very important ($P<0,01$) difference between brands in terms of a_w value, pH value was not affected by the brand factor ($P>0,05$). The average residual nitrite level varied between 5,81 and 17,65 mg/kg. Four different nitrosamines were determined in the samples: N-Nitrosodimethylamine (NDMA), N-Nitrosomethylamine (NMEA), N-Nitrosoprolidine (NPYR) and N-Nitrozopiperidine (NPIP). These nitrosamines generally increased with increasing cooking time.

Results: It was found that the number of samples with typical sucuk microbiota was quite small. The mean pH value was found below 5,40. The water activity results showed that not all brands carried out sufficient drying in the sucuk production process. It was found that NPIP was present in higher levels among the determined nitrosamines and 3 minutes cooking time caused more significant increases in nitrosamine levels.

Keywords: sucuk, nitrosamine, pH, a_w , residual nitrite

2022, 60 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ	x
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	8
MATERYAL VE METOT	13
Materyal	13
Metot	13
Mikrobiyolojik analizler.....	13
Fiziko-kimyasal analizler	14
İstatistiki Analizler	15
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	16
Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	16
Laktik asit bakteri sayısı.....	16
<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayısı	17
Enterobacteriaceae sayısı	18
Fiziko-Kimyasal Analizler	20
pH.....	20
Su aktivitesi	24
Kalıntı nitrit.....	25
Nitrozaminler	27
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	42
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	51

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g).....	17
Tablo 2. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine ait <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayıları (log kob/g)	18
Tablo 3. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Enterobacteriaceae Sayıları.....	19
Tablo 4. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Maya ve Küf Sayıları (log kob/g)	20
Tablo 5. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait pH Değerleri	21
Tablo 6. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	23
Tablo 7. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	23
Tablo 8. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Su Aktivitesi Değerleri...	24
Tablo 9. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Su Aktivitesi Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	24
Tablo 10. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Su Aktivitesi Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	25
Tablo 11. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Kalıntı Nitrit Değerleri (mg/kg)	26
Tablo 12. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	26
Tablo 13. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	27
Tablo 14. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NDMA Değerleri.....	28
Tablo 15. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	29
Tablo 16. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg).....	30

Tablo 17. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)	31
Tablo 18. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NMEA Değerleri	31
Tablo 19. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	32
Tablo 20. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)	32
Tablo 21. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)	33
Tablo 22. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NPYR Değerleri (µg/kg)	33
Tablo 23. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	34
Tablo 24. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)	35
Tablo 25. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	36
Tablo 26. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NPIP Değerleri (µg/kg)	37
Tablo 27. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NPIP Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	38
Tablo 28. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	40
Tablo 29. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	40

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerine ait NDMA değerleri.....	29
Şekil 2. Firma x pişirme süresi süresi interaksiyonunun NPYR değeri üzerine etkisi.....	37

KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su Aktivitesi
%	Yüzde
dak	Dakika
°C	Santigrat Derece
g	Gram
mm	Milimetre
kg	Kilogram
μ g	Mikrogram
ml	Mililitre
mg	Miligram
μ m	Mikrometre
cm	Santimetre
log	Logaritma
kob	Koloni oluşturan birim
ppb	Milyarda bir
GC	Gaz Kromatografisi
MS	Kütle spektrometrisi
NDMA	N-Nitrozodimetilamin
NMEA	N-Nitrozometilamin
NPYR	N-Nitrozopirrolidin
NPIP	N-Nitrozopiperidin
NDBA	N-Nitrozodibütilamin
NDEA	N-Nitrozodietilamin
NMOR	N-Nitrozomorfolin
NDBzA	N-nitrozodibenzilamin
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
GDL	Glukono-Delta-Lakton
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
NaOH	Sodyum Hidroksit
NaCl	Sodyum klorür
N	Örnek sayısı

GİRİŞ

Et, protein, vitamin (A, B₁₂ ve D vitaminleri), mineral madde (selenyum, demir ve çinko) ve karakteristik duyuşal özellikleri ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Morrissey *et al.* 1998; Jimenez-Colmenero *et al.* 2001; Biesalski 2005; Püssa 2013; Pighin *et al.* 2016). Et tüketimi sosyo-ekonomik duruma bağlı olarak ülkeler arasında önemli farklılıklar göstermektedir (Wyness *et al.* 2011). Sağlıklı ve dengeli beslenme için önemli bir gıda maddesi olan et, özellikle yaşlılar, hamileler ve çocuklar için daha da önem arz etmektedir (Jimenez-Colmenero *et al.* 2001; Biesalski 2005). Bununla birlikte et bileşiminden dolayı kolayca bozulabilen bir gıdadır (Zhou *et al.* 2010). Bu nedenle et, çeşitli muhafaza ve işleme teknikleri uygulanarak taze veya işlenmiş ürün olarak tüketime sunulmaktadır (Picouet *et al.* 2008; Zhou *et al.* 2010; Pighin *et al.* 2016). İşlenmiş et ürünleri, parça halde işlenen çiğ ya da pişirilmiş et ürünleri, taze işlenmiş et ürünleri, pişirilmiş sosisler, emülsifiye et ürünleri ve fermente sosisler olarak gruplandırılmaktadır (Kaya ve Kaban 2016).

Fermente sosisler, kürlleme ajanları (nitrit/nitrat), baharat, şeker ve çeşitli katkı maddelerinin et ve yağ ile karıştırılarak elde edilen hamurun kılıflara doldurulmasının ardından fermentasyon ve kurutma işlemlerinin sonucunda karakteristik duyuşal özelliklere sahip olan et ürünleridir (Filtzgerald and Caplice 1999; Kaya ve Kaban 2016). Geçmiş tam olarak bilinmemesine rağmen yapılan bibliyografik araştırmalar sonucunda yaklaşık olarak 2500 yıl öncesine uzanan fermente sosislere ilk olarak Çin’de rastlanılmıştır. Avrupa’da ise 13 ve 14. yüzyıl arasında Marco POLO tarafından tanıtılmıştır (Vignolo *et al.* 2010). O dönemlere ait belgelere göre fermente sosis üretimi Avrupa’da ilk olarak antik Roma’da yapılmıştır. Fermente sosis üretimi daha sonra diğer kıtalara yayılmış olsa da Avrupa kıtası hem üretici hem de tüketici olarak en önemli konuma sahiptir (Kolsaracı ve Demirok Soncu 2019).

Fermente sosislerin geleneksel olarak üretimin yapıldığı zamanlar ile günümüzde yararlanılan üretim teknolojileri bir bütün olarak değerlendirildiğinde yapılan sınıflandırılma üzerine birçok faktörün etkili olduğu görülmüştür. Coğrafi bölge, ürünün nemi ve nem/protein oranı, kullanılan et ve yağın parçalanma derecesi, çeşitli yüzey uygulamaları gibi faktörler etkili olmaktadır (Vignolo *et al.* 2010; Kolsaracı ve Demirok Soncu 2019). Fermente sosisler, nem içeriği, su aktivitesi, ağırlık kaybı ve nem/protein oranı dikkate alınarak hızlı olgunlaştırılmış/yarı kuru ve yavaş olgunlaştırılmış/ kuru fermente sosisler şeklinde

gruplandırılmaktadır (Ockerman and Basu 2007). Ayrıca fermente sosisler, sadece su aktivitesi dikkate alınarak yarı kuru (a_w : 0,90-0,95) ve kuru (a_w : <0,90) olarak da gruplandırılabilir (Lücke 1998). Kuru fermente sosisler ile yarı kuru fermente sosislerin pH değeri, laktik asit içeriği, toplam asitlik, nem içerikleri ve nem/protein oranları sosisler arasındaki farklılıkları göstermektedir. pH değeri, kuru fermente sosislerde 4,5-5,8, yarı kuru fermente sosislerde ise pH'sı 4,7-5,4 arasında değişmektedir. Laktik asit içeriği, kuru fermente sosislerde %0,5-%1, yarı kuru fermente sosislerde ise %0,5-%1,3 seviyesindedir. Toplam asitlik kuru fermente sosislerde %1,3 iken yarı kuru fermente sosislerde %1'dir. Fermente sosisler nem içerikleri (kuru fermente sosis:<%30, yarı kuru fermente sosis: %30-50) ve nem/protein oranları (kuru fermente sosis: <2,3/1 ve yarı kuru fermente sosis: 2,3/1-3,7/1) açısından da önemli farklılıklar göstermektedir (Ockerman and Basu 2007; Vignolo *et al.* 2010). Sucuk, salami, pepperoni, soppressata, saucisson, chorizo, Rohwurst, cervelat, Thüringer, Holsteiner (Fisher and Palmer 1995; Ockerman and Basu 2007; Vignolo *et al.* 2010; Gökalp vd 2015) fermente sosislerin en tipik örnekleridir.

Ülkemizde fermente sosis olarak sucuk ve ısıtılmış sucuk olmak üzere iki fermente sosis çeşidi üretilmektedir (Kaya ve Kaban 2016). Sucuk ve benzeri ürünler “et ve yağın cutterde ya da bir kıyma makinasında kıyılarak içerisine tuz, şeker, muhtelif baharatlar ve oldukça az miktardaki diğer katkı maddelerin karıştırılması sonucu oluşan sucuk hamurunun doğal veya yapay kılıflara doldurulması ve belirli bir sıcaklık derecesinde, bağl nemde, hava cereyanında ve sürede olgunlaştırılması ile elde edilen fermente, kuru et ürünleri” şeklinde tanımlanmaktadır (Gökalp vd 2015). Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde (Tebliğ No: 2012/74) fermente sucuk olarak tanımlanan bu ürün 2019 yılında yürürlüğe giren 2018/52 nolu Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde tekrar sucuk olarak tanımlanmıştır (Anonim 2012;2019a). Fermente sosislerin üretiminde fermantasyon ve kurutma/olgunlaştırma ana işlem basamaklarıdır (Lücke 1998; Kaya ve Kaban 2016). Fermantasyon ve kurutma aşamaları bilinen en eski muhafaza ve işleme teknikleridir (Vignolo *et al.* 2010). Fermantasyonla gıdaların hem mikrobiyolojik açıdan güvenli olması hem de raf ömrünün uzun olması sağlanmaktadır (Fitzgerald and Caplice 1999). Mikrobiyal gelişim ve pH düşüşünün kontrollü bir şekilde sağlanması fermantasyonun ana hedeflerindendir (Toldrá 2002). Laktik asit bakterileri, küf ve mayaların fermantasyonda önemli rolleri bulunmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Fermente sosislerde laktik asit bakterilerinden *Lactobacillus sakei*, *L. plantarum* ve *L. curvatus*'un yaygın olarak bulunduğu belirlenmiştir (Leroy *et al.* 2015). Laktik asit bakterileri asit oluşturarak fermente sosislerin güvenli olmasını sağlamaktadır (Lücke 2000). Maya ve küfler, tüketicilerin beğenisini arttıracak özellikler olarak nitelendirilen kolay sindirilebilir, besin

değeri yüksek ve istenilen yapıda fermente sosislerin üretilmesinde rol oynamaktadır (Kaya ve Kaban 2016). *Debaryomyces hansenii* ve *Candida famata* fermente sosislerin üretiminde etkili olan önemli mayalardır. Diğer taraftan küf ile olgunlaştırılan fermente sosislerde ise *Penicillium* türleri etkili olmaktadır (Kaya ve Kaban 2016).

Fermente sosis üretiminde anahtar rol oynayan fermentasyon aşamasında süre ve sıcaklık ürün tipine göre değişiklik göstermektedir. Fermentasyon süresi, düşük sıcaklıklarda daha uzun olmakla birlikte genellikle 12 ile 48 saat arasında değişmektedir (Toldrá 2002). Fermentasyon sıcaklığı ise genellikle 20 ile 24°C arasındadır. Fermente sosis üretiminde fermentasyonu kurutma/olgunlaştırma aşaması takip etmektedir (Jessen 1995). Kurutma işlemiyle su aktivitesinin düşürülmesinin yanı sıra ürünün tipik lezzet ve görünümünün geliştirilmesi de amaçlanmaktadır (Toldrá 2002). Kurutma genellikle 15-18°C de gerçekleştirilmektedir (Jessen 1995). Fermentasyon ve kurutma/olgunlaştırma aşamalarında cereyan eden fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlerde fermentasyon süresi ve sıcaklığı gibi dış faktörlerin yanı sıra kullanılan katkı maddeleri de önemli rol oynamaktadır (Campbell-Platt 1995). Tuz, şeker, starter kültür, baharat, koruyucular, asitlendiriciler ve antioksidanlar formülasyona giren önemli katkı maddeleridir (Gökalp vd 2015).

Fermente sosis üretiminde hammadde olarak sığır ve domuz etleri yaygın olarak kullanılırken yaygın olmasa da manda, koyun, kuzu, deve, deve kuşu, at ve çeşitli av hayvanlarının etleri de kullanılabilmektedir (Vural and Özvural 2007). Kullanılan etin pH değeri, ürün kalitesi açısından büyük önem arz etmektedir. Uygun olmayan pH değerine sahip et, mikrobiyal açıdan risk teşkil etmektedir. pH aynı zamanda tekstür ve lezzet açısından da önemli bir faktördür (Vignolo *et al.* 2010). Üretimde kullanılacak sığır etinin pH değeri optimum olarak 5,5 ila 5,9 arasında olmalıdır. Fermente sosis üretiminde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise kullanılacak yağın seçimidir. Yağlar oksidasyona uğramamış, sert ve kıvamlı olma gibi önemli özelliklere sahip olmalıdır (Gökalp vd 2015). Fermente sosislerin neredeyse tümünde kullanılan katkı maddelerinden biri olan tuz en önemli bileşenlerdendir (Ruiz 2007). Tuz (sodyum klorür), %2-3 oranlarında kullanılmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Belirli seviyelerde kullanılabilen tuz, su aktivitesinin düşürülmesi ve mikrobiyal gelişimin istenilen şekilde sağlanmasında önemli rol oynamaktadır (Smith 2012). Ayrıca tuz, ürüne karakteristik bir tat vermektedir (Kaya ve Kaban 2016). Katkı olarak kullanılan bileşenlerden bir diğeri ise şekerdir (Hutkins 2019). Fermente sosis üretiminde karbonhidrat kaynağı olarak glukoz, sakkaroz, maltoz ve laktoz gibi şekerler kullanılabilmektedir (Gökalp vd 2015). Fermente sosis üretiminde büyük bir role sahip olan laktik asit bakterileri şekerleri kullanarak laktik asit üretmektedir (Ruiz 2007).

