



**SİYAH SARIMSAĞIN SUCUĞUN MİKROBİYOLOJİK,
FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ
İLE NİTROZAMİN İÇERİĞİNE ETKİSİ**

Asena KARAYİĞİT

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İkinci Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN

Yüksek Lisans Tezi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2023

(Her hakkı saklıdır.)

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

**SİYAH SARIMSAĞIN SUCUĞUN MİKROBİYOLOJİK, FİZİKSEL, KİMYASAL VE
DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE NİTROZAMİN İÇERİĞİNE ETKİSİ**

(The Effect of Black Garlic on Microbiological, Physical, Chemical and Sensory Properties
and Nitrosamine Content of Sucuk)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Asena KARAYİĞİT

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
İkinci Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN

Erzurum
Ocak, 2023



FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Graduate School of Natural and
Applied Sciences

T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ KABUL VE ONAY TUTANAĞI

**SIYAH SARIMSAĞIN SUCUĞUN MİKROBİYOLOJİK, FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL
ÖZELLİKLERİ İLE NİTROZAMİN İÇERİĞİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Mükerrerem KAYA danışmanlığında, Asena KARAYİĞİT tarafından hazırlanan bu çalışma, 01/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendisliği Bilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Güzin KABAN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mükerrerem KAYA <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Ümran ÇİÇEK <i>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Emel ÖZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır
İkinci Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN <i>Bandırma On Yedli Eylül Üniversitesi</i>	Aslı Islak İmzalıdır

Enstitü Yönetim
Kurulunun/....../.... tarih
ve sayılı kararı.

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

Prof.Dr. Saltuk Buğrahan CEYHUN

Enstitü Müdürü

Aslı Islak İmzalıdır

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: FYL-2022-11446



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak *Prof. Dr. Mükerrerem KAYA* danışmanlığında sunulan “Siyah Sarımsağın Sucuğun Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Nitrozamin İçeriğine Etkisi” 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	20	30
Kuramsal Temeller	13	30
Materyal ve Metot	32	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	20	20
Sonuçlar ve Öneriler	0	20
Tezin Geneli	24	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.

Sunulan bilgilerin doğru olduğunu, aksi halde doğacak hukuki sorumlulukları kabul ettiğimizi beyan ederiz.

Tez Yazarı (Öğrenci)	Tez Danışmanı
Asena KARAYİĞİT	Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
1.2.2023	1.2.2023
İmza: Aslı Islak İmzalıdır	İmza: Aslı Islak İmzalıdır

* 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, değerli danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA'ya şükranve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Tez çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle araştırmalarımada destek olan değerli Hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a ve çalışmamın yürütülmesinde ve BAP projesinin hazırlanmasında ve yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen Hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Laboratuvar çalışmalarımın tüm aşamalarının planlanması ve yürütülmesinde desteklerini gördüğüm, yardımları ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Öğr. Gör. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL'a teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmamda her türlü emeği olan değerli çalışma arkadaşlarım Kübra ÖZTÜRK'e ve Fatmanur' a teşekkürlerimi sunar bundan sonraki hayatlarında başarılar dilerim.

Bu çalışma da 'FYL-2022-11446' nolu, Siyah Sarımsağın Sucuğun Mikrobiyolojik, Fiziksel, Kimyasal ve Duyusal Özellikleri ile Nitrozamin İçeriğine Etkisi başlıklı projeye destek veren Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim

Hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme babam Vedat KARAYİĞİT, annem Selma KARAYİĞİT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Asena KARAYİĞİT

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİYAH SARIMSAĞIN SUCUĞUN MİKROBİYOLOJİK, FİZİKSEL, KİMYASAL VE DUYUSAL ÖZELLİKLERİ İLE NİTROZAMİN İÇERİĞİNE ETKİSİ

Asena KARAYİĞİT

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

İkinci Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN

Amaç: Araştırmada farklı siyah sarımsak (SS) oranlarının (%1, %2 ve %3) ve farklı pişirme sürelerinin sucuğun nitrozamin içeriğine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca SS kullanımının ürünün mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerine etkileri de araştırılmıştır. Araştırmada beyaz sarımsak (%1) kontrol olarak değerlendirilmiştir.

Yöntem: Dört farklı sucuk hamuru (%1, %2 ve %3) hazırlanmıştır. Olgunlaştırma işleminden sonra muamele grupları pH, a_w , kalıntı nitrit, TBARS ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Her bir muamele grubu için duyuşsal analiz de yapılmıştır. Ayrıca hem çiğ hem de pişirilmiş örneklerde (180°C' de 1 veya 3 dk) nitrozamin analizi yapılmıştır. Nitrozamin analizinde GC/MS, nitrit analizinde ise HPLC kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar iki yönlü varyans analizine tabi tutulmuştur.

Bulgular: Sucuk üretiminde siyah sarımsak kullanımı laktik asit bakteri ve *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında düşüşe neden olmuştur. Siyah sarımsak seviyeleri (%2 ve %3) pH ve kalıntı nitrit miktarını düşürmüştür. Buna karşın siyah sarımsak içeren gruplar kontrol grubuna göre daha yüksek TBARS değeri göstermiştir. Sucuğun a_w ve enstrümental renk değerleri de siyah sarımsak kullanımından etkilenmiştir. Siyah sarımsak seviyeleri (%1 hariç) genellikle duyuşsal parametrelerde düşüşe neden olmuştur. Siyah sarımsak NDEA üzerinde önemli bir etki göstermezken %2 SS ve %3 SS NPIP ve NDMA içeriğini artırmıştır. Pişirme ise nitrozamin oluşumunu artırmıştır.

Sonuç: Sucuk üretiminde %2 veya %3 oranında siyah sarımsak kullanımı genellikle ürün özellikleri üzerinde olumsuz etki göstermiştir. Ayrıca bu seviyeler NDMA ve NPIP içeriğini de artırmıştır. Pişirme süresi arttıkça nitrozamin seviyesi de artmıştır.

Anahtar Kelimeler: sucuk, siyah sarımsak, NDMA, NDEA, NPIP, TBARS

Ocak 2023, 64 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

THE EFFECT OF BLACK GARLIC ON MICROBIOLOGICAL, PHYSICAL, CHEMICAL AND SENSORY PROPERTIES AND NITROSAMINE CONTENT OF SUCUK

Asena KARAYİĞİT

Supervisor: Prof. Dr. M kerrem KAYA

Co-Supervisor : Assist. Prof Dr. Selen SALLAN

Purpose: In the study, it was aimed to determine the effects of different ratios of black garlic (SS) (1%, 2% and 3%) and different cooking times on the nitrosamine content of sucuk. In addition, the effects of the use of SS on the microbiological, physical, chemical and sensory properties of the product were also investigated. White garlic (1%) was used as a control in the study.

Method: Four different sucuk batches (1%, 2% and 3%) were prepared. After ripening, the treatment groups were subjected to pH, aw, residual nitrite, TBARS and microbiological analysis. Sensory analysis was also performed for each treatment group. In addition, nitrosamine analysis was performed on both raw and cooked samples (1 or 3 min at 180 C). GC/MS was used for nitrosamine analysis and HPLC was used for nitrite analysis. The obtained results were subjected to two-way analysis of variance.

Findings: The use of black garlic in sucuk production caused a decrease in the numbers of lactic acid bacteria and *Micrococcus/ Staphylococcus*. Black garlic levels (2% and 3%) reduced pH and residual nitrite. On the other hand, the groups containing black garlic showed higher TBARS value than the control group. The aw and instrumental color values of the sucuk were also affected by the use of black garlic. Black garlic levels (except 1%) generally caused a decrease in sensory parameters. While black garlic did not show a significant effect on NDEA, 2% SS and 3% SS increased NPIP and NDMA content. Cooking increased the formation of nitrosamines.

Results: The use of 2% or 3% black garlic in sucuk production generally had a negative effect on product properties. In addition, these levels increased the NDMA and NPIP content. As the cooking time increased, the nitrosamine level also increased.

Keywords: sausage ,black garlic, NDMA, NDEA, NPIP, TBARS

January 2023, 64 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI.....	i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TABLolar DİZİNİ.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ.....	xii
GİRİŞ.....	1
KURAMSAL TEMELLER.....	7
MATERYAL ve METOT	12
Materyal	12
Metot	12
Sucuk üretimi	12
Sucukların pişirilmesi	13
Mikrobiyolojik analizler.....	13
Laktik asit bakteri sayımı	13
<i>Micrococcus / Staphylococcus</i> sayımı	13
Enterobacteriaceae sayımı.....	13
Fiziko-Kimyasal Analizler	14
pH analizi	14
Su aktivitesi (a_w) analizi.....	14
L^* , a^* ve b^* değerlerinin belirlenmesi.....	14
Tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi	14
Kalıntı nitrit analizi	14
Nitrozamin analizi.....	14
Duyusal analiz.....	15
İstatistiki analiz	15
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	16
Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları	16
Laktik asit bakteri sayısı.....	16

<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> sayısı	18
<i>Enterobacteriaceae</i> sayısı	20
Fiziko-Kimyasal Analizler	20
pH.....	20
Su aktivitesi (a_w)	22
TBARS.....	23
Kalıntı Nitrit.....	24
L*, a*, b* değerleri	26
Duyusal Analiz Sonuçları	29
Nitrozaminler	31
N-Nitrozodimetilamin (NDMA)	32
N-nitrozodietilamin (NDEA)	34
N-Nitrozopiperidin (NPIP)	37
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	41
KAYNAKLAR.....	44
ÖZGEÇMİŞ.....	50

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayıları	16
Tablo 2. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	17
Tablo 3. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	18
Tablo 4. Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayıları.....	18
Tablo 5. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	18
Tablo 6. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	19
Tablo 7. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Enterobacteriaceae Sayıları.....	20
Tablo 8. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerleri	20
Tablo 9. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	21
Tablo 10. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	21
Tablo 11. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri	22
Tablo 12. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları	22
Tablo 13. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	23
Tablo 14. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri	23
Tablo 15. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları	24
Tablo 16. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	24

Tablo 17. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri.....	25
Tablo 18. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları	25
Tablo 19. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	26
Tablo 20. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L Değerleri	26
Tablo 21. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a Değerleri	27
Tablo 22. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların b Değerleri	27
Tablo 23. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L, a ve b Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	28
Tablo 24. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L, a ve b Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	29
Tablo 25. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Analiz Sonuçları	29
Tablo 26. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	30
Tablo 27. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	31
Tablo 28. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçerikleri (ug/kg).....	32
Tablo 29. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	33
Tablo 30. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	34
Tablo 31. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	34
Tablo 32. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Farklı Süreler Pişirilen Sucukların N DEA İçerikleri.....	35
Tablo 33. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	36
Tablo 34. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	36
Tablo 35. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	36

Tablo 36. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP İçerikleri	37
Tablo 37. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	38
Tablo 38. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NPIP İçerikleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	39
Tablo 39. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	39



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Muamele x pişirme süresi interaksyonunun NPIP içeriği üzerine etkisi	40
---	----



KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ

A _w	Su Aktivitesi
%	Yüzde
Dak	Dakika
°C	Santigrat Derece
G	Gram
mm	Milimetre
kg	Kilogram
µg	Mikrogram
ml	Mililitre
mg	Miligram
Log	Logaritma
kob	Koloni oluşturan birim
ppb	Milyarda bir
NDMA	N-Nitrozodimetilamin
NMEA	N-Nitrozometilamin
NPYR	N-Nitrozopirrolidin
NPIP	N-Nitrozopiperidin
NDBA	N-Nitrozodibütilamin
NDEA	N-Nitrozodietilamin
NMOR	N-Nitrozomorfolin
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı

GİRİŞ

Et, insanın büyüme ve gelişmesi için gerekli olan besin öğelerini içeren konsantre bir gıdadır. Et, biyolojik değeri yüksek proteinin yanı sıra demir, selenyum, çinko ve B12 vitamini gibi mikro besin öğeleri açısından da zengindir (Pereira and Vicente 2013). Bununla birlikte et yüksek su aktivitesi ve uygun pH değeri nedeniyle kolay bozulabilen gıdalar grubunda yer almaktadır. Etin muhafazası amacıyla uygulanan en eski yöntemlerden biri fermentasyondur. Diğer bir yöntem ise tuzlama ve kurutmadır. Etin tuz ile birlikte nitrat ve/veya nitrit ile muamele edilmesi olarak tanımlanan kürleme de et işlemede kullanılan yaygın uygulamalardan biridir (Gökalp vd. 2012). İşlenmiş et ürünleri içerisinde önemli bir paya sahip olan fermente sosislerde tipik lezzet ve aromalarıyla dikkat çeken et ürünleridir. Fermente sosisler, kıyma makinesi veya kuterde kıyılmış et ve yağın tuz, nitrat ve/veya nitrit, baharat ve diğer bazı katkı maddeleriyle karıştırıldıktan sonra suni veya doğal kılıflara doldurulması ve mütabiken fermentasyon, kurutma (olgunlaştırma) uygulanması ile elde edilen et ürünleridir (Kaya ve Kaban 2019). Fermente sosisler kurutma derecesi esas alınarak genellikle yarı kuru ve kuru sosisler olmak üzere 2 grupta toplanmaktadır. Fermente kuru sosisler, fermentasyon ve kurutma uygulanarak olgunlaştırılan et ürünü olup, a_w değerleri 0.90'ın altındadır. Bu ürünlerde genellikle ısıl işlem aşamasına başvurulmamaktadır. Fermente yarı kuru sosislerde ise a_w daha yüksek olup (0.90-0.95) üretimlerinde genellikle ısıl işleme (iç sıcaklık 60-68°C) başvurulmaktadır. (Caplice and Fitzgerald 1999; Yılmaz Oral and Kaban 2021). Bu ürünler uygulanan işlemlerden dolayı çiğ ete göre daha az nem ve daha fazla besin maddesi içermektedir (Holck *et al.* 2017).

Ülkemizde yaygın olarak üretilen sucuk da kuru fermente bir sosis çeşididir. Bu ürünün üretiminde hammadde olarak genellikle sığır eti kullanılmaktadır. Yağ olarak ise genellikle et yağı formülasyona dahil edilmektedir (Gökalp vd. 2012).

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğinde sucuk, “Büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan karkas etlerinin ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli koşullarda fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmamış fermente et ürünü” olarak tanımlanmaktadır. Aynı tebliğde bu ürüne ait karakteristik özellikler içinde belirli bazı kriterler yer almaktadır. Buna göre sucukta pH değerinin maksimum 5.4, toplam et proteini oranının en az % 16 ve toplam protein içerisinde

kolajenin oranının ise en fazla %20 olması gerektiği belirtilmektedir. Nem miktarının ise toplam et proteine oranı 2.5'in altında bulunması gerektiği yine bu tebliğde yer almaktadır (Anonim 2019).

Fermente sosislerin kalitesi kullanılan hammaddeye, formülasyona giren bileşenlere ve uygulanan proseslere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu ürünlerde laktik asit bakterileri ile Gram (+)-katalaz (+) koklar teknolojik açıdan önem arz eden iki önemli mikroorganizma grubudur. Laktik asit bakterileri fermentasyon sırasında başta laktik asit olmak üzere ürettikleri organik asitler ile hem ürün güvenliğine hem de ürünün duyuusal özelliklerinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır. Fermente sosislerde mikrobiyatanın önemli bir kısmını Gram(+)-katalaz (+) koklar oluşturmakta ve bu mikroorganizmalar nitratı nitrite indirgeyerek nitrit oluşumu ve sürekliliğine, katalaz enzimi ile peroksitleri parçalayarak oksidasyonun engellenmesi veya geciktirilmesine, proteolitik ve lipolitik özellikleri ile de ürün lezzetinin gelişimine önemli katkılar sunmaktadır (Lücke 1998; Kaban *et al.* 2013; Kaya ve Kaban 2019).