Fermente sosislerde asit oluşum hızı ve derecesi hem mikrobiyal faaliyetler hem de fizikokimyasal reaksiyonlar açısından önem arz etmektedir (Kaya ve Kaban 2016). Kullanılan şekerlerin tipine bağlı olarak asit oluşum hızı ve derecesi değişiklik gösterebilmektedir (Ruiz and Palacios 2015). şekerlerden glukoz basit şeker sınıfında yer aldığı için laktik asit bakterileri tarafından hızlı bir şekilde parçalanabilmektedir (Gökalp vd 2015). Kullanılan şekerin miktarı da asit oluşumu açısından önemlidir. Aşırı miktarda şeker ilavesi pH değerinde istenilmeyen seviyelerde düşüşe sebep olabilmektedir (Toldrá *et al.* 2001). Diğer taraftan fermente sosislerde hızlı bir pH düşüşü için glukono-delta-lakton (GDL) da fermente sosis hamuruna ilave edilebilmektedir (Xiong and Mikel 2001). Üretim aşamasında formölasyona eklenen GDL hamurun doğal sulu ortamında hidrolize olarak glukonik asite dönüşmekte ve buna bağlı olarak pH hızlı bir şekilde düşmektedir (Gökalp vd 2015).

Starter kültürler, standartlara uygun, güvenilir, raf ömrü uzun fermente sosislerin üretilimi için kullanılan önemli katkılardır (Toldrá *et al.* 2001; Toldrá 2002). Starter kültürler güvenilir ürün üretiliminin yanı sıra fermentasyonun hızlı bir şekilde gerçekleşmesini sağlayarak genel olarak kabul edilebilir renk ve aromanın oluşumunda etkindirler (Petäjä-Kanninen and Puolanne 2007). Fermente sosis üretiliminde laktik asit bakterileri, katalaz pozitif koklar, mayalar ve küfler yaygın bir şekilde starter kültür olarak kullanılmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Starter kültür olarak genellikle *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus*, *L. pentosus*, *L. plantarum*, *Pediococcus acidilactici* ve *P. pentosaceus* türleri kullanılmaktadır. Bu bakteriler asit oluşturarak ürünün güvenliğine önemli katkıda bulunmaktadır (Kaya ve Kaban 2016). Bununla birlikte laktik asit bakterilerinin aktiviteleri sonucunda pH değerinin istenilen seviyeye düşmesine bağlı olarak proteinlerin su tutma kapasitesinde de düşüş meydana gelmektedir (Toldrá *et al.* 2001). Fermente sosislerin üretiliminde laktik asit bakterileri hamur içerisine 10^6 - 10^7 kob/g seviyesinde katılmaktadır (Gökalp vd 2015). Starter kültürlerden *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve *Kocuria varians* ise teknolojik açıdan önem arz eden diğer bir mikroorganizma grubudur. Bu mikroorganizmalar katalaz aktiviteleri sonucunda hidrojen peroksiti parçalayarak bunların neden olduğu olumsuzlukları ortadan kaldırmakta, proteolitik ve lipolitik aktiviteleri ile aromaya katkıda bulunmaktadır. Bu mikroorganizmaların diğer önemli bir özellikleri ise nitrat redüktaz aktiviteleri ile nitratı nitrite indirgemeleridir. Mayalardan *Debaryomyces hansenii* ve *Candida famata* ile küflerden *Penicillium nalgiovense* ve *Penicillium chrysogenum* da fermente sosis üretiliminde starter kültür olarak kullanılabilir (Kaya ve Kaban 2016). Starter kültür olarak kullanılan mayalar (*Debaryomyces hansenii* ve *Candida famata*) diğer mikroorganizma grupları gibi sosis hamurlarına yüksek seviyelerde (10^6 - 10^7 /g) ilave edilmektedir (Jessen 1995). Mayalar, katalaz ve lipolitik aktiviteleri ile aroma oluşumu ve renk üzerinde etkili

olmaktadır (Toldrá *et al.* 2001). Küfle olgunlaştırılan fermente sosislerde kullanılan *Penicillium nalgiovense* ve *Penicillium chrysogenum* ise (Gökalp vd 2015) görünüm, tat ve ürün güvenliğini açısından önemli mikroorganizmalardır. Küfler ürünlerin yüzeylerinde gelişerek oksijen ve ışığın olumsuz etkilerine (renk bozukluğu, acı tat) karşı koruyucu etkiye de sahiptir (Toldrá *et al.* 2001).

Fermente sosislerin üretiminde değişik baharat çeşitleri de formülasyona girmektedir. Fermente sosislerin üretiminde genel olarak sarımsak, kimyon, kakule, karabiber, kırmızıbiber ve yenibahar gibi baharat çeşitleri kullanılmaktadır (Chi and Wu 2007). Baharat çeşitleri içerdikleri uçucu yağlardan dolayı ürünün aromasına katkıda bulunmakta ve ayrıca ürüne özgü tat ve renk üzerinde etkili olmaktadır. Ayrıca bazı baharat çeşitleri antioksidan ve antimikrobiyel özellikler de göstermektedir (Toldrá 2002).

Fermente sosislerin üretiminde kürlenme ajanı olarak nitrat ve nitrit kullanılmaktadır (Toldrá 2002). Kürlenme, tuzun nitrit ve/veya nitrat ile birlikte kullanılması olarak tanımlanmaktadır. Kürlenme ile ürünün karakteristik lezzet ve rengine katkı sağlandığı gibi (Gökalp vd 2015), *Clostridium botulinum* ve *Listeria monocytogenes* gibi gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaların gelişimi de engellenebilmektedir (Andrés *et al.* 2007; Honikel 2007). Nitrat ve/veya nitrit antimikrobiyal etkilerinin yanı sıra antioksidan olarak da etkili olmaktadır (Hammes 2012). Ancak nitratin belirtilen bu etkileri gösterebilmesi için önce nitrite indirgenmesi gerekmektedir (Kaya ve Kaban 2016). Bununla birlikte nitrat ve nitrit kür edilmiş et ürünlerinde kanserojenik bileşikler olan nitrozaminlerin oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Cassens 1997; Hammes 2012).

Kürlenme ajanı olarak formülasyona ilave edilen nitrit ve nitratin nitrozamin oluşumundaki önemli rollerinden dolayı kullanım miktarları pek çok ülkede yasal mevzuatlarla sınırlandırılmıştır. Avrupa Birliği'nin ilgili direktifinde fermente sosisler için izin verilen maksimum nitrit kullanım seviyesi 150 mg/kg'dır. Bu direktifte geleneksel ve endüstriyel ürünlerde nitrat kullanımına da müsaade edilmektedir (Anonymous 2011). Ülkemizde 2013 yılında Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde fermente sucukta nitrat kullanımı yasaklanmış ve sadece nitrit kullanımına müsaade edilmiştir (Anonim 2013). 2019 yılında Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (Anonim 2019a) ile ürünün adı sucuk olarak revize edilmiş, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde yapılan değişiklik ile de bu üründe nitrat kullanımına izin verilmiştir (Anonim 2019b). Buna göre sucukta nitrit ve nitrat için kullanılabilecek maksimum değer 150mg/kg'dır (Anonim 2013, 2019b).

Nitrozaminler, nitrazasyon ajanı ile sekonder aminler arasındaki reaksiyon sonucunda oluşmaktadır (Toldrá and Reig 2007; Drabik-Markiewicz *et al.* 2010; Sannino and Bolzoni 2013). Bu oluşumda sekonder aminler önemli rol oynamaktadır. Stabil nitrozaminler oluşturan sekonder aminlerin yanı sıra primer aminler nitrozamin oluşumunda rol oynamamaktadır. Bu aminler alkol ve azota parçalanmaktadır. Tersiyer aminler ise nitrozamin oluşumunda etkili olmamaktadır (Honikel 2008). Nitrozaminler, mutajenik ve karsinojenik özellikte olan N-nitroso bileşiklerdir (WHO 2019). Bu bileşikler, uçucu ve uçucu olmayan olarak iki grupta toplanmaktadır. Fermente sosislerde oluşabilecek en önemli nitrozamin grubu düşük molekül ağırlığına sahip olan uçucu nitrozaminlerdir (Toldrá and Reig 2007). Uçucu nitrozaminlerin en önemlileri ise N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozopirrolidin (NPYR), N-nitrozodibütilamin (NDBA), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozodi-n-propilamin (NDPA), N-nitrozodibenzilamin (NDBzA)'dır (Reig and Toldrá 2010). Oluşma ihtimali yüksek olan NDMA, NDEA, NPIP, NDBA, NMOR ve NPYR gibi önemli nitrozaminlerdir (Kaya 2019; Schwägele *et al.* 2010; De Mey 2014). Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı'na göre, N-nitrozodimetilamin (NDMA) ve N-nitrozodietilamin (NDEA) insanlar için muhtemel kanserojen (grup 2A), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozopirrolidin (NPYR) ve N-nitrozodibütilamin (NDBA) insanlar için olası kanserojen (grup 2B) şeklinde sınıflandırılmıştır (IARC 2020).

Fermente sosislerde nitrozamin oluşumunda etkili olan aminlerin meydana gelme nedenlerinden biri biyojen aminlerin mevcudiyetidir. Bu bileşikler fermente sosislerin fermentasyon ve kurutma/olgunlaştırma aşamalarında üründe oluşmaktadır. Üretim sırasında formülasyona katkı maddesi olarak ilave edilen starter kültürler ile serbest halde bulunan aminoasitlerin dekarboksilasyonu sonucunda biyojen aminler meydana gelmektedir (De Mey 2014). Fermente sosislerin olgunlaşma/kurutma süresine bağlı olarak putresin, kadaverin, tiramin, spermidin, spermin seviyelerinde artış meydana gelmektedir (Kurt and Zorba 2009). Biyojen aminlerin varlığı genel olarak laktik asit bakterilerinin aktivitesine bağlıdır (Suzzi and Gardini 2003). Mikroorganizmalar fermente sosislerde bulunan aminoasitleri aminlere indirgeyerek nitrozamin oluşumunda etkin rol oynamaktadır (Wang *et al.* 2015; Holck *et al.* 2017; Laranjo *et al.* 2019). Örnek olarak kadaverin ve putresin gibi biyojen aminler kanserojen olan nitrozaminlerin oluşumu için öncül bileşiklerdir (Sun *et al.* 2016). Ayrıca pişirme yöntemi, pişirme sıcaklığı ve süresi, pH değeri, nem, redoks potansiyeli, ilave edilen nitrit miktarı, kalıntı nitrit miktarı, baharat, muhafaza koşulları ve mikroflora gibi faktörler de nitrozamin oluşumunda etkili olmaktadır (Drabik-Markiewicz *et al.* 2010; Schwägele *et al.* 2010; Li *et al.* 2012; Herrmann *et al.* 2014; Wang *et al.* 2015; Sallan *et al.* 2019; 2020).

Nitrozaminler güçlü kanserojenik bileşikler olmaları nedeniyle fermente sosislerde varlıklarının belirlenmesi ve var olan nitrozaminlerin seviyeleri oldukça önemlidir. Bununla birlikte nitrozaminlerin ürünün kalıntı nitrit ve pH gibi özellikleriyle nasıl bir etkileşimde bulunabileceği önem arz etmektedir.

Diğer taraftan Ülkemizde yaygın olarak tüketilen fermente sosis çeşitlerinden biri olan sucuk çiğ tüketilmesinin yanında genellikle pişirilerek tüketilmektedir (Sallan *et al.* 2019). Pişirme işlemi sucukta uygulanan pişirme derecesine bağlı olarak nitrozamin seviyesinde önemli bir artışa sebep olabilmektedir (Sallan *et al.* 2019). Bundan dolayı tüketime sunulan sucukların nitrozamin içeriklerinin belirlenmesi büyük önem arz etmektedir. Ülkemizde 2013 yılında Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde nitrat ve nitritin kullanım oranları azaltılmıştır. Bu tarihten sonra piyasa örneklerinin nitrozamin içeriklerine yönelik herhangi bir çalışma yürütülmemiştir. Diğer bir ifade ile bu sınırlandırmanın nitrozamin oluşumundaki etkisi henüz ortaya konulmamıştır. Mevcut bu araştırmada 10 farklı firmadan birer ay aralıklarla toplam 30 örneğin nitrozamin içeriğinin yanı sıra pH, a_w , kalıntı nitrit miktarı ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı firmalara ait örneklerde pişirme işleminin nitrozamin oluşumuna etkisinin belirlenmesi ise çalışmanın diğer bir amacını oluşturmuştur.

KURAMSAL TEMELLER

Salami, Rohwurst, cervelat, pepperoni ve chorizo gibi fermente sosislerin de dahil olduğu işlenmiş et ürünlerinde nitrozaminlerin oluşumu ve bulunma sıklığı üzerinde çok sayıda araştırma yürütülmüştür (Ellen *et al.* 1986; Gavinelli *et al.* 1988; Yurchenko and Mölder 2007; De Mey *et al.* 2014; Herrmann *et al.* 2015a; Herrmann *et al.* 2015b). Ülkemizde yaygın bir şekilde üretilen ve tüketilen kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucukta nitrozaminlerin belirlenmesine yönelik bazı çalışmalar yürütülmüştür (Özdemir *et al.* 1984; Pirinçci vd 1986; Özel *et al.* 2010; Ata 2010). Yarı kuru fermente bir sosis çeşidi olan ısıl işlem görmüş sucuk da ise sadece bir çalışma yürütülmüştür (Kaban *et al.* 2022). Ayrıca sucuk ve ısıl işlem görmüş sucukta nitrozamin oluşumunda nitrit seviyesi, askorbat kullanımı, pişirme derecesi, karabiber kullanımı, starter kültür gibi faktörlerin etkilerine yönelik araştırmalar da yürütülmüştür (Sallan *et al.* 2019,2020).

Bills *et al.* (1973) tarafından bacon ve diğer kızartılmış gıdalar üzerinde yapılan bir çalışmada 170°C de 20 dakika süre ile uygulanan kızartma işlemi sonucunda N-nitrosoprolin, pirolidin, spermidin, prolin ve putresin gibi çeşitli bileşiklerden N-nitrozopirolidinin (NPYR) oluştuğu rapor edilmiştir. Aynı çalışmada NPYR oluşumuna glutamin, glutamik asit ve hidroksi prolinin herhangi bir etkisinin olmadığını da bildirilmiştir.

Huxel *et al.* (1974) tarafından yapılan bir çalışmada pirolidin, L-prolinin, L-prolilglisin ve glisil-L-prolin'in nitrit ile birlikte 170°C'de 120 dakikalık ısıl işlem sonucunda NPYR'nin oluştuğu rapor edilmiştir. Ayrıca NPYR oluşumunda L-hidroksiprolinin önemli etkisinin olmadığı da tespit edilmiştir.

Fermente sosis üretiminde kullanılan baharat ile kütleme ajanı olarak kullanılan nitritin, nitrozamin oluşumu üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, nitrit ve baharatın bir arada kullanılmasının N-nitrozodimetilamin (NDMA), NPYR ve N-nitrozopiperidin (NPIP) oluşumuna neden olabileceği ve uygun olmayan depolama koşullarında (>38°C) nitrozamin oluşabileceği rapor edilmiştir (Sen *et al.* 1974).

Fiddler *et al.* (1978) yaptıkları bir çalışma sonucunda nitrozaminlerin potansiyel kanserojen olduklarını belirterek tokoferollerin ve sodyum askorbatların NPYR oluşumunda inhibitör olarak etkili olduklarını bildirmişlerdir.