Ülkemizde yaygın bir şekilde üretilen kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucuk üretiminde hem nitrat hem de nitrit kullanımına müsaade edilmektedir (Anonim, 2013). Nitrat kullanılan ürünlerde bu kimyasal bileşiğin etkisini gösterebilmesi için öncelikle nitrite dönüşmesi gerekmektedir (Honikel, 2008; Sebranek *et al.* 2012; Jo *et al.* 2020). Nitritin redüksiyonu sonucu oluşan nitrik oksit myoglobin ile reaksiyona girerek kırmızı renkten sorumlu nitrosomyoglobini oluşturmaktadır. Nitrosomyoglobinin ısıl işlem ile muamelesi sonucu ise tipik parlak kırmızı renk veren nitrosohemokrom oluşmaktadır (Honikel 2008, Gökalp vd 2012). Nitrit, kür edilmiş et ürünlerinde antimikrobiyal aktivite göstererek başta *Clostridium botulinum* olmak üzere *Listeria monocytogenes*, *Clostridium perfringens* ve *Bacillus cereus* gibi gıda kaynaklı patojenlerinin gelişimini de engellemektedir (Cosansu *et al.* 2007; Gökalp vd 2012; Parthasarathy and Bryan 2012).

Kür edilmiş et ürünlerinde nitritin diğer bir fonksiyonu ürüne tipik kür lezzetini kazandırmasıdır. Bu ürünlerin tipik lezzeti kürlenme ajanlarının parçalanma ürünleri ile yağ, protein ve karbonhidrat degradasyon ürünleri arasında gerçekleşen bazı biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonlara dayanmaktadır (Kaya ve Kaban 2019). Ayrıca nitrit otooksidasyonu engelleyerek antioksidan aktivite de göstermektedir (Honikel 2008).

Kür edilmiş et ürünlerinde kullanılan nitrit yukarıda belirtilen fonksiyonlarının yanı sıra nitrozamin oluşumunda da önemli rol oynamaktadır (Sebranek and Bacus 2007). Bir nitrozasyon ajanı ile sekonder aminler arasındaki reaksiyon sonucu oluşan bu bileşikler teratojenik, mutajenik ve karsinojenik özellik göstermektedir (Scanlan 1995; De Mey *et al.* 2014a; Hermann *et al.* 2014). N-nitroso bileşikler grubunda yer alan bu bileşikler uçucu ve

uçucu olmayan nitrozaminler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Uçucu nitrozaminler grubunda N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozomorfolin (NMOR),N-nitrozodibtilamin (NDBA), N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozodi-n-propilamin (NDPA), N-nitrozodibenzilamin (NDBzA) yer almaktadır (Sallan 2018). Diğer bir grup olan uçucu olmayan nitrozamin grubunda ise N-nitrozo-2-(hidroksimetil) tiyazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozohidroksiprolin, N-nitrozotiyazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA), N-nitrozometilanilin (NMA), N-nitrozoprolin, N-nitrozotiyazolidin, N-nitrozodifenilamin (NDPhA), N-nitrozo-5-metilokzazoldin-4-karboksilik asit, N-nitrozookzazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozosarkozin yer almaktadır (Sallan 2018). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı'na (IARC) göre NDMA ve NDEA muhtemel kanserojen NDBA, NPIP, NPYR, NMOR ise potansiyel kanserojen olarak tanımlanmaktadır (IARC 2020).

Nitrozamin oluşumunda et ürünlerine ilave edilen nitritin miktarı da önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır (Belitz *et al.* 2001). Avrupa Birliğinin ilgili ynetmenliklerinde kr edilmiş et ürünlerinde kullanılan nitrit miktarı 150 mg/kg'a kadar düşürülmüştür (Anonymous 2006). Ülkemizde de sucuk üretiminde nitritin 150 mg/kg'a kadar kullanılmasına müsaade edilmektedir (Anonim 2013). Nitrozamin oluşumunda kullanılan nitrit seviyesinin yanı sıra kalıntı nitrit miktarı, üretim aşaması, dekarboksilaz aktivitesine sahip mikroorganizmalar, a_w , pH, baharat (zellikle karabiber), starter kültür, nitrozasyon katalistleri ve inhibitörlerin varlığı gibi faktörlerde etkili olmaktadır (Combet *et al.* 2010; De Mey *et al.* 2014a; Herrmann *et al.* 2015a; Wang *et al.* 2015; De Mey *et al.* 2017; Sallan *et al.* 2019; Sallan *et al.* 2020).

Sucuk, salami, ısıl işlem görmüş sucuk gibi kuru ve yarı kuru fermente sosislerde NDMA, NPIP, NPYR başta olmak üzere pek çok nitrozamin belirlenmiştir. Bu rnlerde NDMA, NPIP ve NPYR en yaygın olarak belirlenen nitrozaminlerdir (Ellen *et al.* 1986; özel *et al.* 2010; Ata 2010; De Mey 2014; De Mey *et al.* 2014a; Hermann *et al.* 2015a; Kaban *et al.* 2022; Kızılkaya *et al.* 2023).

Nitrozaminler kanserojenik, mutajenik ve teratojenik bileşikler olduğundan, nitrat/nitrite alternatif krleme ajanlarının yanı sıra bu tip ürünlerde nitrozamin oluşumunu engellemeye yönelik çalışmalar gün geçtikçe önem kazanmaktadır (Combet *et al.* 2010; De Mey *et al.* 2014a; Herrmann *et al.* 2015a; Wang *et al.* 2015; De Mey *et al.* 2017; Sallan *et al.* 2019; Sallan *et al.* 2020).

Kr edilmiş et ürünlerinin üretiminde yer alan fermentasyon, kurutma ve ısıl işlem gibi prosesler nitrozamin oluşumunda gerekli koşulların sağlanması ve öncül maddelerin oluşumuna

katkıda bulunmaktadır. Fermente sosislerin olgunlaştırılması sırasında gerçekleşen protein ve lipit degradasyon ürünleri nitrozamin oluşumu için iyi bir kaynak olabilmektedir (De Mey *et al.* 2017).

Et ürünlerinde nitrozasyon reaksiyonunun inhibisyonunda askorbik asit, fenolik bileşikler, sülfür bileşikleri, bitki fenoller gibi antioksidanlar ve çeşitli inhibitör maddelerin önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Gray and Dugan, 1975; Sen *et al.* 1976; Kamm *et al.* 1977; Rywotycki 2007; Combet *et al.* 2010; Harmanin *et al.* 2015; Herrmann *et al.* 2015b; Wang *et al.* 2015). Bununla birlikte bazı bileşiklerin aynı zamanda katalist olarak etkili olabileceği belirtilmektedir. Nitekim aşırı nitrit varlığında 4-metilkateşolün dimetilamin ve piperidinin nitrozasyonunu katalizlediği rapor edilmiştir (Douglass *et al.* 1978).

Fermente sosislerde nitrozamin oluşumunu inhibe etmeye yönelik stratejilere verilen önem gün geçtikçe daha da artmaktadır. Bu kapsamda fermente sosislerde nitratça zengin sebze tozlarının alternatif kütleme ajanı olarak kullanımına yönelik araştırmalar yürütülmüş ve sebze tozlarının bu fermente ürünlerin fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerine etkileri incelenmiştir (Deda vd. 2007; Sindelar *et al.* 2007; Eyiler ve Öztan 2011; Horsch *et al.* 2014; Alahakoon *et al.* 2015; Yıldız Turp and Sucu 2016; Shin *et al.* 2017; Kim *et al.* 2019).