Pirinççi vd. (1986) tarafından sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada, incelenen 21 sucuk örneğinin 19' unda NDMA içerdiği ve bu örneklerin dördünde NDMA içeriğinin 100 µg /kg'dan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aynı çalışmada maksimum NPYR içeriği ise 200 µg/kg olarak belirlenmiştir.

Işınlanmış fermente sosiste uçucu nitrozaminlerin belirlenmesine yönelik Byun *et al.* (2004) tarafından yapılan bir araştırmada, nitrozaminler gaz kromatografisi kullanılarak belirlenmiştir. Araştırmada aerobik ve vakum ambalajlama olarak iki farklı ambalajlama yönteminin kullanıldığı sosislere birbirinden farklı 5, 10 ve 20kGy olmak üzere üç dozda iyonize radyasyon uygulanmış ardından örnekler 4 hafta boyunca 4°C depolanmıştır. Araştırma sonucunda vakum uygulanarak ambalajlanan örneklerin nitrozamin içeriğinin aerobik koşullarda ambalajlanan örneklerle göre daha düşük olduğu, iyonize radyasyonun NDMA ve NPYR seviyesini azalttığı ve nitrozamin oluşmasını önlemek için çok yüksek seviyelerde (>10kGy) ışınlama yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Çiğ, kızartılmış, tütülenmiş, konserve edilmiş, ızgara edilmiş veya salamura edilmiş et ürünleri üzerinde yürütülen bir çalışmada, örneklerin %88'inin NDMA, %27'sinin NDEA, %90'nının NPYR, %65'inin NPIP ve %33'ünün NDBA içerdiği ve ortalama değerlerinin sırasıyla 0,85, 0,36, 4,14, 0,98 ve 0,37 µg/kg olduğu tespit edilmiştir (Yurchenko and Mölder 2007).

Rywotycki (2007) tarafından yapılan bir çalışmada farklı tür etlerde pişirme prosesi, sodyum klorür ve sodyum askorbat ilavesinin NDMA ve NDEA içeriklerine etkileri incelenmiş ve incelenen örneklerin farklı seviyelerde NDMA ve NDEA içerdiği, hem sodyum klorürün hem de sodyum askorbatın nitrozamin oluşumunu azalttığı saptanmıştır. Pişirme işleminin ise nitrozamin seviyesinde artışa neden olduğu da özellikle vurgulanmıştır.

Sucukta farklı nitrozaminlerin (NDMA, NPYR, NPIP, NDEA, NDPA ve NDBA) incelendiği bir çalışmada, NDMA içeriği en yüksek 0,78 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Aynı çalışmada, NPYR ve NPIP'in maksimum değerleri sırasıyla, 1,36 µg/kg ve 2,71 µg/kg olarak belirlenmiştir. Sucuk numunelerinde maksimum NDBA, NDPA ve NDEA seviyeleri ise sırasıyla 1,68 µg/kg, 1,35 µg/kg ve 0,95 µg/kg olarak rapor edilmiştir (Özel *et al.* 2010).

Ata (2010) tarafından 10 sucuk örneği üzerinde yürütülen bir çalışmada, sucuk örneklerinde ortalama NDMA içeriği $2,21 \pm 0,82$ µg/kg, NPYR, NPIP, NMOR, NDEA ve NDBA içeriği ise sırasıyla $3,84 \pm 0,88$, $3,07 \pm 0,89$, $0,21 \pm 0,07$, $2,25 \pm 0,70$ ve $1,25 \pm 0,40$ µg/kg olarak saptanmıştır. Aynı araştırmada kızartma işleminin nitrozamin içeriğini önemli ölçüde artırdığı ve kızartılmış örneklerde ortalama NDMA, NDEA, NPYR, NMOR, NPIP,

NDBA içeriklerinin sırasıyla $6,60 \pm 3,23$, $3,12 \pm 1,20$, $23,39 \pm 4,45$, $1,14 \pm 0,18$, $6,33 \pm 2,27$, $1,56 \pm 0,39$ µg/kg olduğu tespit edilmiştir.

Drabik-Markiewicz *et al.* (2009) tarafından yapılan bir çalışmada, yağsız et model sisteminde nitritin 3 farklı seviyesi (0, 120 ve 480 mg/kg) ile prolin ve hidroksiprolin ilavesi ve farklı sıcaklık derecelerinin nitrozamin oluşumuna etkisinin incelendiği bir çalışmada, prolinin nitrozamin oluşumunda prekürsör olarak önemli rol oynadığı, hidroksiprolinin ise NPYR oluşumunu inhibe ettiği tespit edilmiştir. Nitrit seviyesinin NPYR oluşumunda önemli bir etkisinin olmadığı, bu nitrozaminin oluşumunda 200°C'nin üzerindeki sıcaklık uygulaması ve prolinin önemli rol oynadığı rapor edilmiştir (Drabik-Markiewicz *et al.* 2009).

Drabik-Markiewicz *et al.* (2010) nitrozamin oluşumu üzerine prolin, prolidin veya hidroksprolidinin etkilerini inceledikleri araştırmalarında, prolin ve prolidin varlığının NPYR oluşumuna sebep olduğunu ve yüksek sıcaklık ile yüksek nitrit seviyesinin nitrozamin oluşumunda önemli rol oynadığını vurgulamışlardır.

Li *et al.* (2012) kuru kür edilmiş sosislerde farklı pişirme yöntemlerinin etkilerini nitrozamin oluşumu açısından incelemişlerdir. Analizler sonucunda kızartma işleminin NDMA, NDEA ve NPYR içeriğini artırdığı ve mikrodalga veya haşlama işleminin kür edilmiş sosislerde nitrozamin oluşum riskini düşürdüğü rapor edilmiştir.

Kuru fermente bir sosis üzerinde yürütülen bir çalışmada, olgunlaştırmanın farklı günlerinde (0, 7, 14, 21 ve 28. günler) örneklerin nitrozamin içerikleri belirlenmiş ve polifenollerin ve askorbik asidin nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiştir. Araştırma sonucunda olgunlaşma süresi arttıkça nitrozamin içeriğinin arttığı, askorbik asit ve bitki polifenollerinin nitrozamin oluşumunu azalttığı ve ayrıca pH, a_w , nem içeriği ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine polifenollerin ve askorbik asidin kayda değer bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Li *et al.* 2013).

De Mey *et al.* (2014a) yürütülen çalışmada kuru fermente sosislerin üretiminde NPIP oluşumuna piperidin, kadaverin, pH, sodyum nitrit ve askorbatın etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar kadaverinin nitrozamin oluşumu üzerine etkisinin olmadığını, piperinin ise azda olsa etkili olabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte kuru fermente sosis örneklerinde nitrozamin oluşumuna kalıntı nitrit seviyesinin ve pH'nın etkisinin olmadığı, askorbatın engelleyici etkisinin ise üretimin ilk aşamasında olduğu bildirilmiştir.

De Mey *et al.* (2014b) tarafından Belçika piyasasından temin edilen 101 örnek üzerinde yürütülen bir çalışmada, örneklerin kalıntı nitrit, kalıntı nitrat ve nitrozamin seviyeleri araştırılmıştır. Analizler sonucunda örneklerde kalıntı nitrit ve nitrat seviyelerinin

ortalama olarak 20 mg/kg'dan daha düşük olduğu, numunelerin birçoğunun sadece NPIP ve NMOR içerdiği ve üretimde kullanılan karabiberden kaynaklanan piperidinin NPIP oluşumunda önemli rol oynadığı tespit edilmiştir.

Herrmann *et al.* (2015a) tarafından Danimarka piyasasından 70, Belçika piyasasından ise 20 örnek temin edilmiş ve örnekler nitrozamin yönünden incelenmiştir. Örneklerle uygulanan ısıtılma işleminin NPIP düzeyinde artışa neden olduğu, NPRO, NDMA, NPYR, NDEA miktarlarının ürünün tipine ve uygulanan ısıtılma işlemine bağlı olarak değiştiği, ısıtılma işlem uygulamasının N-nitrosothiazolidine-4-carboxylic acid (NTCA) ve N-nitroso-2-metil-tiazolidin 4-karboksilik asit (NMTCA) düzeylerini önemli ölçüde düşürdüğü ifade edilmiştir.

Xiao *et al.* (2018) kuru fermente sosislerde *Lactobacillus pentosus* R3'ün nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, olgunlaşma aşamasında *L. pentosus* R3 varlığında nitrit ve aminlerin seviyelerinin düştüğünü, düşük pH ve su aktivitesi değerlerinde nitrozamin oluşumunun azaldığını, *L. pentosus*'un arzu edilmeyen mikroorganizmaları inhibe ederek kuru fermente sosislerin mikrobiyolojik kalitesini artırdığını, ve buna bağlı olarak bu suşun kuru fermente sosislerin daha güvenilir bir şekilde üretilmesi için starter kültür olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Sallan *et al.* (2019) tarafından yapılan bir çalışmada, sucuk üretiminde farklı karabiber seviyeleri ile sodyum askorbat kullanımının nitrozamin oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Aynı çalışmada farklı pişirme derecelerinin etkileri de incelenmiştir. Analizler sonucunda, sodyum askorbatın sucuk örneklerinin kalıntı nitrit miktarında azalmaya neden olduğu, yüksek karabiber seviyelerinde sodyum askorbat ilave edilmeyen örneklerde NPYR ve NDMA içeriğinin arttığı, buna karşın karabiber seviyesi yüksek olan örneklerde askorbatın NPYR seviyesini düşürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca yüksek miktarda karabiber kullanılarak üretilen sucuklarda pişirme derecesinin NPIP üzerinde etkili olduğu, NPYR'nin ise yüksek karabiber seviyesinden etkilenmediği de rapor edilmiştir.

Bıçakçı (2021) tarafından sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada, farklı kombinasyonlarda (sodyum nitrit: 0, 75, 150 ppm; α - tokoferol: 0, 100, 200 ppm; potasyum sorbat: 0, 1500, 3000 ppm) iyon değerleri, biyojen amin ve nitrozamin bileşiklerinin birbirleri ile ilişkileri yüzey yanıt yöntemi ile incelenmiştir. Analizler sonucunda iyon değerleri (NO_3^- , NO_2^-), biyojen aminler (sipermin, tiramin, putresin) ve bazı nitrozaminler (NDMA, NDBA, NMOR, NDPeA, NPIP, NDEA) arasında etkileşim olduğu, potasyum sorbat miktarı arttıkça NDEA oluşumunun arttığı, sodyum nitrit ile potasyum sorbat seviyeleri arttıkça aralarındaki etkileşim sonucunda NDPA oluşumunun azaldığı, depolama sonunda iyon değerlerinin biyojen aminler ve nitrozaminlerle etkileşiminin olmadığı, nitrozaminler üzerine biyojen

aminlerin (tirain, triptamin) varlığının etkili olduğu, bununla birlikte sucuk üretiminde alfa tokoferol ve potasyum sorbatın sodyum nitrit ile kombine bir şekilde kullanımının kalıntı nitrit miktarını önemli düzeyde azalttığı ve bu sonuca bağlı olarak da nitrozamin seviyesinde düşüş olduğu rapor edilmiştir.

Sallan *et al.* (2020) tarafından ısıtıl işlem görmüş sucukta yürütülen bir çalışmada nitrit seviyesi (0, 50, 100 ve 150 mg / kg), sodyum askorbat kullanımı, starter kültür kullanımı (*Lactobacillus plantarum* GM77 + *Staphylococcus xylosus* GM92) ve pişirme derecesi (çiğ, orta, pişmiş, çok pişmiş) faktörlerinin nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiş ve analizler sonucunda, askorbat kullanımının NDMA (N-nitrozodimetilamin) ve NPIP (N-Nitrosopiperidin) içerikleri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, 150 mg/kg nitrit seviyesinde starter kültürlü grubun starter kültür içermeyen gruba göre daha yüksek NPYR (N-Nitrosopirrolidin) içerdiği ve pişirme seviyesi arttıkça nitrozamin seviyesinin önemli ölçüde arttığı rapor edilmiştir.

Nitritin güçlü kanserojen olan nitrozaminlerin oluşumuna neden olduğu ifade edilerek fermente sosislerde bulunan nitrit miktarını belirlemek amacıyla Vranic *et al.* (2021) tarafından 2018 ve 2020 yılları arasında Sırbistan piyasasında bir araştırma yürütülmüştür. Sırp endüstrisinin ürettiği 509 adet kuru fermente sosis ve 37 adet yarı kuru fermente sosisin nitrit seviyeleri analiz edilmiştir. Nitrit içeriği ortalama olarak kuru fermente sosislerde 1,86 mgkg⁻¹ yarı kuru fermente sosislerde ise 1,83 mgkg⁻¹ seviyesinde olduğu tespit edilmiştir.

Kaban *et al.* (2022) ısıtıl işlem görmüş sucuk örneklerinde NDMA ve NPYR içeriğinin sırasıyla 1,71 ile 3,57 µg/kg ve 1,65 ile 7,29 µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca ısıtıl işlem görmüş sucukta NPIP seviyesinin belirlenen diğer nitrozaminlere göre daha yüksek seviyede olduğu, örneklerin a_w değerinin 0,913 ile 0,940 arasında değiştiği ve örneklerin pH değerlerinin ise geniş bir varyasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada uygulanan temel bileşen analizi sonucunda ise NDMA ve NPYR'in pH ile ilişkili olduğu, NPIP'in a_w ve kalıntı nitrit ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Araştırmada materyal olarak Türkiye’de sucuk üretimi yapan 10 farklı firmadan alınan sucuk örnekleri kullanılmıştır. Örnekler parti numaraları dikkate alınarak birer ay aralıklarla perakende satış noktalarından temin edilmiştir. Böylelikle her bir firmadan 3 örnek olmak üzere toplam 30 adet sucuk örneği aşağıda belirtilen analizlere tabi tutulmuştur. Ayrıca nitrozamin analizi için örnekler 0,5 cm kalınlığında dilimlenmiş ve ısıtıcı plakada (hot plate) 180°C’ de 3 farklı pişirme derecesinde (çiğ, 1 dakika ve 3 dakika) pişirilmiştir. Pişirme işlemine tabi tutulmayan sucuklar kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.

Metot

Mikrobiyolojik analizler

25 g sucuk örneği Stochmacher poşetine tartıldıktan sonra üzerine 225 ml steril fizyolojik tuzlu su ilave edilmiş ve Stochmacher’de homojenizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlemi müteakiben örneklerin laktik asit bakteri, *Micrococcus/Staphylococcus*, Enterobacteriaceae ve maya-küf sayıları yayma plak yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir.

Laktik asit bakteri sayımı

MRS Agar (Merck) besiyeri kullanılarak laktik asit bakteri sayısı belirlenmiştir. Dilüsyonlardan besiyerlerine 0,1 er mL aktarılarak yüzeye yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve ekimi müteakiben petri plakları 30°C’de 2 gün anaerobik koşullarda inkübasyona (Anaerocoult A, Merck) bırakılmıştır. Sayımda katalaz (-) koloniler dikkate alınmıştır (Gökalp vd 2015).

Micrococcus / Staphylococcus sayımı

Micrococcus / Staphylococcus sayımı için MSA (Merck) kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlardan ekimi yapılan plaklar, 30°C’de 2 gün süre ile inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda sayının belirlenmesinde katalaz (+) koklar dikkate alınmıştır (Kaya ve Gökalp 2004).

Enterobacteriaceae sayımı

Örneklerin Enterobacteriaceae sayısını belirlemek için VRBD (Violet Red Bile Dextrose, Merck) agar plaklarına ekim yapılmıştır. İnkübasyon anaerobik şartlarda (Anaerocoult A, Merck) 30°C'de 2 gün süre ile gerçekleştirilmiştir. İnkübasyondan sonra 1mm'den büyük kırmızı, gül kırmızısı veya mor renklerdeki koloniler sayılarak Enterobacteriaceae sayısı belirlenmiştir (Gökalg vd 2015).

Maya ve küf sayımı

Sayımda RBC (Rose Bengal Chloroamphenicol, Merck) agar içeren besiyeri kullanılmıştır. Besiyerlerine hazırlanan dilüsyon sıvıları aktararak yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Ekim sonunda besiyerleri 25°C' de 5 gün inkübasyona bırakılmıştır. 5 gün sonra besiyerleri kontrol edilerek kolonilerin sayımı yapılmıştır (Gökalg vd 2015).

Fiziko-kimyasal analizler

Su aktivitesi

Örneklerin su aktivite değerlerinin belirlenmesinde su aktivitesi cihazı (Novasina, TH500 aw Sprint) kullanılmıştır. Cihazı kullanmadan önce tuz çözeltisiyle kalibre edilmiştir. Ölçüm için sucuk örnekleri özel plastik kaplara konularak cihazın ölçme kabine yerleştirilmiş ve 25 °C'de su aktivitesi değerleri belirlenmiştir (Kaban *et al.* 2022).

Ph

Her bir sucuk örneğinin pH değerini belirlemek amacıyla 10'ar g örnek üzerine 100 mL saf su ilave edilmiş ve ultra turraxta homojenize edildikten sonra pH metre (Mettler Toledo, Greifensee, Switzerland) ile ölçüm gerçekleştirilmiştir. Cihaz ölçümden önce pH'sı 4 ve 7 olan tampon çözelti ile kalibre edilmiştir (Gökalg vd 2015).

Kalıntı nitrit

Homojen hale getirilen örnekler 0,1 mg hassasiyetle 10 g tartılmıştır. Daha sonra üzerine 50 ml ve sıcaklığı 50-60°C olan ultra saf su ilave edilerek cam baget yardımıyla iyice karıştırılmıştır. Elde edilen karışım 200 ml'lik balon jojelere alınmıştır. Balon jojeye 50 ml asetonitril eklenmiş ve 15 dakikalık karıştırma işleminden sonra ultra saf su ile 200 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan numuneler nitritsiz/nitratlız filtre kağıdından süzöldükten sonra elde edilen filtratlar 0,45 µm' lik fitreden geçirilmiş ve viallere alınmıştır. Kalıntı nitrit miktarı HPLC/DAD kullanılarak belirlenmiştir. Kolonda akış hızı 2 ml/dak olacak şekilde

ayarlanmış ve tanımlamada nitrit standardı kullanılmıştır. Sonuçlar mg/kg olarak belirlenmiştir (NKML 165, 2000).

Nitrozamin analizi

Homojen örnekten santrifüj tüplerine tartım alınmış ve 0,1 M NaOH ilave edildikten sonra homojenize edilmiştir. Bu işlemi müteakiben metanol eklenmiş ve santrifüj (4 °C’de 10.000 rpm) edilmiştir. Örnek konsantre edildikten sonra cam mikrofiberle (70 mm diameter, Whatman GF, UK) filtre edilmiş ve %20’lik NaCl ilave edilerek ChemElut kolonuna (Agilent, USA) yerleştirilmiştir. Diklorometan ilave edildikten sonra Kuderna Danish düzeneğinde 1 mL’ye konsantre edilen örneğe 40°C’de azot uygulanmıştır. Ekstraktın nitrozamin içeriği GC/MS ile belirlenmiştir. Tanımlama işleminde mobil faz olarak helyum, kolon olarak da DB-5MS (30mx0.25 mmx0.25 µm, Agilent) kullanılmıştır. Sistemde SIM modunda çalışılmış olup fırın sıcaklığı 50°C’den 250°C’ye kademeli olarak çıkarılmıştır. Nitrozamin miksi (EPA 521 Nitrosamine Mix, Supelco, Bellefonte PA USA) ve internal standarttan yararlanılarak kalibrasyon kurvesi hazırlanmış ve sonuçlar µg/kg olarak verilmiştir (Wang *et al.* 2015).

İstatistiki Analizler

Araştırma 3 tekerrürlü olarak şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre yürütülmüştür. Sonuçlara varyans analizi uygulanmış ve sonuçlara ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır (SPSS). Nitrozamin analizi için ise firma faktörünün yanı sıra pişirme süresi de faktör olarak alınmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Laktik asit bakteri sayısı

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinde belirlenen laktik asit bakteri sayıları Tablo 1’de verilmiştir. Örneklerin laktik asit bakteri sayılarının <2 log kob/g ile 8,40 log kob/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek laktik asit bakteri E firmasında (8,40 log kob/g) belirlenmiştir. En düşük sayı ise D firmasının farklı zamanlarda alınan iki örneğinde tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre laktik asit bakteri sayısı oldukça geniş bir varyasyon göstermektedir. Bozkurt and Erkmen (2007) farklı katkı maddelerinin sucuğun kalitesi üzerine etkilerini belirlemek üzere yürüttükleri çalışmada, laktik asit bakteri sayısının 1,79 log kob/g ile 5,47 log kob/g arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Çon ve Gökarp (1998) ise Türkiye pazarından temin edilen sucuk örneklerinde laktik asit bakteri sayısının 4,75 log kob/g ile 9,20 log kob/g aralığında değiştiğini bildirmişlerdir.

Laktik asit bakteri sayısının firmalar arasında ve hatta aynı firma tarafından farklı zamanlarda üretilen örnekler arasında farklılık göstermesinin muhtemelen firmaların üretim aşamalarının oldukça farklı olduğunu ve standart bir üretim gerçekleştiremediklerini göstermektedir. Kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucuğun mikrobiotasında laktik asit bakterileri dominant florayı oluşturmaktadır (Kaban *et al.* 2022). Laktik asit bakteri sayısı B firmasının örneklerinde 10^6 - 10^7 kob/g, E firmasının tüm örneklerinde ise 10^8 kob/g düzeyinde bulunmaktadır. Buna karşın D firmasında saptanabilir sınırın altında dahi laktik asit bakteri sayısı tespit edilmiştir. A firmasında ise iki örnekte 10^4 kob/g bir örnekte ise 10^8 kob/g laktik asit bakteri sayısı tespit edilmiştir. Diğer firmaların örneklerinde de benzer farklılıklar söz konusudur (Tablo 1). Bu sonuçlar söz konusu firmaların sucuk üretiminde ısıtma işlem uyguladığını göstermektedir.

Tablo 1. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	8,32	4,00	4,52
B	6,08	6,75	7,48
C	4,82	3,78	3,59
D	4,42	<2	<2
E	8,26	8,11	8,40
F	6,45	7,36	4,04
G	7,12	8,15	5,32
H	4,58	7,17	4,55
J	6,98	4,98	3,91
K	4,48	2,90	2,30

***Micrococcus/Staphylococcus* sayısı**

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları Tablo 2’de verilmiştir. Örneklerin mikrokok-stafilokok sayıları <2 ila 5,36 log kob/g arasında değişmiştir. En yüksek *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı G firmasında belirlenmiştir. A, C, E, F, H ve J firmalarının tüm örneklerinde ise *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı saptanabilir sınırın altında tespit edilmiştir (Tablo 2). Endüstriyel üretimde pek çok firmada katalaz pozitif koklar starter kültür olarak kullanılmaktadır. Katalaz pozitif koklar olgunlaştırma sırasında çok az gelişirler veya hiç gelişmezler. Bu nedenle katalaz pozitif koklar yüksek konsantrasyonlarda (10^6 - 10^7 /g) hamura ilave edilmektedir. Geleneksel üretimde ise bu mikroorganizmaların gelişimi fermentasyon sırasındaki pH’ya bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Asitleşmenin yavaş olması durumunda bu mikroorganizmalar 10^6 - 10^7 kob/g düzeyine kadar çoğalabilmektedir. Buna karşın asitleşmenin hızlı olduğu durumlarda sayı, başlangıç sayısına göre yaklaşık 1 log kob/g’ lık bir artış gösterebilmektedir (Kaya ve Kaban 2016).

Mevcut bu araştırmada elde edilen *Micrococcus/Staphylococcus* sayım sonuçlarına göre B firması hariç tüm firmalarda *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı karakteristik sucuk florasına uygunluk göstermemektedir. Bu sonuçlar sucuk olarak adlandırılan bu ürünlerin ısıtıl işlem görmüş sucuk kategorisinde değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Kaban and

Kaya (2009) tarafından sucuk üzerinde yürütülen bir çalışmada, *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı en yüksek 6,93 log kob/g, en düşük 5,04 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Elazığ'da tüketime sunulan sucukların mikrobiyolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı ortalama 3,99 log kob/g olarak saptanmıştır (Öksüztepe vd 2011). Genççelep (2007) sucuk üzerinde yürüttüğü araştırmada ortalama mikrokok/stafilokok sayısını 6,90 log kob/g olduğunu bildirmiştir. Atasever vd (1998) ise Konya'da tüketime sunulan sucuklar için ortalama *Micrococcus/Staphylococcus* sayısını 5,50 log kob/g olarak tespit etmiştir. Sallan (2018) tarafından yapılan çalışmada ise deneme sucuk örneklerinde *Micrococcus/Staphylococcus* sayısının 6,17-6,96 log kob/g aralığında değiştiği rapor edilmiştir.

Tablo 2. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine ait *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (log kob/g)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	<2	<2	<2
B	4,90	2,48	2,30
C	<2	<2	<2
D	3,85	<2	<2
E	<2	<2	<2
F	<2	<2	<2
G	<2	5,36	<2
H	<2	<2	<2
J	<2	<2	<2
K	4,26	<2	3,00

Enterobacteriaceae sayısı

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinde Enterobacteriaceae sayıları Tablo 3'de verilmiştir. Tüm örneklerde Enterobacteriaceae sayıları 10^2 kob/g'dan daha az bulunmuştur. Kaya ve Gökalp (2004) ile Genççelep (2007) tarafından yürütülen araştırmalarda da sucukta Enterobacteriaceae sayısı saptanabilir sınırın altında bulunmuştur.

Yüksek başlangıç su aktivitesi ve pH değerleri, fermente olabilir şeker miktarının az olması, düşük başlangıç laktik asit bakteri sayısı, kütleme ajanı olarak nitrat veya çok düşük

seviyelerde nitrit kullanılması gibi faktörler Enterobacteriaceae gelişimini destekleyebilmektedir. Ancak sucuk, Rohwurst ve salami gibi kuru fermente sosislerde, Enterobacteriaceae sayısı, asitleşmeye bağlı olarak olgunlaştırma süresi ilerledikçe azalmakta ve hatta hızlı asitleşme sayıda önemli azalmaya neden olmaktadır. Enterobacteriaceae familyası üyelerinin gelişiminin engellenmesinde tuz ve oksijen seviyesi önemli faktörlerdir (Kaya ve Kaban 2016).

Tablo 3. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Enterobacteriaceae Sayıları (log kob/g)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	<2	<2	<2
B	<2	<2	<2
C	<2	<2	<2
D	<2	<2	<2
E	<2	<2	<2
F	<2	<2	<2
G	<2	<2	<2
H	<2	<2	<2
J	<2	<2	<2
K	<2	<2	<2

Maya ve küf sayısı

Farklı firmalardan farklı periyotlarla temin edilen sucuk örneklerinin maya ve küf sayıları Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4’den de görüldüğü üzere örneklerde maya ve küf sayıları <2-4,36 log kob/g arasında değişim göstermiştir. En yüksek maya ve küf sayısı G firmasında belirlenirken, C, D ve F firmalarının örneklerinde sayı saptanabilir sınırın altında olduğu tespit edilmiştir. A ve B firmalarının birer örneğinde maya ve küf sayısı 3,60 log kob/g, diğer örneklerinde ise saptanabilir sınırın altında (<100 log kob/g) olduğu belirlenmiştir.

Öksüztepe vd (2011) tarafından Elazığ’da tüketime sunulan sucuklarda ortalama maya-küf sayısı 3,08 log kob/g olarak belirlenmiştir. Gençcelep (2007) ise deneme sucuklarında maya ve küf sayısını $4,55 \pm 0,74$ log kob/g olarak saptamıştır. Van ve Konya

piyasasından temin edilen sucuk örnekleri üzerinde yürütülen araştırmalarda ortalama maya ve küf sayısı sırasıyla 5,86 log kob/g (Sancak vd 1996) ve 4,81 log kob/g (Atasever vd 1998) olarak tespit edilmiştir. Mevcut bu araştırma sonuçları bu literatür sonuçları ile uyum göstermemektedir. Bu durum endüstriyel üretimde sucuk üretim basamaklarında önemli değişiklikler yapıldığını göstermektedir.

Tablo 4. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Maya ve Küf Sayıları (log kob/g)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	<2	<2	3,60
B	<2	<2	3,60
C	<2	<2	<2
D	<2	<2	<2
E	<2	3,63	<2
F	<2	<2	<2
G	2,00	4,36	2,30
H	2,85	<2	<2
J	3,32	2,85	3,90
K	2,30	2,18	<2

Fiziko-Kimyasal Analizler

pH

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin pH değeri Tablo 5’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre sucuk örneklerinde pH değeri 4,56 ile 5,77 arasında değişim göstermiştir. Tablo 5’ den de görüldüğü gibi en yüksek pH değeri F firmasında, en düşük pH değeri ise A firmasında belirlenmiştir.

Fermente sosislerde hem arzu edilen kurumanın gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak da duyuusal özelliklerin gelişmesi ve hem de ürün güvenliği açısından fermentasyon aşamasındaki asit oluşum hızı ve derecesi oldukça önemlidir (Lücke 1998; 2000). Fermentasyon aşamasında pH değerinin düşmesinde mikroorganizmalar önemli rol oynamaktadır. Özellikle bakteriler tarafından şekerlerin laktik aside dönüşmesi ve fermentasyon da meydana gelen asitleşme ile fermente sosislerde istenmeyen patojen

mikroorganizmaların gelişimini engellemekte ve asitleşme ile kaliteli ve güvenilir ürün elde edilebilmektedir (Roncalés 2007). Fermentasyon aşamasında pH'ın et proteinlerinin izoelektrik noktasına kadar düşmesi durumunda su tutma kapasitesi azalmakta ve buna bağlı olarak ürünün kuruması kolaylaşmaktadır. Ancak aşırı bir asitleşme, su tutma kapasitesinin artmasına ve dolayısıyla kurumanın gecikmesine neden olabilmektedir. Diğer taraftan pH'nın hızlı bir şekilde 5,4'ün altına düşürülmesi renk, tat ve aroma üzerinde etkili olan aside hassas katalaz pozitif kokların gelişmelerini engelleyebilmektedir (Lücke 1998, 2000; Kaya ve Kaban 2016).