Nitrozaminlerin oluşumunda pişirme önemli bir faktör olarak ön plana çıkmaktadır (Honikel 2008, Hermann *et al.* 2015a). Fermente sosisler tüketime hazır et ürünleri olduğundan genellikle herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulmadan tüketilebilmektedir (Hammes 2011). Bununla birlikte ülkemizde üretilen hem sucuk hem de ısıtma işlemi görmüş sucuk tüketim alışkanlıklarından dolayı genellikle tavada kızartma, mangal gibi işlemlere tabi tutularak tüketilmektedir. Sucuk ve ısıtma işlemi görmüş sucuk üzerinde yürütülen araştırmalarda kızartma işleminin her iki ürün tipinde de pişirme yoğunluğuna bağlı olarak nitrozamin seviyesinin çok yüksek seviyelere çıktığı rapor edilmiştir (Sallan *et al.* 2019; Sallan *et al.* 2020). Ayrıca Türkiye piyasasından temin edilen farklı firmalara ait sucuk örnekleri üzerinde yürütülen bir araştırmada da pişirme işleminin nitrozamin oluşumunda önemli bir faktör olduğu ve bu uygulamanın nitrozamin seviyesini artırdığı bildirilmiştir (Kızılkaya *et al.* 2023). Bu nedenle sucuk ve ısıtma işlemi görmüş sucukta nitrozamin seviyesini düşürmeye yönelik araştırmalar büyük önem arz etmektedir. Mevcut bu araştırma, sucuk üretiminde siyah sarımsak kullanımının nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek amacıyla planlanmış ve uygulanmıştır.

Sarımsak, tarih boyunca tıbbi yönü ile öne çıkan bir bitki türüdür (Boonpeng *et al.* 2014). Sarımsak yapısında kuvvetli antioksidan kapasiteye sahip polifenoller, sülfür bileşikleri ve selenyum bulunduran, içerdiği fenolik bileşikler, saponinler ve bazı proteinler sayesinde antimikrobiyal özellik gösteren bir bitki olduğu için insan sağlığı üzerinde olumlu etkilerinin

olduğuna dair birçok araştırma yapılmıştır (Yılmaz Yıldırım 2008; Ağbaş vd 2013). Sucukta sarımsağın (işlenmemiş) veya siyah sarımsağın nitrozamin oluşumuna etkisine yönelik literatürde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Siyah sarımsak, sarımsak başlarının 60-70°C ve %85-90 nispi rutubette, 40 gün süreyle fermentasyona tabi tutulması ile elde edilen bir üründür (Kimura *et al.* 2017). Fermentasyon sayesinde sarımsak başlarında yumuşama, dişlerde tamamen kararma gerçekleşmektedir. Elde edilen siyah sarımsak, kokusuz, elastik yapılı, tatlı, şurubumsu, sirkemsi ve balzamik bir tada sahip olmaktadır (Akan vd 2014).

Siyah sarımsağın üretimi sırasında ısıı işlem uygulaması ile sarımsakların besin değerinde değerim meydana gelmektedir. Örneğin, sarımsakta bulunan ve önemli bir polisakkarit olan fruktan, fermentasyon sürecinde monosakkarit ve disakkaritlere parçalanmaktadır. Böylece glikoz ve fruktoz düzeyinde meydana gelen bir artış ile siyah sarımsakta şekerimsi tat oluşmaktadır (Yuan *et al.* 2018).

Sarımsağın fermentasyonu sırasında antioksidan aktivite artmakta ve aynı zamanda fermentasyon nedeniyle pH değerı de düşmektedir. Bundan dolayı ürünün raf ömrü de uzamaktadır (Chu *et al.* 2007; Choi *et al.* 2014). Ayrıca fermentasyon sırasında oluşan  - glutamil sistein, doğrudan insan metabolizmasında biyolojik, tıbbi etkiye sahip S-allil sisteine dönüşmektedir (Lu *et al.* 2017). Siyah sarımsağın kandaki kolesterolü düşürmesi, kan akışını düzenlemesi, kandaki şeker seviyesini düzenlemesi ve C vitamini ile kandaki glikozun hücrelere emilimini sağlaması gibi pozitif etkileri de söz konusudur (Akan 2014).

Siyah sarımsak, işlenmemiş sarımsağa göre toplam fenolik madde miktarı ve hidroksisınamik asit derivatları açısından oldukça zengindir. Siyah sarımsağın üretimi sırasında gerçekleşen fizikokimyasal özelliklerindeki değerimler, karbonhidratlar, uçucu kükürtlü bileşikler, serbest amino asitler, polifenoller ve diğer antioksidant bileşiklerde meydana gelen modifikasyonlar veya interaksiyonlardan kaynaklanmaktadır. Bu değerimler, siyah sarımsağın biyoaktivitesini önemli ölçüde artırmaktadır (Rios-Rios *et al.* 2019). Fermente sarımsağın zengin sülfürlü bileşik içeriği ile nitrozamin oluşumunda önemli bir inhibisyon etki göstermesi (Shenoy and Choughuley 1992; Choi *et al.* 2007), fermente sarımsağın sucukta kullanımında nitrozamin oluşumunu inhibe etme potansiyelini araştırmada önem arz etmektedir. Taze sarımsağın, siyah sarımsağa dönüşümünde sarımsak başlarında, sıcaklık ve nem kontrollü atmosferde sülfürlü bileşikler enzimatik olarak parçalanmakta ve böylece karakteristik koku da azalmaktadır (Montano *et al.* 2004).

Ülkemizde yaygın bir şekilde üretilen sucuk, kür edilmiş fermente kuru bir et ürünüdür. Bu ürün genellikle pişirilerek tüketildiğinden nitrozamin açısından oldukça risklidir (Sallan *et al.* 2019). Bundan dolayı sucukta nitrozamin oluşumunu engellemeye yönelik alternatif uygulamalar oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada işlenmemiş sarımsak (%1) ve siyah sarımsak farklı oranlarda (%1, %2 ve %3) sucuk hamuruna ilave edilmiş, hazırlanan sucuklar hem olgunlaştırma sonunda hem de farklı pişirme derecelerinden sonra nitrozamin analizine tabi tutulmuştur. Ayrıca sucuk grupları diğer fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri açısından da analize edilmiştir. Elde edilen sonuçlara varyans analizi uygulanmış ve siyah sarımsağın sucukta nitrozamin oluşumuna etkisi ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca siyah sarımsağın ürünün karakteristik özelliklerine etkisi de incelenmiştir.



KURAMSAL TEMELLER

Fermente sosisler tipik tat ve aromaları ile sevilerek tüketilen et ürünleridir (Holck *et al.* 2017). Bu ürünlerin üretiminde kürlenme ajanı olarak ürün tipine bağlı olarak nitrat ve/veya nitrit kürlenme ajanı olarak kullanılmaktadır. Nitrat ve nitritin nitrozamin oluşumundaki etkilerinden dolayı bu ürünler sıklıkla gündeme gelmektedir. Fermente sosisler, dünyada genellikle herhangi bir ısıtılma işlemi tabi tutulmadan tüketilirken bu gruba dahil bir fermente kuru sosis çeşidi olan sucuk ise tüketimden önce pişirme işlemine tabi tutulmaktadır. Bu uygulama ise ürünün nitrozamin içeriğini önemli ölçüde artırabilmektedir (Sallan *et al.* 2019; Kızılkaya *et al.* 2023).

Sucukta nitrozaminlerin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, 21 örneğin 19'unda NDMA tespit edildiği ve hatta 4 örnekte NDMA miktarının 100 µg /kg'dan daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada en yüksek NPYR miktarı ise 200 µg/kg olarak saptanmıştır (Pirinçci vd. 1986).

Türkiye piyasasından temin edilen 10 farklı firmaya ait sucuk örnekleri üzerine yapılan bir çalışmada ortalama kalıntı nitrit miktarının 20 mg/kg, pH değerinin ise 5.4'ün altında olduğu rapor edilmiştir. Örneklerin ortalama a_w değerinin ise 0.937-0.961 arasında değiştiği de tespit edilmiştir. Aynı çalışmada sucuk örneklerinde NDMA, NMEA, NPYR ve NPIP tespit edildiği, NDMA ve NPIP'in en yüksek seviyelerininin sırasıyla 0.81 µg/kg ve 0.95 µg/kg olduğu, firmalar arasında NMEA, NPYR ve NPIP açısından önemli farklılıkların gözlemlendiği ve pişirme yoğunluğunun artmasıyla nitrozamin seviyesinin de artış gösterdiği tespit edilmiştir (Kızılkaya *et al.* 2023).

Yarı kuru fermente sosisler grubunda yer alan ısıtılma işlemi görmüş sucuğun uçucu nitrozamin içerikleri ve nitrozamin seviyesi ile pH, a_w ve kalıntı nitrit arasındaki etkileşimleri belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, Türkiye piyasasında yer alan 10 farklı firmadan üç farklı zamanda alınan toplam 30 ısıtılma işlemi görmüş sucuk örneği incelenmiştir. Analizler neticesinde firmalar arasında NDMA, NPYR ve NPIP açısından firmalar arasında önemli farklılıkların görüldüğü, NDMA ve NPYR içeriklerinin sırasıyla 1,71 ile 3,57 µg/kg ve 1,65 ile 7,29 µg/kg arasında değişim gösterdiği, örneklerin NPIP içeriğinin oldukça yüksek düzeylerde bulunduğu, incelenen tüm örneklerin NDEA ve NDBA içermediği, kalıntı nitrit seviyesinin tüm örneklerde 10 mg/kg'dan daha düşük değerler verdiği rapor edilmiştir. Aynı çalışmada pH ve a_w değerlerinin sırasıyla 0,913 ile 0,940 ve 4.28 ile 5.48 arasında değiştiği, NPIP açısından kalıntı nitrit ve a_w 'nin daha etkili faktörler olduğu, NDMA

ve NPYR açısından ise pH'nın önemli bir parametre olarak dikkat çektiği bildirilmiştir (Kaban *et al.* 2022a).

Sallan *et al.* (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, ısıtılma işlem görmüş sucukta farklı nitrit seviyeleri (0, 50, 100 ve 150 mg/kg sodyum nitrit), askorbik asit kullanımı (0 ve 500 mg/kg sodyum askorbat), starter kültür (*Lactobacillus plantarum* GM77 + *Staphylococcus xylosus* GM92) ve farklı pişirme derecelerinin (az, orta, çok ve çok iyi) nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiştir. Ayrıca nitrit seviyesi askorbik asit kullanımı ve starter kültür faktörlerinin ürünün bazı fizikokimyasal özelliklerine etkileri de incelenmiştir. Analizler sonucunda starter kültür ilavesinin su aktivitesi üzerinde çok önemli, sodyum askorbatın ise önemli derecede etki gösterdiği, starter kültür ve nitrit seviyesinin sucukların TBARS değerini çok önemli derecede etkilediği, starter kültür kullanımının pH değerini düşürdüğü, sodyum askorbat ilavesinin NDMA değerini artırdığı, nitrit seviyesindeki artışa bağlı olarak NDMA'nın daha yüksek değerler verdiği ve pişirme süresi arttıkça nitrozamin seviyesinde önemli artışlar gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Nitrozamin oluşumuna askorbil palmitat, propil gallat, piperazin ve sodyum askorbat'ın etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, incelenen bu bileşiklerden propil gallat, askorbil palmitat ve piperazin'in sodyum askorbata göre nitrozoprolidin oluşumunun engellenmesinde daha etkin rol oynadığı rapor edilmiştir. Ayrıca incelenen katkı maddelerinin nitrozoprolidin'den nitrozoprolidin nitrozamininin oluşumunda inhibitör olarak etki göstermediği de bildirilmiştir (Sen *et al.* 1976).

Bitki polifenoller ve askorbik asidin kuru kür edilmiş sosislerde lipid oksidasyonu, kalıntı nitrit ve N-nitrozamin oluşumuna etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada, olgunlaşmanın belirli günlerinde (0, 7, 14, 21 ve 28. gün) alınan örnekler analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda bitki polifenoller ve askorbik asidin nitrozamin içeriğini önemli ölçüde düşürdüğü, olgunlaştırma süresi ilerledikçe nitrozamin içeriğinin arttığı, polifenoller ile askorbik asidin ürün güvenliğinde önemli rol oynadığı, ancak polifenollerin ürünün pH ve a_w değerleri ile mikrobiyolojik özellikler üzerinde önemli etkilerinin olmadığı belirlenmiştir (Li *et al.* 2013).

Nitrit ilave edilerek üretilen pişirilmiş et ürünleri üzerinde yapılan bir çalışmada, N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozohidroksiprolin (NHPR), N-nitrozoprolin (NPRO), N-nitrozotiazolidin-4-karboksilik asit (NTCA) ve N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA) seviyeleri ile pişmiş domuz sosislerine ilave edilen nitrit seviyesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu, NDMA ve NPYR seviyelerinin LOD değerlerinin altında kaldığı, eritorbik asidin NHPR, NPRO, NPIP ve NTCA oluşumunu inhibe ettiği, askorbil palmitat'ın

eritorbik aside göre daha az inhibitör aktivite gösterdiği ancak bu iki bileşiğin kombinasyonunun inhibisyonunda daha etkili olduğu, karabiber seviyesinin artırılmasının NPIP ve NMTCA seviyelerini artırdığı, artan yağ seviyesi ile trifolifosfat ilavesinin etkilerinin oldukça sınırlı düzeyde kaldığı rapor edilmiştir (Hermann *et al.* 2015a).

Farklı karabiber seviyesi (5, 10, 15 g/kg), sodyum askorbat (568 mg/kg) ve pişirme derecesinin (çiğ, orta, orta iyi ve iyi pişmiş) sucukta nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek için yürütülen bir araştırmada sodyum askorbatın kalıntı nitrit miktarını önemli ölçüde azalttığı, pişirme seviyesinin nitrosodimetilamin (NDMA), nitrosopirrolidin (NPYR) ve nitrosopiperidin (NPIP) içerikleri üzerinde çok önemli etkisinin olduğu, askorbatlı ve askorbatsız sucuk gruplarında pişirme derecesi arttıkça NPIP içeriğinin arttığı, yüksek karabiber seviyesini (15 g/kg) hem çiğ hem de iyi pişmiş örneklerde NPIP içeriğini düşürdüğü, ayrıca askorbat ve 15 g/kg karabiber kombinasyonunun NPYR içeriğinde bir düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Sallan *et al.* 2019).

Kuru kür edilmiş sosis üzerinde yapılan bir çalışmada, haşlama, yağda kızartma, tavada kızartma ve fırında pişirme yöntemlerinin nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen yağda kızartma, tavada kızartma yöntemlerinin haşlama yöntemine göre daha yüksek nitrozamin değerlerini verdiği ve yüksek sıcaklıklarda yapılan pişirme işleminde kalıntı nitrit seviyesinin daha önemli bir faktör olduğu rapor edilmiştir (Li *et al.* 2012).

Danimarka ve Belçika piyasasından temin edilen et ürünleri nitrozamin seviyesini ve pişirmenin etkisini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada, pişirmenin NPIP seviyesinde bir artışa sebep olduğu ve belirlenen diğer nitrozaminlerin (NPRO, NDMA, NPYR, NDEA) seviyelerinin ürünün tipine ve pişirme yoğunluğuna bağlı bir değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Aynı araştırmada ısıtma işleminin N-nitrosothiazolidine-4-karboksilik asit (NTCA) ve N-nitroso-2-metiltiazolidin 4-karboksilik asit (NMTCA) seviyelerinde önemli derecede azalmaya neden olduğu da rapor edilmiştir (Herrmann *et al.* 2015b).

Yerel *Lactobacillus pentosus* R3 suşunun kuru fermente sosislerde nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek için yürütülen bir çalışmada, suşun mevcudiyetinde amin ve nitrit içeriklerinin düştüğü, arzu edilmeyen mikroorganizmaların inhibisyonunda bu yerel suşun önemli derecede etki gösterdiği ve düşük pH ve a_w 'den dolayı nitrozamin oluşumunun azaldığı rapor edilmiştir. Sonuç olarak da bu suşun ürün güvenliğine önemli katkısı olduğundan starter kültür olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Xiao *et al.* 2018).