Tablo 5. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait pH Değerleri

Firma	Blok		
	1	2	3
A	4,56	4,82	4,75
B	5,31	5,36	5,41
C	4,62	4,73	4,75
D	5,36	5,58	4,80
E	4,97	4,76	4,93
F	5,77	4,63	5,18
G	5,29	4,76	5,25
H	5,05	4,63	4,60
J	4,96	5,53	5,19
K	5,15	5,14	5,14

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 6'da gösterilmiştir. Ana varyasyon kaynağı olan firmanın pH değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Firmalara ait sucuk örneklerinin pH değerlerine ait ortalamalar Tablo 7'de verilmiştir. Buna göre ortalamalar arasında önemli bir farklılık söz konusu değildir. Tablo 7'den de görüldüğü üzere ortalama en düşük pH değeri C firmasında 4,70, en yüksek değer B firmasında 5,36 olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte bu iki değer arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Bu sonuç, firmaların standart bir üretim yapmadığını göstermektedir. Her bir firmaya ait pH değeri geniş bir varyasyon göstermekte ve bundan dolayı pH değerleri arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önem arz etmemektedir.

Tablo 6. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma	9	0,181	2,268
Blok	2	0,038	0,479
Hata	18	0,080	
Toplam	30		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **:P<0,01, *:P<0,05

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (Anonim 2019a)'ne göre sucuğun pH değerinin en yüksek 5,4 olması gerekmektedir. Mevcut bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre tüm firmaların ortalama pH değeri bu sınır değerden daha düşük bulunmuştur. Bununla birlikte Sancak vd (1996) tarafından Van piyasasından temin edilen sucuklar üzerinde yapılan bir çalışmada, ortalama pH değeri 5,50 olarak rapor edilmiştir. Diğer taraftan Öksüztepe vd (2011) 100 sucuk numunesi için ortalama pH değerini 5,18 olarak tespit etmiştir. Kaban and Kaya (2008) ise piyasadaki temin edilen sucuk örneklerinin pH değerlerinin 4,57 ile 5,16 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada ise Konya piyasasından temin edilen sucuk örneklerinin ortalama pH değeri 5,24 olarak rapor edilmiştir (Atasever vd 1998).

Tablo 7. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Firma	N	pH
A	3	4,71±0,13a
B	3	5,36±0,05a
C	3	4,70±0,07a
D	3	5,25±0,40a
E	3	4,89±0,11a
F	3	5,19±0,57a
G	3	5,10±0,29a
H	3	4,76±0,25a
J	3	5,23±0,29a
K	3	5,14±0,01a

Su aktivitesi

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin su aktivitesi değerleri Tablo 8’ de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre a_w değerleri 0,927-0,964 arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek a_w değeri K firmasında, en düşük a_w değeri ise E firmasına ait bir örnekte belirlenmiştir.

Tablo 8. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Su Aktivitesi Değerleri

Firma	Blok		
	1	2	3
A	0,939	0,939	0,951
B	0,938	0,945	0,940
C	0,951	0,952	0,948
D	0,942	0,930	0,947
E	0,943	0,927	0,942
F	0,962	0,954	0,957
G	0,942	0,948	0,956
H	0,957	0,948	0,950
J	0,957	0,960	0,957
K	0,961	0,964	0,958

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin su aktivitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’ da gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere firma faktörü su aktivitesi değeri üzerinde $p<0,01$ düzeyinde etkili olmuştur.

Tablo 9. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Su Aktivitesi Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma	9	0,000	6,701**
Blok	2	3,903E-005	1,241
Hata	18	3,144E-005	
Toplam	30		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **:P<0,01, *:P<0,05

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’ da verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek ortalama a_w değeri $0,961\pm0,003$ ile K firmasında tespit edilmiştir. K firmasına ait

ortalama değeri ile F, H ve J firmalarına ait ortalama değeri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. En düşük ortalama a_w değeri ise $0,937 \pm 0,008$ ile E firmasında tespit edilmiştir. Ancak bu ortalama değeri ise A, B ve D firmalarına ait ortalama a_w değerlerinden istatistiksel olarak bir farklılık göstermemiştir. Bu sonuçlar tüm firmalarda sucuk üretiminde yeterli bir kurutma olmadığını göstermektedir. Su aktivitesi, fermente sosislerde önemli bir engel etkidir. Olgunlaşma süresi ilerledikçe kurumaya bağlı olarak su aktivitesi düşüş göstermektedir. Su aktivitesi, sucuk gibi kuru fermente sosislerde 0,900 ve altında, ısıtıl işlem görmüş sucuk gibi yarı kuru fermente sosislerde ise 0,900-0,950 arasında değişmektedir (Kaya ve Kaban 2016).

Sallan (2018) tarafından deneme sucuk örneklerinde a_w değerinin 0,882-0,905 arasında değiştiği belirtilirken, Kaban and Kaya (2008) tarafından piyasa örnekleri üzerinde yapılan çalışmada sucuk örneklerinde a_w değerinin 0,801 ile 0,913 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Atasever vd (1998) tarafından yürütülen bir çalışmada ise sucuk örneklerinde çok daha düşük ortalama a_w değeri (0,800) tespit edilmiştir.

Tablo 10. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Su Aktivitesi Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Firma	N	Su Aktivitesi
A	3	$0,943 \pm 0,007$ cdef
B	3	$0,940 \pm 0,004$ def
C	3	$0,950 \pm 0,002$ bcd
D	3	$0,940 \pm 0,009$ ef
E	3	$0,937 \pm 0,008$ f
F	3	$0,957 \pm 0,004$ ab
G	3	$0,948 \pm 0,007$ bcde
H	3	$0,952 \pm 0,005$ abc
J	3	$0,958 \pm 0,002$ ab
K	3	$0,961 \pm 0,003$ a

Kalıntı nitrit

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerine ait kalıntı nitrit değerleri Tablo 11’de verilmiştir. Tablo 11’den de görüldüğü üzere örneklerin kalıntı nitrit değerleri 5,55 mg/kg ile 19,35 mg/kg arasında değişmiştir. En yüksek kalıntı nitrit seviyesi G firmasında, en düşük değeri ise B firmasına ait bir örnekte belirlenmiştir.

Tablo 11. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerine Ait Kalıntı Nitrit Değerleri (mg/kg)

Firma	Blok		
	1	2	3
A	16,13	18,38	9,15
B	6,07	5,80	5,55
C	7,80	9,40	10,50
D	8,70	11,25	14,00
E	16,00	14,25	14,12
F	18,40	16,20	18,35
G	17,00	12,40	19,35
H	15,45	16,75	18,20
J	7,60	12,20	11,00
K	10,00	12,30	10,10

Sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre firma fôktörü, kalıntı nitrit değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahiptir.

Tablo 12. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma	9	44,226	7,223**
Blok	2	1,446	0,236
Error	18	6,123	
Toplam	30		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **: $P<0,01$, *: $P<0,05$

Farklı firmalardan temin edilen farklı parti numaralarına sahip sucuk örneklerinin ortalama kalıntı nitrit değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13’te verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi ortalama kalıntı nitrit değerleri $5,81\pm0,26$ mg/kg ile $17,65\pm1,26$ mg/kg arasında değişmiştir. En yüksek ortalama kalıntı nitrit değeri F firmasında, en düşük ortalama kalıntı nitrit değeri ise B firmasında belirlenmiştir. Ancak F firmasında tespit edilen ortalama kalıntı nitrit değeri, A, E, G ve H firmaları arasındaki ortalama kalıntı nitrit değerlerinden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. B firmasında belirlenen en düşük

ortalama kalıntı nitrit değeri ise C firmasında belirlenen ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

Farklı firmalara ait örneklerin tümünde kalıntı nitrit değeri 20 mg/kg değerinin altında bulunmuştur. De mey *et al.* (2014b) tarafından kuru fermente sosislerde yürütülen bir çalışmada da ortalama kalıntı nitrit seviyesinin 20 mg/kg'dan düşük olduğu rapor edilmiştir. Soyutemiz ve Özenir (1996) ise Bursa'da tüketilen sucuk örneklerinde ortalama kalıntı nitrit değerini 4,94 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Sucuk üzerinde yapılan diğer bir çalışmada ise daha düşük ortalama nitrit değeri (1,86 mg/kg) tespit edilmiştir (Sallan *et al.* 2019). Toptancı (2007) ise sucukta kalıntı nitrit değerini 11,84 mg/kg olarak belirlemiştir.

Tablo 13. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Firma	N	Kalıntı nitrit (mg/kg)
A	3	14,56±4,81ab
B	3	5,81±0,26d
C	3	9,23±1,36d
D	3	11,32±2,65bc
E	3	14,79±1,05ab
F	3	17,65±1,26a
G	3	16,25±3,54a
H	3	16,80±1,38a
J	3	10,27±2,38bc
K	3	10,80±1,30bc

Nitrozaminler

Mevcut bu araştırmada sucuk örneklerinde NDMA, NMEA, NPYR ve NPIP tespit edilmiştir. LOD ve LOQ değerleri sırasıyla NDMA için 0,32 ve 0,98, NMEA için 0,42 ve 1,28, NPYR için 0,36 ve 1,09, NPIP için ise 0,32 ve 0,98 olarak belirlenmiştir. NDEA ve NDBA belirlenememiştir.

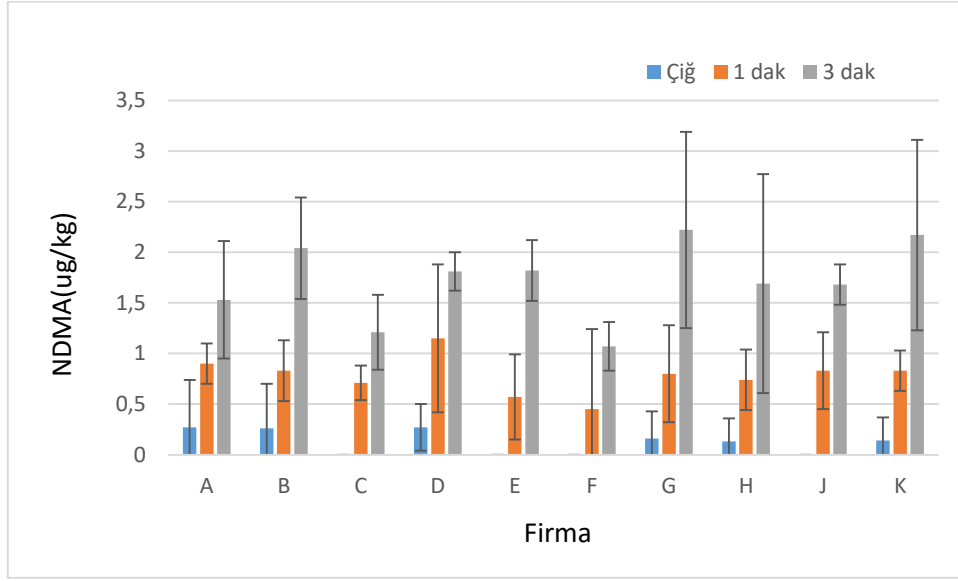
N-Nitrozodimetilamin (NDMA)

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerine ait NDMA değerleri (µg/kg) Tablo 14'de verilmiştir. Bu verilere ait grafik ise Şekil 1'de verilmiştir. Çiğ örneklerde NDMA değeri genellikle saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Altı örnekte ise NDMA seviyesi 0,40 ile 0,81 µg/kg aralığında değişmiştir. Pişirme süresine

bağlı olarak sucuk örneklerinin NDMA içeriklerinde artış olmuştur. Bununla birlikte F firmasına ait 2 örnekte 1 dakikalık pişirme sonucunda NDMA içeriği yine saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Pişirme işleminin 3 dakika uygulandığı örneklerde ise NDMA içeriği 0,79 ile 2,96 µg/kg aralığında değişim göstermiştir.

Tablo 14. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NDMA Değerleri

Firma	Blok	Çiğ	Pişirme Süresi	
			1 dakika	3 dakika
A	1	0,81	1,03	1,78
	2	<LOD	0,99	0,86
	3	<LOD	0,67	1,94
B	1	0,77	1,11	2,57
	2	<LOD	0,52	1,59
	3	<LOD	0,86	1,95
C	1	<LOD	0,89	1,63
	2	<LOD	0,69	1,07
	3	<LOD	0,55	0,94
D	1	0,40	1,89	1,96
	2	<LOD	0,44	1,87
	3	0,40	1,11	1,59
E	1	<LOD	0,34	1,49
	2	<LOD	0,32	2,06
	3	<LOD	1,06	1,91
F	1	<LOD	<LOD	0,79
	2	<LOD	<LOD	1,23
	3	<LOD	1,36	1,19
G	1	<LOD	0,51	2,79
	2	<LOD	1,36	1,10
	3	0,47	0,54	2,78
H	1	0,40	0,51	2,91
	2	<LOD	0,63	1,28
	3	<LOD	1,08	0,87
J	1	<LOD	0,55	1,86
	2	<LOD	1,26	1,71
	3	<LOD	0,68	1,46
K	1	<LOD	1,06	1,13
	2	0,41	0,70	2,96



Şekil 1. Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerine ait NDMA değerleri

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 15’de gösterilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi pişirme faktörü NDMA değerleri üzerinde $P<0,01$ düzeyinde çok önemli etki göstermiştir. Bununla birlikte firmalar arasında NDMA açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$). Firma×pişirme süresi interaksiyonu da NDMA değeri üzerinde önemli bir etki göstermemiştir ($p>0,05$).

Tablo 15. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma (FR)	9	0,328	1,522
Piştirme süresi (PS)	2	19,415	89,986**
Blok	2	0,315	1,461
FR x PS	18	0,123	0,571
Hata	58	0,216	
Toplam	90		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **: $P<0,01$, *: $P<0,05$

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 16’da verilmiştir. Sucuk

örneklerinde belirlenen ortalama NDMA değerleri 0,51 ile 1,07 µg/kg arasında değişim göstermiş ve ortalamalara ait farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 16).