Kuru fermente sosislerde piperidin, sodyum nitrit, kadaverin ve askorbatın NPIP oluşumuna etkisini saptamak üzere yapılan bir çalışmada piperin'in NPIP oluşumunun etkisinin

sınırlı olduğu ve kadaverinin nitrozamin oluşumunda önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir. Bu araştırmada kalıntı nitrit miktarı ile pH değerinin de nitrozamin oluşumu açısından önemli faktörler olmadığı ve askorbatın nitrozamin oluşumunu inhibe etme etkisinin üretimin ilk aşamasında görüldüğü de bildirilmiştir (De Mey *et al.* 2014a).

Nitrozamin oluşumunda hidroksiprolidin, prolidin ve prolinin etkilerini belirlemek için yürütülen bir çalışmada, prolin ve prolidin NPYR oluşumunda önemli rol oynadığı, nitrozamin oluşumunda yüksek sıcaklık ile yüksek nitrit seviyelerinin önemli faktörler olduğu bildirilmiştir (Drabik-Markiewicz *et al.* 2010).

Model sistemde nitrozamin oluşumuna yönelik yapılan bir çalışmada tuz ve askorbatın NDEA ve NDMA üzerinde inhibitör etki gösterdiği, nitrit varlığında tuz ve askorbatın etkilerinin zayıf olduğu ve pastörizasyon işleminin her iki nitrozamin üzerinde de inhibitör etki gösterdiği belirlenmiştir (Rywotycski 2002).

Sucuk üzerinde yürütülen bir araştırmada, farklı katkı maddelerinin (sodyum nitrit, α - tokoferol, potasyum sorbat) iyon değerleri ile nitrozaminler ve biyojen aminlerin birbirleri ile olan ilişkileri yüzey yanıt metodu kullanılarak incelenmiştir. Yapılan analizler neticesinde iyon değerleri (NO_3^- , NO_2^-), biyojen aminler (sipermin, tiramin, putresin) ve bazı nitrozaminler (NDMA, NDBA, NMOR, NDPeA, NPIP, NDEA) arasında etkileşim görüldüğü ve potasyum sorbat seviyesine bağlı olarak NDEA seviyesinin arttığı rapor edilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada sodyum nitrit ile potasyum sorbat oranları arttıkça aralarındaki etkileşimden dolayı NDPA seviyesinin azaldığı, bazı biyojen aminlerin nitrozamin oluşumunda önemli rol oynadığı, alfa tokoferol ve potasyum sorbatın kalıntı nitrit miktarında önemli düşüşe neden olduğu ve bundan dolayı nitrozamin seviyesinde azalma görüldüğü de bildirilmiştir (Bıçakçı 2021).

Park and Kim (2009) tarafından emülsifiye et ürünleri üzerinde yapılan bir çalışmada sosislerde sarımsak ve soğan sularının antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda sarımsak veya soğan suyu kullanımının antioksidan ve antimikrobiyal açıdan önemli sonuçlar verdiği ve nitrit seviyesinde önemli azalmaların gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Yıldız Turp ve Sucu (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, %0,2, %0,3 ve %0,4 oranlarında sucuğa katılan kerevizin ürün üzerine etkileri incelenmiş ve sucukta lipid oksidasyonunun 150 mg/kg sodyum nitrit ve %0,2 kereviz tozu içeren örneklerde daha yavaş olduğu bildirilmiştir.

Bozkurt and Erkmen (2004) tarafından geleneksel bir Türk et ürünü olan sucuk üzerine yapılan bir çalışmada, nitrat ve nitritin ürünün kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri üzerine etkileri 15 günlük olgunlaştırma ve 45 günlük depolama süresince incelenmiştir. Olgunlaştırmanın ilk 8 gününde toplam aerobik mezofilik bakteri ile maya ve küf sayılarının artış gösterdiği, depolama sırasında ise bu mikroorganizma gruplarının sayısında azalma olduğu, artan nitrat ve nitrit seviyesine bağlı olarak duyusal parametre puanlarında artış gözlemlendiği, kalıntı nitrit seviyesinin olgunlaşmanın ilk 8 gününde önemli ölçüde azaldığı ve olgunlaşmanın ilk 12 gününde heme pigmentlerin nitrozomiyoglobine dönüşümünün daha hızlı gerçekleştiği rapor edilmiştir.

Piliç sosis üzerinde yürütülen bir araştırmada sarımsak yağı, sarımsak tozu ve taze sarımsak kullanılarak üretilen ürünlerin soğukta muhafaza sırasında bu katkı maddelerinin antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Analizler neticesinde taze sarımsak ve sarımsak tozunun antioksidan ve antimikrobiyal etkileri ile et ürünlerinin muhafazası açısından potansiyel katkıları olduğu rapor edilmiştir (Sallam *et al.* 2004).

MATERYAL ve METOT

Materyal

Araştırmada hammadde olarak yerel bir kasaptan kesimden sonra +4°C’ de iki gün muhafaza edilen sığır karkaslarından elde edilen et ve et yağı kullanılmıştır. Araştırma 3 kez tekrar edildiğinden her bir deneme üretimi için 3 farklı sığır karkasından alınan et ve et yağı kullanılmıştır. Sığır eti fazla yağları uzaklaştırıldıktan sonra küçük parçalara doğranmış, vakum uygulanarak ambalajlanmış ve kullanılıncaya kadar -18°C’ye kadar muhafaza edilmiştir. Et yağı da dilimler halinde doğrandıktan sonra ambalajlanmış ve -18°C’de muhafaza edilmiştir.

Sucuk üretiminde kullanılan tuz, baharat ve sakkaroz, Erzurum piyasasından temin edilmiştir. Kürleme ajanı olarak sodyum nitrit kullanılmış ve yerel bir firmadan sağlanmıştır. Beyaz ve siyah sarımsak ise Orhan Reis Tarımsal Ürünler AŞ.(Taşkörü/ Kastamonu) temin edilmiştir. Sucuk hamurlarına starter kültür olarak Kaya vd. (2015) tarafından izole ve identifiye edilen *Lactobacillus sakei* S15 ve Kaban and Kaya (2008) tarafından geleneksel sucuktan izole/identifiye edilen *Staphylococcus xylosus* GM92 suşu kullanılmıştır. Sucuk hamuruna *L.sakei* S15 suşu 10^7 kob/g, *S. xylosus* GM92 suşu 10^6 kob/g oranında ilave edilmiştir.

Metot

Sucuk üretimi

Sucuk üretiminde 1 kg et + yağ karışımı (800 g yağsız et+ 200 g et yağı) için 20 g tuz, 7 g kırmızı biber, 9 g kimyon, 5 g karabiber, 2.5 g yenibahar, 4 g sakkaroz ve 0.15 g sodyum nitrit formülasyona dahil edilmiştir (Kaya ve Gökalp 2004). Tuz (NaCl) oranı ise %2 olarak alınmıştır.

Taze işlenmemiş sarımsak (%1) ve 3 farklı oranda (%1, %2 ve %3) fermente edilmiş-siyah sarımsak esas alınarak 3 farklı hammadde ile toplam 12 parti sucuk hamuru hazırlanmıştır. Sucuk hamurları (her bir grup 4 kg) laboratuvar tipi kuterde (MADO, Schwarzwald) yavaş hızda hazırlanmış ve laboratuvar tipi pistonlu doldurucu (MADO, Schwarzwald) kullanılarak suni bağırsaklara (Naturin Darm, 38 mm) 200 ± 10 gr olacak şekilde doldurulmuştur. Suni bağırsaklar kullanılmadan önce ılık su içerisinde ısıtılmıştır. Hazırlanan sucuklar 4 saatlik dengeleme işleminden sonra sıcaklık, bağıl nem ve hava akımı otomatik olarak kontrol edilebilen klima ünitesine (Reich, Germany) alınmıştır. Klima ünitesinde 1. gün 24 ± 1 °C’de ve $\%90 \pm 2$ bağıl nemde, 2. gün 18 ± 1 °C’de ve $\%90 \pm 2$ bağıl nemde , 3., 4., ve 5. günlerde 16 ± 1 °C’de ve $\%86 \pm 2$ bağıl nemde, 6. ve 7. günler ise 16 ± 1 °C’de ve $\%84 \pm 2$ bağıl

nemde olacak şekilde olgunlaştırma programı uygulanmıştır. Hava cereyanı ise olgunlaştırmanın ilk 3 günü 0.5 m/s olarak alınmış, daha sonraki günlerde ise kademeli olarak 0.1 m/s'ye kadar düşürülmüştür.