Tablo 16. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)

Firma	N	NDMA (µg/kg)
A	9	0,90±0,67a
B	9	1,04±0,87a
C	9	0,64±0,57a
D	9	1,07±0,78a
E	9	0,80±0,85a
F	9	0,51±0,62a
G	9	1,06±1,07a
H	9	0,85±0,89a
J	9	0,84±0,76a
K	9	1,04±1,02a

Sucuk örneklerinin pişirme sürelerine ait ortalama NDMA değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 17’de verilmiştir. Çiğ örneklerle ait ortalama NDMA değeri 0,12±0,24 µg/kg, pişirme işleminin 1 dakika ve 3 dakika uygulandığı diğer gruplarda ise ortalama NDMA değeri sırasıyla 0,78±0,41 µg/kg ve 1,72±0,64 µg/kg olarak belirlenmiştir. Her 3 ortalama değerinde birbirinden istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Sucukta nitrozamin içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada NDMA değeri 0,78 ± 0,08 µg/kg olarak rapor edilmiştir (Özel *et al.* 2010). Ata (2010) tarafından 10 sucuk örneğinde yapılan bir çalışmada NDMA değerinin ortalama 2,21 ± 0,82 µg/kg olduğu bildirilmiştir. Aynı çalışmada kızartma işleminin nitrozamin içeriğine etkisi olduğu ve ortalama NDMA değerinin 6,60 ± 3,23 µg/kg olduğu da rapor edilmiştir. Pirinççi vd (1986) ise sucuk örneklerinin NDMA değerlerinin 5,1-370,0 ppb arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Sallan *et al.* (2019) tarafından yapılan bir çalışmada ise ortalama NDMA değeri çiğ örneklerde 1,41 ± 1,20 µg/kg, orta, iyi ve çok iyi pişirilmiş sucuk örneklerinde sırasıyla 14,23 ± 9,72 µg/kg, 19,70 ± 8,01 µg/kg, 24,5 ± 10,58 µg/kg olarak tespit edilmiştir. Mevcut bu çalışmada da pişirme süresi arttıkça NDMA değeri artış göstermiştir.

Tablo 17. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)

Piştirme süresi	N	NDMA (µg/kg)
Çiğ	30	0,12±0,24c
1 dak	30	0,78±0,41b
3 dak	30	1,72±0,64a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (p<0,05).

N-Nitrozometiletilamin (NMEA)

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerine ait NMEA değerleri (µg/kg) Tablo 18’de verilmiştir. Tablo 18’den de görüleceği üzere 3 örnek hariç çiğ örneklerin NMEA içerikleri saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Bir dakikalık pişirme sonucunda NMEA içerikleri artış gösterse de C ve D firmalarının tüm örneklerinde NMEA içeriği yine saptanabilir sınırın altında kalmıştır. Üç dakikalık pişirme sonunda ise örneklerin NMEA içeriklerinde daha belirgin artışlar kaydedilmiştir. Ancak C firmasında 3 dakikalık pişirme işleminden sonra da NMEA belirlenememiştir.

Tablo 18. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NMEA Değerleri

Firma	Blok	Piştirme Süresi		
		Çiğ	1 dakika	3 dakika
A	1	<LOD	<LOD	0,77
	2	<LOD	0,43	0,58
	3	0,48	0,49	0,56
B	1	<LOD	0,45	0,46
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	0,53	0,61
C	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
D	1	<LOD	<LOD	0,56
	2	<LOD	<LOD	0,58
	3	<LOD	<LOD	0,54
E	1	<LOD	<LOD	0,79
	2	<LOD	<LOD	0,63
	3	0,43	0,45	0,70
F	1	<LOD	<LOD	0,52
	2	<LOD	0,56	0,89
	3	<LOD	0,55	0,44
G	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	0,52	0,59
	3	<LOD	0,43	0,42

H	1	0,43	0,65	0,78
	2	<LOD	0,66	0,62
	3	<LOD	0,42	1,21
J	1	<LOD	0,46	0,79
	2	<LOD	<LOD	0,50
	3	<LOD	<LOD	0,52
K	1	<LOD	<LOD	0,58
	2	<LOD	0,49	0,51
	3	<LOD	<LOD	0,47

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerinin NMEA değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 19’de verilmiştir. Varyasyon kaynaklarından firma ve pişirme süresi faktörleri NMEA değeri üzerinde $P<0,01$ düzeyinde etkili olmuştur. Firma x pişirme süresi interaksiyonu ise NMEA üzerinde önemli bir etki göstermemiştir ($p>0,05$).

Tablo 19. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma (FR)	9	0,171	4,331**
Piştirme süresi (PS)	2	1,721	43,583**
Blok	2	0,018	0,460
FR x PS	18	0,056	1,426
Hata	58	0,039	
Toplam	90		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **: $P<0,01$, *: $P<0,05$

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin NMEA değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 20’de verilmiştir. C firmasında hiçbir örnekte NMEA belirlenememiştir. Buna karşın en yüksek ortalama NMEA değeri H firmasında belirlenmiştir ($0,53\pm0,38$). Ancak bu firmaya ait ortalama değer, A, E ve F firmalarına ait ortalama değerden istatistiki olarak farklı bulunmamıştır.

Tablo 20. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları ($\mu\text{g/kg}$)

Firma	N	NMEA ($\mu\text{g/kg}$)
A	9	$0,37\pm0,29\text{ab}$
B	9	$0,23\pm0,27\text{b}$
C	9	$0,00\pm0,00\text{c}$

D	9	0,19±0,28bc
E	9	0,33 ±0,34ab
F	9	0,33±0,36ab
G	9	0,22±0,26b
H	9	0,53±0,38a
J	9	0,25±0,31b
K	9	0,23±0,27b

Farklı sürelerde pişirme işlemine tabi tutulan sucuk örneklerinin NMEA değerlerine (µg/kg) ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 21’de verilmiştir. NMEA değeri pişirme süresine bağlı olarak artış göstermiştir. Ata (2010) tarafından sucuk örneklerinde NMEA değeri 1,16±0,39 ng/g, kızartılmış sucuk örneklerinde ise 1,51±0,36 ng/g olarak tespit edilmiştir. Izgara ve kızartma gibi pişirme teknikleri nitrozamin oluşumu açısından önemli uygulamalardır. Uygulanan sıcaklık derecesi ve süresi arttıkça uçucu nitrozamin seviyesi artış gösterebilmektedir (De Mey *et al.* 2017).

Tablo 21. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NMEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)

Piştirme süresi	N	NMEA (µg/kg)
Çiğ	30	0,04±0,14c
1 dak	30	0,24±0,26b
3 dak	30	0,52±0,28a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (p<0,05).

N-Nitrozopirolidin (NPYR)

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı süreler pişirilen sucuk örneklerine ait NPYR değerleri (µg/kg) Tablo 22’de verilmiştir. Farklı firmalara ait çiğ örneklerde ile bir dakika süre ile pişirilen örneklerde NPYR içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Pişirme süresinin 3 dakikaya çıkarılması ile A, G ve K firmalarının 2 örneğinde, H firmasının 1 örneğinde ve J firmasının tüm örneklerinde NPYR içeriği artmıştır.

Tablo 22. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerine Ait NPYR Değerleri (µg/kg)

Firma	Blok	Piştirme Süresi		
		Çiğ	1 dakika	3 dakika
A	1	<LOD	<LOD	0,77
	2	<LOD	<LOD	<LOD

	3	<LOD	<LOD	0,42
B	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
C	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD

Tablo 22. (devamı)

D	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
E	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
F	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
G	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	0,38
	3	<LOD	<LOD	0,490
	3	<LOD	<LOD	0,490
H	1	<LOD	<LOD	0,39
	2	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD
J	1	<LOD	<LOD	0,39
	2	<LOD	<LOD	0,40
	3	<LOD	<LOD	0,44
	3	<LOD	<LOD	0,44
K	1	<LOD	<LOD	0,49
	2	<LOD	<LOD	0,53
	3	<LOD	<LOD	<LOD
	3	<LOD	<LOD	<LOD

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde pişirilen sucuk örneklerinin NPYR değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 23’de verilmiştir. NPYR içeriği üzerine varyans kaynaklarından firma $p<0,05$ seviyesinde etkili olurken, pişirme süresi $p<0,01$ düzeyinde etkili olmuştur. Firma $\times$ pişirme süresi interaksyonu da NPYR üzerinde çok önemli etki göstermiştir ($p<0,01$).

Tablo 23. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
----------------------	----	----	---

Firma (FR)	9	0,033	2,749*
Piştirme süresi (PS)	2	0,245	20,476**
Blok	2	0,006	0,468
FR x PS	18	0,033	2,749**
Hata	58	0,012	
Toplam	90		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **:P<0,01, *:P<0,05

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin NPYR içeriğine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24’de verilmiştir. B, C, D, E ve F firmalarında NPYR içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. En yüksek ortalama NPYR değeri J firmasında belirlenmiştir. Ancak bu değer, A, G, H ve K firmalarında belirlenen değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

Tablo 24. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları (µg/kg)

Firma	N	NPYR (µg/kg)
A	9	0,13±0,28a
B	9	0,00±0,00b
C	9	0,00±0,00b
D	9	0,00±0,00b
E	9	0,00 ±0,00b
F	9	0,00±0,00b
G	9	0,10±0,19ab
H	9	0,04±0,13ab
J	9	0,14±0,21a
K	9	0,11±0,23ab

Farklı sürelerde piştirme işlemine tabi tutulan sucuk örneklerinin NPYR değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. Bir dakikalık ısıtıl işlem sonucunda ortalama NPYR değerinde bir değişim olmamıştır. Bununla birlikte piştirme süresinin 3 dakikaya çıkarılması ise NPYR içeriğinde artışa neden olmuştur.

NPYR, sucukta bulunan önemli uçucu nitrozaminlerden biridir. Pirinççi vd (1986) tarafından yapılan çalışmada, sucuk örneklerinin tümünde nitrozamin belirlenmiş ve NPYR içeriğinin 6,5- 200 ppb arasında değiştiği rapor edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise sucukta maksimum NPYR içeriği $1,36 \pm 0,12$ µg/kg olarak bildirilmiştir (Özel *et al.* 2010). Sucuk

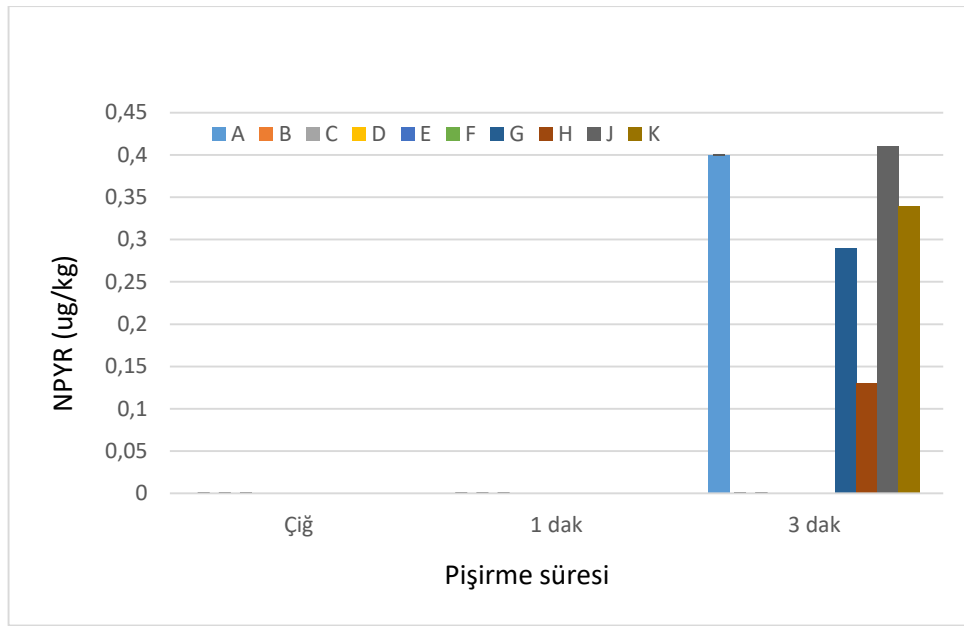
örnekleri üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise ortalama NPYR değeri $3,84 \pm 0,88 \mu\text{g/kg}$ bulunmuştur. Aynı çalışmada sucuk örnekleri kızartma işlemine tabi tutulmuş ve elde edilen ortalama NPYR değerinin $23,39 \pm 4,45 \mu\text{g/kg}$ seviyesine çıktığı tespit edilmiştir (Ata 2010). Sallan *et al.* (2019) tarafından yapılan çalışmada ise çok iyi pişirilmiş sucuk örneklerinde ortalama NPYR değeri $14,07 \pm 11,76 \mu\text{g/kg}$ olarak kaydedilmiştir. Kaban *et al.* (2022) ise ısıtma işlem görmüş sucukta NPYR değerinin 1,65 ila 7,29 $\mu\text{g/kg}$ arasında tespit etmiştir.

Tablo 25. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NPYR Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Piştirme süresi	N	NPYR ($\mu\text{g/kg}$)
Çiğ	30	0,00 $\pm$ 0,00b
1 dak	30	0,00 $\pm$ 0,00b
3 dak	30	0,16 $\pm$ 0,23a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır ($p < 0,05$).

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı süreler pişirilen sucuk örneklerinin NPYR içeriği üzerinde önemli etkisi saptanana firma x piştirme süresi interaksyonuna ait grafik Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2’den de görüldüğü üzere 3 dakikalık piştirme sonucunda A ve J firmalarında ortalama NPYR değeri önemli ölçüde artış göstermiştir. Bunu sırasıyla K, G ve H firmaları izlemiştir. Bu sonuçların ürün formülasyonu ve olgunlaştırma koşullarının farklılığından ileri geldiği düşünülmektedir. Nitekim De Mey *et al.* (2017) kür edilmiş et ürünlerinde fermentasyon, kurutma, ısıtma gibi proses aşamalarının nitrozamin oluşumu için gerekli koşulların sağlanmasında ve öncül maddelerin oluşumunda önemli derecede etkili olduğunu rapor etmiştir. Serbest prolin, NPYR oluşumunda prokürsör olarak reaksiyona katılabilmektedir. Ayrıca amino asitlerin dekarboksilasyonu sonucu oluşan biyojen aminlerinde nitrozlanabilir amin prokürsörü olabildiği ifade edilmektedir (De Mey *et al.* 2017). Putresin, spermidin ve spermin NPYR oluşumunda önemli biyojen aminler olarak kabul edilmektedir (Drabik-Markiewicz *et al.* 2011). NPYR oluşumunda sıcaklık ve süre de önemli bir faktördür (Yurchenko and Mölder 2007).



Şekil 2. Firma x piştirme süresi interaksyonunun NPYR değeri üzerine etkisi

N-Nitrozopiperidin (NPIP)

Farklı firmalardan temin edilen ve farklı sürelerde piştirilen sucuk örneklerine ait NPIP değerleri (µg/kg) Tablo 26’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere sadece iki firmanın tüm örneklerinde NPIP içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Bir dakikalık piştirme sonucunda ise E firmasının tüm örneklerinde, K firmasının 2 örneğinde ve F firmasının bir örneğinde NPIP içeriği saptanabilir sınırın altındadır. Piştirme süresinin 3 dakikaya çıkarılması NPIP içeriğini artırmıştır. Ancak E firmasının 2 örneğinde yine değer, saptanabilir sınırın altında tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre hem firmalar arasında hem de piştirme süreleri arasında önemli farklılıklar söz konusudur.

Tablo 26. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Piştirilen Sucuk Örneklerine Ait NPIP Değerleri (µg/kg)

Firma	Blok	Piştirme Süresi		
		Çiğ	1 dakika	3 dakika
A	1	<LOD	0,71	1,27
	2	0,95	1,10	1,35
	3	0,67	1,18	1,87
B	1	0,69	1,58	1,85
	2	0,95	1,56	2,03
	3	0,83	1,46	2,31
C	1	<LOD	1,01	2,01
	2	0,60	1,12	2,54
	3	0,45	0,78	1,03
D	1	0,46	1,25	2,76

	2	0,85	1,03	1,98
	3	0,45	1,04	2,51
E	1	<LOD	<LOD	<LOD
	2	<LOD	<LOD	0,73
	3	<LOD	<LOD	<LOD
F	1	<LOD	<LOD	1,00
	2	<LOD	0,79	1,19
	3	0,58	1,08	1,87
G	1	<LOD	0,76	0,84
	2	<LOD	0,87	1,56
	3	0,32	0,37	1,02
H	1	0,56	1,00	2,13
	2	<LOD	1,72	2,36
	3	0,44	1,09	1,68

Tablo 26. (devamı)

J	1	<LOD	0,66	1,98
	2	<LOD	1,22	0,96
	3	0,34	0,71	0,83
K	1	<LOD	0,46	1,58
	2	<LOD	<LOD	0,83
	3	<LOD	<LOD	1,35

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerine ait NPİP değerlerinin varyans analiz sonuçları Tablo 27’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre NPİP içeriği açısından firma ve pişirme süresi çok önemli ($p<0,01$) faktörlerdir. Firma×pişirme süresi etkileşimini ise NPİP içeriği üzerinde önemli etkide bulunmamıştır ($p>0,05$).

Tablo 27. Farklı Firmalardan Temin Edilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Sucuk Örneklerinin NPİP Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Firma (FR)	9	1,666	13,918**
Piştirme süresi (PS)	2	11,051	92,317**
Blok	2	0,116	0,971
FR x PS	18	0,193	1,609
Hata	58	0,120	
Toplam	90		

SD: Serbestlik Derecesi, KO: Kareler Ortalaması, **:P<0,01, *:P<0,05

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerine NPIP değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 28’de verilmiştir. En yüksek ortalama NPIP içeriği $1,47 \pm 0,56$ olarak B firmasında belirlenmiş ancak bu değer, D ve H firmalarında belirlenen ortalama değerden istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir ($p > 0,05$). En düşük ortalama değer ise $0,08 \pm 0,24$ ile E firmasında belirlenmiştir. NPIP oluşumunda karabiberde bulunan piperidin önemli rol oynamaktadır. Ayrıca kadeverin ve lisin de NPIP oluşumuna katkıda bulunmaktadır (Sallan 2021).

Tablo 28. Farklı Firmalardan Temin Edilen Sucuk Örneklerinin NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Firma	N	NPIP (µg/kg)
A	9	1,01±0,52cd
B	9	1,47±0,56a
C	9	1,06±0,78bcd
D	9	1,37±0,85ab
E	9	0,08 ±0,24f
F	9	0,72±0,65de
G	9	0,64±0,51e
H	9	1,22±0,81abc
J	9	0,74±0,62de
K	9	0,47±0,63e

Farklı sürelerde pişirme işlemine tabi tutulan sucuk örneklerinin NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 29’da verilmiştir. Çiğ örneklerde ortalama 0,31±0,34 olarak belirlenen NPIP değeri, bir dakikalık ısıtma işlem sonucunda 0,81±0,52, 3 dakikalık ısıtma işlem sonucunda ise 1,51±0,71 µg/kg olarak belirlenmiştir. Buna göre NPIP oluşumunda pişirme süresi önemli bir faktör olup süre arttıkça NPIP seviyesi de artmaktadır.

NPIP’in oluşumunda piperin ve piperidin öncül madde olarak önemli rol oynamaktadır. Her iki bileşiğinde en önemli kaynağı karabiberdir. Karabiber, sucuk gibi fermente sosislerde yaygın olarak kullanılan önemli bir baharat çeşididir. Diğer taraftan NPIP oluşumunda kadaverinin de etkisi olduğu belirtilmekte ve kadaverinin yüksek sıcaklıklarda NPIP’in öncül maddesi olan piperidine dönüştüğü de bildirilmektedir (Sallan 2021). Bu araştırmada olduğu gibi bazı araştırmalarda da, et ürünlerinde NPIP seviyesinin pişirme yoğunluğu arttıkça arttığı belirlenmiştir (Sallan *et al.* 2019; 2020). Özel *et al.* (2010) sucukta en yüksek NPIP değerini 2,71 ± 0,39 µg/kg olarak rapor etmiştir. Ata (2010) ise NPIP içeriğini çiğ sucuk örneklerinde 3,07 ± 0,89 µg/kg, kızartılmış örneklerde ise 6,33 ± 2,27 µg/kg olarak bildirmiştir.

Tablo 29. Farklı Sürelerde Pişirme İşlemine Tabi Tutulan Sucuk Örneklerinin NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi	N	NPIP (µg/kg)
Çiğ	30	0,31±0,34c
1 dak	30	0,81±0,52b

3 dak	30	1,51±0,71a
a-c:	Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki açıdan birbirinden farklıdır (p<0,05).	

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırmada 10 farklı firmadan birer ay aralıklarla temin edilen 30 sucuk örneği, nitrozamin, pH, a_w , kalıntı nitrit miktarı ve mikrobiyolojik özellikler yönünden analiz edilmiştir. Ayrıca her bir örnek 1 ve 3 dakikalık süre ile 180C’de pişirildikten sonra da nitrozamin analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar varyans analizine tabi tutulmuş ve önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen verilerden aşağıda belirtilen genel sonuçlar ve önerilere ulaşılmıştır.

Örneklerin laktik asit bakteri sayıları, $<2 \log \text{ kob/g}$ ile $8,40 \log \text{ kob/g}$ arasında değişmiştir. İncelenen on firma içerisinde sadece bir firmada (E firması) örnekleme yapıldığı üç farklı zamanda da $10^8 \log \text{ kob/g}$ laktik asit bakteri sayısı belirlenmiştir. Bir firmada (D firması, 2 örnek) ise saptanabilir sınırın altında ($<2 \log \text{ kob/g}$) laktik asit bakteri sayısı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, firmaların önemli bir kısmında üretim yönteminin standart olmadığını göstermektedir.

Micrococcus/Staphylococcus sayısı sucuk örneklerinde genellikle saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Bu sonuç firmaların önemli bir kısmının sucuk üretim prosesinde ısıtma işlem uyguladığını veya *Staphylococcus xylosus* ve *S. carnosus* gibi katalaz pozitif kokların starter kültür olarak kullanılmadığını göstermektedir. Enterobacteriaceae familyası üyelerinin sayısı ise tüm örneklerde saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Örneklerin maya ve küf sayısı ise düşük seviyelerde veya saptanabilir sınırın altında bulunmuştur.

pH değeri sucuk için en önemli parametrelerden birisidir. Firmalar arasında pH açısından farklılıklar olmakla birlikte her bir firmaya ait ortalama pH değeri Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ no: 2018/52) de verilen değerler uygun bulunmuştur.

Farklı firmalardan temin edilen sucuk örneklerinin su aktivitesi değerleri 0,927-0,964 arasında bulunmuştur. Firmalara ait en düşük ortalama a_w değeri 0,937 ile E firmasında tespit edilmiştir. Diğer firmalarda ise su aktivitesi değeri 0,940’ın üzerindedir ve hatta bir firmada 0,960’ın üzerinde bir ortalama değer tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, E firması hariç diğer firmalarda ürünün kurutulmadığını göstermektedir. Diğer taraftan E firması tarafından üretilen

sucuğunda kuru fermente sosisler grubuna dahil edilemeyeceği düşünülmektedir. Bu firmaya ait ürün yarı kuru fermente sosisler grubuna girebilecek a_w değerine sahiptir.

Kalıntı nitrit miktarı tüm sucuk örneklerinde 20 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tüm firmalarda kalıntı nitrit miktarı Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliğine uygunluk göstermektedir.

NDMA, fermente sosislerde yaygın olarak belirlenen nitrozaminlerden biridir. İncelenen firmaların örneklerinde ortalama NDMA içeriği 0,51 ile 1,07 µg/kg arasında değişim göstermiş ve firmalar arasında bu nitrozamin açısından istatistiki olarak bir farklılık gözlenmemiştir. Pişirme sırasında ise süre ilerledikçe NDMA içeriği artmıştır. Bununla birlikte firma faktörü ile pişirme süresi arasında önemli bir interaksiyon görülmemiştir.

NMEA, et ürünlerinde nadiren belirlenen bir nitrozamindir. Dört örnek hariç çiğ örneklerin tümünde, bir dakika süre ile kuru sıcaklık uygulanan örneklerin ise önemli bir kısmında NMEA içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Bir firmanın (C firması) örneklerinde 3 dakika süre ile yapılan pişirme işleminde dahi NMEA tespit edilememiştir. Buna rağmen nitrozamin çeşidinde de pişirme süresinin önemli bir faktör olduğu belirlenmiştir.

Fermente sosislerde belirlenen diğer bir nitrozamin çeşidi NPYR'dir. Mevcut bu çalışmada firmaların hem çiğ hem de 1 dakika süre ile ısıtıl işlem uygulanan örneklerinde NPYR değeri saptanabilir sınırın altında kalmıştır. 3 dakikalık pişirmede ise sadece bazı örneklerin NPYR içeriği artış göstermiştir.

Firmalar arasında NPIP açısından önemli farklılıklar belirlenmiştir. En düşük ortalama değer ise $0,08 \pm 0,24$ µg/kg ve en yüksek ortalama değer ise $1,47 \pm 0,56$ µg/kg olarak belirlenmiştir. NPIP oluşumunda karabiberde bulunan piperidinin yanı sıra kadaverin ve lisinin de etkili olduğu belirtilmektedir. Pişirme süresi bu nitrozamin çeşidinde de önemli artışa neden olmuş ve en yüksek ortalama değer $1,51 \pm 0,71$ µg/kg ile 3 dakikalık pişirme sonucunda belirlenmiştir.

Sonuç olarak sucukta teknolojik açıdan önem arz eden laktik asit bakterileri ile katalaz pozitif koagülaz negatif kokların firmadan firmaya önemli değişiklikler gösterdiği, tipik sucuk florasına sahip örnek sayısının çok düşük olduğu, fermente bir sosis çeşidi olan sucukta genellikle ısıtıl işlem uygulandığı, ürün pH değerlerinin 5,4'ün altında olduğu, ancak su aktivitesi değerlerinin tipik kuru fermente bir ürün özelliğini yansıtmadığını, belirlenen nitrozaminler içerisinde NPIP'in daha yüksek seviyelerde olduğu ve 3 dakikalık pişirme süresinin nitrozamin içeriğinde daha belirgin artışlara neden olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Andrés, A., Barat, J. M., Grau, R. and Fito, P., 2007. Principles of drying and smoking. Handbook of fermented meat and poultry, Ed: Fidel Toldra, Blackwell Publishing, 37-50.
- Anonim, 2012. Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2012/74. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/12/20121205-12.htm> (09/02/2021).
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Sayı:28693, Ankara.
- Anonim, 2019a. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği, Tebliğ No: 2018/52. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/01/20190129-4.htm> (09/02/2021).
- Anonim, 2019b. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı:30699. Ankara.
- Anonymous, 2011. Commission of Regulation (EU) No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. L295 (10/12/2021).
- Ata, Ş., 2010. Biyolojik, gıda ve çevre örneklerindeki nitrit, nitrat, sekonder amin ve nitrozaminler. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Zonguldak.
- Atasever, M., Keleş, A., Güner, A. ve Uçar, G., 1998. Konya'da tüketime sunulan fermente sucukların bazı kalite nitelikleri. Veteriner Bilimleri Dergisi. Eurasian Journal of Veterinary Sciences, 14(2), 27-32.
- Bıçakçı, G., 2021. Fermente Sucuklarda Biyojen Amin ve N-Nitrozamin Oluşumu Üzerine Bazı Faktörlerin Etkisi ve Biyojen Amin N-Nitrozamin İlişkisinin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Bolu.
- Biesalski, H.K., 2005. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits if meat is avoided in the diet?. Meat Science, 70, 509–524.
- Bills, D. D., Hildrum, K. I., Scanlan, R. A. and Libbey, L. M., 1973. Potential precursors of N-nitrosopyrrolidine in bacon and other fried foods. Journal of agricultural and food chemistry, 21(5), 876-877.
- Bozkurt, H. and Erkmen, O., 2007. Effects of some commercial additives on the quality of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Food chemistry, 101(4), 1465-1473.
- Byun, M. W., Ahn, H. J., Kim, J. H., Lee, J. W., Yook, H. S. and Han, S. B., 2004. Determination of volatile N-nitrosamines in irradiated fermented sausage by gas chromatography coupled to a thermal energy analyzer. Journal of Chromatography A, 1054(1-2), 403-407.
- Campbell-Platt, G., 1995. Fermented meats a world perspective. In Fermented meats. Springer, Boston, 39-52.
- Cassens, R. G., 1997. Composition and safety of cured meats in the USA. Food chemistry, 59(4), 561-566.

- Chi S-P. and Wu Y-C., 2007. Spices and Seasonings. Handbook of fermented meat and poultry, Handbook of Fermented Meat and Poultry 1st edition. Ed: Fidel Toldrá. Blackwell Publishing, USA, 87-100.
- Çon, A. H. ve Gökalp, H. Y., 1998. Türkiye pazarındaki sucukların bazı kimyasal ve mikrobiyolojik nitelikleri. *Gıda*, 23(5).
- De Mey, E., 2014. N-nitrosamines in Dry Fermented Sausages: Occurrence and Formation of N-nitrosopiperidine.
- De Mey, E., De Klerck, K., De Maere, H., Dewulf, L., Derdelinckx, G., Peeters, M. C., Fraeye, I., Heyden Y. V. and Paelinck, H., 2014b. The occurrence of N-nitrosamines, residual nitrite and biogenic amines in commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. *Meat Science*, 96(2), 821-828.
- De Mey, E., De Maere, H., Goemaere, O., Steen, L., Peeters, M. C., Derdelinckx, G., Paelinck, H. and Fraeye, I., 2014a. Evaluation of N-nitrosopiperidine formation from biogenic amines during the production of dry fermented sausages. *Food and bioprocess technology*, 7(5), 1269-1280.
- De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., 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.
- Drabik-Markiewicz G., Dejaegher B., De Mey E., Impens S., Kowalska T., Paelinck H., and Vander Heyden Y., 2010. Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta*, 657, 123-130.
- Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., Vander Heyden, Y. 2011. Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-nitrosamine in heated cured pork meat. *Food Chemistry*, 126, 1539-1545.
- Drabik-Markiewicz, G., Van den Maagdenberg, K., De Mey, E., Deprez, S., Kowalska, T. and Paelinck, H., 2009. Role of proline and hydroxyproline in N-nitrosamine formation during heating in cured meat. *Meat science*, 81(3), 479-486.
- Ellen, G., Egmond, E. and Sahertian, E. T., 1986. N-nitrosamines and residual nitrite in cured meats from the Dutch market. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und Forschung*, 182(1), 14-18.
- Fisher, S. and Palmer, M., 1995. Fermented meat production and consumption in the European Union. In *Fermented meats*, Springer, Boston, MA. 217-233
- Fiddler, W., Pensabene, J. W., Piotrowski, E. G., Phillips, J. G., Keating, J., Mergens, W. J. and Newmark, H. L., 1978. Inhibition of formation of volatile nitrosamines in fried bacon by the use of cure-solubilized. α -tocopherol. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(3), 653-656.
- Fitzgerald, G. F and Caplice, E., 1999. Food fermentations: Role of microorganisms in foodproduction and preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 50, 131-149.
- Gavinelli, M., Fanelli, R., Bonfanti, M., Davoli, E. and Airoidi, L., 1988. Volatile nitrosamines in foods and beverages: preliminary survey of the Italian market. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 40(1), 41-46.
- Gençcelep, H., Kaban, G. and Kaya, M., 2007. Effects of starter cultures and nitrite levels on formation of biogenic amines in sucuk. *Meat Science*, 77(3), 424-430.