Sucukların pişirilmesi

Üretimden sonra her bir muamele grubuna ait sucuklar pişirme işleminden önce 0.5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlenmiş sucuklar 180°C'lik yüzey sıcaklığına sahip ısıtıcı plakta pişirme işlemine tabi tutulmuştur. Pişirme süresi olarak 1 ve 3 dk seviyeleri uygulanmıştır. Bir dk'lık pişirme süresinde her bir yüzey 0.5 dk süreyle pişirilmiştir. Üç dk'lık pişirme süresinde ise her bir yüzey 1.5 dk süreyle pişirilmiştir. Pişirilmeyen gruplar ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Çiğ ve pişmiş örnekler homojen hale getirildikten sonra cam kavanozlarda -18°C'de muhafaza edilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler

Her bir muamele grubuna ait sucuklardan 25 g analiz numunesi steril stomacher torbasına tartılmış ve 225 mL steril fizyolojik tuzlu su ile Stomacher'de (Lab Stomacher Blander 400 – BA 7021) homojenize edilmiştir. Bu şekilde elde edilen homojenizat kullanılarak fizyolojik tuzlu su ile dilüsyonlar hazırlanmış ve aşağıda verilen analizler yapılmıştır.

Laktik asit bakteri sayımı

Her bir muamele grubuna ait çiğ sucukların laktik asit bakteri sayısını belirlemek için MRS (De Man Ragosa Sharpe Agar) (Merck) agar besiyeri içeren petri plaklarına yüzeye yayma tekniğiyle ekim yapılmış ve plaklar, 30°C'de 2 gün süre ile anaerobik şartlarda (Anaerocoult A) inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra katalaz (-) koloniler dikkate alınarak laktik asit bakteri sayısı belirlenmiştir. Sonuçlar log kob/g olarak verilmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

***Micrococcus* / *Staphylococcus* sayımı**

Micrococcus/*Staphylococcus* sayımında MSA (Mannitol Salt Red) (Merck) Agar besiyeri kullanılmıştır. Yüzeye yayma tekniği ile yapılan ekimden sonra petri plakları 30°C'de 2 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyondan sonra sayım ve değerlendirme (katalaz + kok) yapılarak sayı belirlenmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

Enterobacteriaceae sayımı

Enterobacteriaceae sayımı için VRBD (Violet Red Bile Dextrose) (Merck) Agar besiyeri içeren petri plakları kullanılmıştır. Petri plakları yüzeye yayma yöntemiyle ekim

yapıldıktan sonra 30°C’de 2 gün süreyle anaerobik koşullarda (Anaerocoult A) inkübe edilmiştir (Gökalp vd. 2015).

Fiziko-Kimyasal Analizler

pH analizi

Çiğ sucuk örneklerinin pH değerini belirlemek için 10 g analiz numunesi tartıldıktan sonra üzerine 100 ml saf su ilave edilmiş ve ultra-turrax kullanılarak karışım homojen hale getirilmiştir. Elde edilen homojenizatın pH değeri, pH-metre (Mettler Toledo, İsviçre) kullanılarak belirlenmiştir (Gökalp vd. 2012).

Su aktivitesi (a_w) analizi

Çiğ örneklerin a_w değerleri su aktivitesi cihazı (Novasina AG CH-8853, İsviçre) kullanılarak saptanmıştır. Cihaz kullanılmadan önce 6 farklı tuz çözeltisi ile 25°C’ de kalibrasyon işlemine tabi tutulmuştur.

L^* , a^* ve b^* değerlerinin belirlenmesi

Çiğ sucuk örneklerinin kesit yüzey renk yoğunlukları (L^* , a^* ve b^*), kolorimetre (CR-400 Konika Minolta, Japonya) cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS) analizi

TBARS analizi için Lemon (1975) tarafından belirtilen yöntem uygulanmıştır. Sonuçlar mg malondialdehit/kg olarak verilmiştir.

Kalıntı nitrit analizi

Örneklerin kalıntı nitrit analizinde kromatografik yöntem ile HPLC/DAD kullanılarak belirlenmiştir. Sonuçlar mg/kg olarak ifade edilmiştir (NKML, 165).

Nitrozamin analizi

Nitrozamin analizi için Wang *et al.* (2015) tarafından verilen metot uygulanmıştır. Homojen örnekten 10 g analiz numunesi santrifüj tüpüne aktarılmış ve NaOH çözeltisi ilave edildikten sonra homojenizasyon gerçekleştirilmiştir. Homojenizata metanol eklendikten sonra santrifüj (4°C’de 10.000 rpm) edilmiştir. Konsantre etme işleminden sonra cam mikrofiberle (Whatman GF, UK) filtrasyon yapılmış ve ekstrakta %20’lik NaCl çözeltisinden ilave edilerek ChemElut kolonuna (Agilent ChemElut, USA) aktarılmıştır. Bu işlemi mütabiken diklorometan ilave edilmiş ve Kuderna Danish düzeneği ile 1 mL’ye kadar konsantre edilmiştir. Konsantrat 40°C’de azot (N-EVAPTTM) altında evapore edilmiştir.

Nitrozaminler, GC/MS kullanılarak belirlenmiştir. Sistemde helyum taşıyıcı gaz olarak, DB-5MS (30m x 0.25 mm x 0.25 µm, Agilent) kolon olarak kullanılmıştır. Tanımlama SIM modunda gerçekleştirilmiştir. Fırın sıcaklığı 50°C’de 2 dk bekletildikten sonra 3°C/dk hızla 100°C’ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 5 dk bekletilmiştir. Bu işlemten sonra sıcaklık 20°C/dk hızla 250°C’ye çıkarılmıştır. Tanımlamada nitrozamin standardından (EPA 521 Nitrosamine Mix, Supelco, Bellefonte PA USA) yararlanılmış ve nitrozamin seviyeleri (NDMA, NDEA, NDBA, NPIP, NPYR) µg/kg olarak tespit edilmiştir.

Duyusal analiz

Çiğ sucukların duysal özelliklerini belirlemek için hedonik tip skala (1-9) kullanılmıştır. Duyusal panelde 20 eğitilmiş panelist değerlendirme yapmıştır. Duyusal değerlendirmede renk, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik parametreleri esas alınmıştır.

İstatistiki analiz

Araştırmada 4 muamele (kontrol-%1 taze işlenmemiş sarımsak, %1, %2 ve %3 fermente sarımsak) ve 3 tekerrür (blok) esas alınmıştır. Denemeler şansa bağlı tam bloklar deneme desenine göre kurulup yürütülmüştür. Nitrozamin analizinde pişirme faktörü de (çiğ, 1 dk ve 3dk) dikkate alınmış ve deneme 3x4 faktöriyel düzende şansa bağlı tam bloklar deneme planına göre yürütülmüştür. Sonuçlar iki yönlü ANOVA analizine tabi tutulmuştur. Önemli bulunan parametrelere ait ortalamalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Laktik asit bakteri sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların laktik asit bakteri sayıları (log kob/g) Tablo 1’de verilmiştir. Muamele gruplarında sayının 8,30-8,73 log kob/g arasında değiştiği gözlemlenmiştir. En yüksek laktik asit bakteri sayısı % 1BS kontrol grubunda (%1 BS) en düşük sayı ise %3 SS varlığında tespit edilmiştir. Tablo 1’de verilen sonuçlardan da görüldüğü üzere tüm muamele grupları her üç denemede de son üründe 1×10^8 kob/g üzerinde bir değer vermiştir. Bununla birlikte en düşük ve en yüksek değerler arasında 0,5 logaritmik birim civarında bir farklılık söz konusu olmuştur.