- Govari, M. and Pexara, A., 2018. Nitrates and Nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 66-127.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O., 2015. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi yayın no:786, Ziraat Fakültesi yayın no: 320, Ders kitapları serisi No:70, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, O., Tülek, Y., 2015. Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama klavuzu. Atatürk Üniversitesi yayın no:751, Ziraat Fakültesi yayın no: 318, Ders kitapları serisi No:69, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Hammes, W. P., 2012. Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic feature of a specific group of fermented foods. *Food Microbiology*, 29(2), 151-156.
- Herrmann, S. S., Duedahl-Olesen, L. and Granby, K., 2015a. Occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in processed meat products and the role of heat treatment. *Food Control*, 48, 163-169.
- Herrmann, S. S., Granby, K. and Duedahl-Olesen, L., 2015b. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-526.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., and Granby, K., 2014. Simultaneous determination of volatile and non-volatile nitrosamines in processed meat products by liquid chromatography tandem mass spectrometry using atmospheric pressure chemical ionisation and electrospray ionisations. *Journal of Chromatography A*, 1330, 20-29.
- Holck, A., Axelsson, L., Mcleod, A., Rode, T.M., Heir, E., 2017. Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. *Journal of Food Quality* 2017, 1–25. doi:10.1155/2017/9753894
- Honikel K.O., 2007. Principles of Curing. In: *Handbook of Fermented Meat and poultry*, Ed: Fidel Tóldra, Blackwell Publishing, USA. 17-30.
- Honikel, K.O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.
- Hutkins, R. W., 2019. Fermented meats. *Microbiology and Technology of Fermented Foods* 2 st edition. Wiley-Blackwell, USA, 235-265.
- Hutkins, R. W., 2019. Starter cultures. *Microbiology and Technology of Fermented Foods* 2 st edition. Wiley-Blackwell, USA, 100.
- Huxel, E. T., Scanlan, R. A. and Libbey, L. M., 1974. Formation of N-nitrosopyrrolidine from pyrrolidine ring containing compounds at elevated temperatures. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22(4), 698-700.
- IARC., 2020. International Agency for Research on Cancer Agents. Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–130, <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/> (30.11.2021)
- Jessen, B., 1995. Starter cultures for meat fermentations. In *Fermented meats* (pp. 130-159). Springer, Boston, MA.
- Jimenez-Colmenero, F., Carballo, J. and Cofrades, S., 2001. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. *Meat Science*, 59(1), 5–13. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(01\)00053-5](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(01)00053-5).
- Kaban, G. and 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), M385-M388.

- Kaban, G. and Kaya, M., 2009. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the quality characteristics of dry fermented sausage “sucuk”. *Journal of Food Science*, 74(1), S58-S63.
- Kaban, G., Polat, Z., Sallan, S. and Kaya, M., 2022. The occurrence of volatile N-nitrosamines in heat-treated sucuk in relation to pH, a_w and residual nitrite. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.
- Kaya, M. ve Gökalp, H. Y., 2004. Sucuk Üretiminde Starter Kültür Kullanımının ve Farklı Nitrit Dozlarının *Listeria monocytogenes*’ in Gelişimi Üzerine Etkisi. *Turk. J. Vet. Anim. Sci*, 28, 1121-1127.
- Kaya, M. ve Kaban, G., 2016. Fermente et ürünleri. *Gıda Biyoteknolojisi*, Editör: Necla Aran, Nobel Yayıncılık, İstanbul, 157-190.
- Kaya, M., 2019. N-Nitrosamines in Meat Products. 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies, Bayburt.
- Kilic, B., 2009. Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *LWT-Food Science and Technology*, 42(10), 1581-1589.
- Kolsaracı, N. ve Demirok Soncu, E., 2019. Fermente sosis. *Fermente Gıdalar*, Editör: Ertan Tanlı, Pınar Şanlıbaba, Nobel Yayıncılık, Ankara, 295-340.
- Kurt, Ş. and Zorba, Ö., 2009. The effects of ripening period, nitrite level and heat treatment on biogenic amine formation of “sucuk” A Turkish dry fermented sausage. *Meat Science*, 82(2), 179-184.
- Laranjo, M., Potes, M. E. and Elias, M., 2019. Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. *Frontiers in Microbiology*, 10, 853.
- Leroy, F., Verluyten, J. and De Vuyst, L., 2006. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International journal of food microbiology*, 106(3), 270-285.
- Leroy, S., Lebert, I., and Talon, R., 2015. Microorganisms in Traditional Fermented Meats. *Handbook of Fermented Meat and poultry*. Ed: Fidel Toldra, Wiley-Blackwell, 99-105.
- Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G. and Xu, X., 2013. Effect of plant polyphenols and ascorbic acid on lipid oxidation, residual nitrite and n-nitrosamines formation in dry-cured sausage. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(6), 1157-1164.
- Li, L., Wang, P., Xu, X. and Zhou, G., 2012. Influence of Various Cooking Methods on the Concentrations of Volatile N-Nitrosamines and Biogenic Amines in Dry-Cured Sausages. *Journal of Food Science* 77, 560–565.
- Lücke, F. K., 1998. Fermented sausages. Wood, B.J.B. (eds) *Microbiology of Fermented Foods*. Springer, Boston, MA, 441-483. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-0309-1_14
- Lücke, F. K., 2000. Utilization of microbes to process and preserve meat. *Meat science*, 56(2), 105-115.
- Morrissey, P. A., Sheehy, P. J. A., Galvin, K., Kerry, J. P. and Buckley, D. J., 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Science*, 49, S73–S86. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(98\)90039-0](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(98)90039-0)
- Ockerman, H. and Basu, L., 2007. Production and consumption of fermented meat products. *Handbook of Fermented Meat and Poultry* 1st edition. Ed: Fidel Toldrá. Blackwell Publishing, USA, 9-15.

- Öksüztepe, G., Güran, H. Ş., İncili, G. K., ve Gül, S. B., 2011. Elazığ'da tüketime sunulan fermente sucukların mikrobiyolojik ve kimyasal kalitesi. *FÜ Sağ Bil Vet Derg*, 25(3), 107-117.
- Özdemir, M., Batı, B., Gökalp, H.Y., 1984. Nitrate, nitrite and N-nitrosamine contents of Turkish soudjouks. *Fleischwirtschaft*, 64, (12), 1497-1499.
- Özel, M. Z., Gogus, F., Yagci, S., Hamilton, J. F. and Lewis, A. C., 2010. Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography–nitrogen chemiluminescence detection. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3268-3273.
- Petäjä-Kanninen, E. and Puolanne, E., 2007. Principles of meat fermentation. *Handbook of Fermented Meat and Poultry* 1st edition. Ed: Fidel Toldrá. Blackwell Publishing, USA, 31-35.
- Picouet, P. A., Aymerich, T. and Monfort, J. M., 2008. Decontamination technologies for meat products. *Meat science*, 78(1-2), 114-129.
- Pighin, D., Pazos, A., Chamorro, V., Paschetta, F., Cunzolo, S., Godoy, F., Messina, V., Pordomingo A., and Grigioni, G., 2016. A contribution of beef to human health: A review of the role of the animal production systems. *The Scientific World Journal*, 2016.
- Pirinçci, İ., Acet, H. A. and Batı, B., 1986. Sucuklarda N-nitrozamin bileşiklerinin gaz kromatografik yöntemle tayin edilmesi. *Selçuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 2(1), 75-89.
- Püssa, T., 2013. Toxicological issues associated with production and processing of meat. *Meat science*, 95(4), 844-853.
- Reig, M. and Toldrá, F., 2010. Detection of chemical hazards. *Handbook of meat processing*. Blackwell, USA, 469-480.
- Roncalés, P., 2007. Additives. In: *Handbook of Fermented Meat and poultry*, Ed: Fidel Toldrá, Blackwell Publishing, 77-86.
- Ruiz, J. and Pérez-Palacios, T., 2015. Ingredients. *Handbook of fermented meat and poultry*, Ed: Fidel Toldrá, Y. H. Hui, Iciar Astiasarán, Joseph G. Sebranek, Régine Talon, Wiley Blackwell. 55-67.
- Ruiz, J., 2007. Ingredients. *Handbook of fermented meat and poultry*, Ed: Fidel Toldrá, Blackwell Publishing, 59-76.
- 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.
- Sallan 2021. Nitrosopiperidine in meat products. *International semposium of scientific reasearc and inovative studies*.
- Sallan, S., 2018. Fermente Sucukta Nitrozamin Oluşumuna Karabiber Seviyesi, Sodyum Askorbat Kullanımı ve Pişirme Derecesinin Etkileri. *Doktora Tezi*. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Erzurum.
- Sallan, S., Kaban, G., and Kaya, M., 2019. Nitrosamines in sucuk: Effects of black pepper, sodium ascorbate and cooking level. *Food Chemistry*, 288 (2019) 341–346.
- Sallan, S., Kaban, G., Oğraş Ş.Ş., Çelik M., and 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 (2020) 107917.

- Sancak, Y. C., Kayaardı, S., Sağun, E., İşleyici, Ö. ve Sancak, H., 1996. Van piyasasında tüketime sunulan fermente Türk sucuklarının fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve organoleptik niteliklerinin incelenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 7(1), 67-73.
- Sannino, A. and Bolzoni, L., 2013. GC/CI-MS/MS method for the identification and quantification of volatile N-nitrosamines in meat products. *Food chemistry*, 141(4), 3925-3930.
- Schwägele, F., Andrée, S., Jira, W., Schwind, K.-H., Wagner, H., 2010. Chemical safety of meat and meat products. *Meat Science* 86, 38-48.
- Sen, N. P., Donaldson, B., Charbonneau, C. and Miles, W. F., 1974. Effect of additives on the formation of nitrosamines in meat curing mixtures containing spices and nitrite. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22(6), 1125-1130.
- Smith, B. S., 2012. Marination: ingredient technology. *Handbook of meat and meat processing*. CRC Press, Boca Raton, 479-493.
- Soyutemiz, G. E. and Özenir, A., 1996. Bursa'da tüketilen sucuk, salam, sosis ve pastırmalardaki kalıntı nitrat ve nitrit miktarlarının saptanması. *Gıda*, 21(6).
- Sun, Q., Chen, Q., Li, F., Zheng, D., Kong, B., 2016. Biogenic amine inhibition and quality protection of Harbin dry sausages by inoculation with *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum*. *Food Control*, 68, 358-366.
- Suzzi, G. and Gardini, F., 2003. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. *International journal of food microbiology*, 88(1), 41-54.
- Toldrá, F. and Reig, M., 2007. Chemical origin toxic compounds. *Handbook of fermented meat and poultry*, 1st edition, Ed: Toldrá, F., Blackwell Publishing, USA, 469-475.
- Toldrá, F., 2002. Fermentation and Starter Cultures, In: *Dry-Cured Meat Products*, Ed: Toldrá F., Food and Nutrition Press Inc, USA, 89-112.
- Toldrá, F., 2002. Principles of Dry-fermented Sausage-making. In: *Dry-Cured Meat Products*, Ed: Toldrá F. Food and Nutrition Press Inc, USA, 63-88.
- Toldrá, F., Nip, W-K. and Hui, Y.H., 2007. Dry-fermented Sausages: An Overview. *Handbook of Fermented Meat and Poultry* 1st edition, Ed: Toldrá, F., Blackwell Publishing, USA, 320-325.
- Toldrá, F., Sanz, Y. and Flores, M., 2001. Meat Fermentation Technology. In: *Meat Science and Applications*, Ed: Hui, Y.H., Nip, W-K., Rogers. R. W. and Young, O.A., Marcel Dekker, Inc, Chapter 23, USA.
- Toptancı, İ., 2007. Sucuğun renk ve tekstürüne farklı ısıı işlem sıcaklıklarının etkisi. *Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Ankara.
- Vignolo, G., Fontana, C. and Fadda, S. 2010. Semidry and Dry Fermented Sausages. *Handbook of Meat Processing*, Ed: Fidel Toldrá, Blackwell Publishing, USA. 379-398.
- Vranic, D., Koricanac, V., Milicevic, D., DjinoVIC-Stojanovic, J., Geric, T., Lilic, S. and Petrovic, Z., 2021. Nitrite content in meat products from the Serbian market and estimated intake. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 854, No. 1, p. 012106). IOP Publishing.
- Vural, H. and Özvural, E., 2007. Fermented sausages from other meats. *Handbook of Fermented Meat and Poultry*. Ed: Fidel Toldrá, Blackwell Publishing, USA, 369-373.

- 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(1), 199-206.
- WHO., 2019. Information Note Nitrosamine impurities. Who Health Organization, <https://www.who.int/news/item/20-11-2019-information-note-nitrosamine-impurities> (22.02.2022).
- Wyness, L., Weichselbaum, E., O'connor, A., Williams, E. B., Benelam, B., Riley, H. and Stanner, S., 2011. Red meat in the diet: an update. *Nutrition Bulletin*, 36(1), 34-77.
- Xiao, Y., Li, P., Zhou, Y., Ma, F. and Chen, C., 2018. Effect of inoculating *Lactobacillus pentosus* R3 on N-nitrosamines and bacterial communities in dry fermented sausages. *Food Control*, 87, 126-134.
- Xiong, Y. L. and Mikel, W. B., 2001. Meat and meat products. *Meat science and applications*, 39-69.
- Yurchenko, S. and Mölder, U., 2007. The occurrence of volatile N-nitrosamines in Estonian meat products. *Food Chemistry*, 100(4), 1713-1721.
- Zhou, G. H., Xu, X. L. and Liu, Y., 2010. Preservation technologies for fresh meat—A review. *Meat science*, 86(1), 119-128.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Muhammed Furkan KIZILKAYA
Doğum tarihi:	05.05.1994
Doğum Yeri:	Erzurum
Uyruğu:	T.C.
E-mail:	mfurkankizilkaya5@gmail.com
Eğitim	
Lise:	Şükrüpaşa Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği (2014 – 2018)
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2019 – 2022)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Projeler ve Yayınlar	
1. “Sucukta nitrozamin içerikleri ile ürün özellikleri arasındaki interaksiyonların belirlenmesi” – BAP 2020	