Tablo 1. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	8,69	8,62	8,71
	8,64	8,56	8,73
%1 SS	8,56	8,55	8,46
	8,59	8,61	8,60
%2 SS	8,62	8,49	8,41
	8,56	8,58	8,29
%3 SS	8,30	8,30	8,33
	8,46	8,40	8,36

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların laktik asit bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 2’ de verilmiştir. Sucukta beyaz (%1) ve farklı oranlarda siyah sarımsak (%1, %2 ve %3) kullanımı sucuğun laktik asit bakteri sayısında çok önemli düzeyde etki göstermiştir ($P<0,01$).

Tablo 2. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,096	15,142**
Blok	2	0,009	1,404
Hata	18	0,006	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların laktik asit bakteri sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 3’ de verilmiştir. Buna göre ortalamalar arasında çok önemli bir farklılık söz konusudur. En yüksek ortalama laktik asit bakteri sayısı % 1BS (kontrol) grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsak oranının %1 ve %2 olduğu gruplarda ise sayıda önemli bir farklılık gözlenmemiştir. En düşük ortalama laktik asit bakteri sayısı ise %3 SS grubu vermiştir (Tablo 3). Bu sonuçların siyah sarımsağın daha fazla antimikrobiyal aktivitesinden ileri geldiği düşünülmektedir (Afzaal *et al.* 2021). Bununla birlikte %3 SS seviyesinde bile arzu edilen düzeyde bir laktik asit bakteri sayısı söz konusu olmuştur. Sucuk ve benzeri fermente ürünlerde laktik asit bakterileri fermentasyon için önem arz eden mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmaların sebep olduğu asitleşme hem ürün güvenliği hem de ürünün bazı duyusal özelliklerinin gelişimi için elzemdir. Laktik asit bakterileri geleneksel üretimde spontan olarak fermente sosis hamurlarında bulunabildiği gibi starter kültür olarak da ilave edilmektedir. Burada en önemli husus bu mikroorganizmaların gelişimi için gerekli ortamların oluşturulmasıdır. Tuz miktarı, şeker oranı, kürlenme ajanının tipi ve miktarı, fermentasyon başlangıç sıcaklığı gibi faktörler bu mikroorganizmaların gelişiminde önemli rol oynamaktadır (Lücke 1998; Gökalp vd 2015; Kaban *et al.* 2012). Mevcut bu araştırmada yerel bir suş olan *Lactobacillus sakei* S15 starter kültür olarak sucuk hamurlarına ilave edilmiştir. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere bu suş 24°C başlangıç fermentasyon sıcaklığında sucuk ortamında iyi bir adaptasyon göstermiş ve son üründe canlılığını önemli ölçüde korumuştur. Starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakteri suşlarının sucuk ortamına iyi bir adaptasyon gösterdiği ve sayının 10⁸ kob/g civarında olduğu daha önce yürütülen araştırmalarda da rapor edilmiştir (Gençcelep *et al.* 2007; Kaban and Kaya 2009; Kamiloğlu *et al.* 2019; Kaban *et al.* 2022b).

Tablo 3. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Laktik Asit Bakteri Sayısı (log kob/g)
% 1BS (kontrol)	6	8,66±0,06a
%1 SS	6	8,56±0,05b
%2 SS	6	8,49±0,12b
%3 SS	6	8,36±0,12c

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Micrococcus/Staphylococcus sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (log kob/g) Tablo 4’ de verilmiştir. *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı 4,00-5,81 log kob/g arasında değişmiştir.

Tablo 4. Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (log kob/g)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	5,65	5,63	5,72
	5,81	5,64	5,76
%1 SS	5,08	4,86	5,15
	5,18	5,08	5,11
%2 SS	4,75	4,51	4,65
	4,93	4,46	4,90
%3 SS	4,52	4,00	4,36
	4,48	4,48	4,30

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 5’ de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı muamele ana varyasyon kaynağından çok önemli (P<0,01) düzeyde etkilenmiştir.

Tablo 5. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	1,991	134,485**
Blok	2	0,102	6,889**
Hata	18	0,015	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 6’ da verilmiştir. En yüksek ortalama *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı kontrol grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplarda ise siyah sarımsak oranı arttıkça *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı düşüş göstermiş, gruplar arasındaki farklılıklarda istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur. Mikrokok ve stafilokoklar fermente sosislerde fermentasyon aşamasındaki asitleşmenin hızından ve derecesinden önemli ölçüde etkilemektedir (Lücke 1998). Bu mikroorganizmaların tipik özelliklerinden biri katalaz aktivitesi göstermesidir. Et endüstrisinde *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve *Kocuria varians* fermente sosislerde starter kültür olarak kullanılmaktadır. Bu türlerin katalaz aktivitelerinin yanı sıra nitrat redüktaz aktivitesine sahip olmaları teknolojik açıdan oldukça önemlidir. Bu mikroorganizmaların diğer önemli bir özelliği ise lipolitik ve proteolitik aktivite göstererek ürün aromasının gelişimine katkıda bulunmasıdır (Lücke 1995; Lücke 1998; Lücke 2000; Montel *et al.* 1998). Ancak bu mikroorganizmalar fermentasyon ortamında ya çok az gelişmekte veya hiç gelişme göstermemektedir. Bundan dolayı starter kültür olarak kullanılan suşlar fermente sosis hamurlarına en az 10^6 kob/g düzeyinde ilave edilmektedir (Lücke 1985). Bu araştırmada da starter kültür olarak *Staphylococcus xylosus* kullanılmış ve sucuk hamuruna 10^6 kob/g oranında ilave edilmiştir. Son üründe sayı 10^4 kob/g düzeyine kadar düşmüştür. Buna karşın bu suşun kullanıldığı diğer bazı araştırmalarda son üründe *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı 1×10^6 kob/g’ın üzerinde bulunmuştur (Kaban and Kaya 2009). Sucukta yapılan diğer bazı çalışmalarda da *S. carnosus* suşlarının son üründe yüksek seviyelerde kaldığı rapor edilmiştir (Kaban and Kaya 2009b; Kaban *et al.* 2022b). Mevcut bu araştırmada son üründe *Micrococcus/Staphylococcus* sayısının düşük çıkması, 24°C’lik başlangıç fermentasyon sıcaklığında pH’nın hızlı bir şekilde düştüğünü göstermektedir. Siyah sarımsak içeren gruplarda daha düşük sayıların belirlenmesi ise siyah sarımsağın pH değerinin düşük olması ve bu fermente ürünün beyaz sarımsağa göre daha fazla fermente olabilir şeker içermesinden dolayı hızlı pH düşüşüne katkıda bulunmasından ileri geldiği düşünülmektedir. Ayrıca bu sonuçta siyah sarımsağın antimikrobiyal aktivitesinin yüksek olmasının da etkili olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 6. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayısı (log kob/g)
% 1BS (kontrol)	6	5,70±0,07a
%1 SS	6	5,08±0,11b
%2 SS	6	4,70±0,20c
%3 SS	6	4,36±0,19d

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Enterobacteriaceae sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) Tablo 7’ de verilmiştir. Tüm muamele gruplarında Enterobacteriaceae sayısı 10^2 log kob/g’den daha az bulunmuştur. Diğer araştırmalarda da benzer sonuçlar belirlenmiştir (Gençcelep *et al.* 2007; Kaya and Kaban 2009a; Kaya and Kaban 2009b; Kaban *et al.* 2022b). Lücke (1985) ise nitrit ve şeker varlığı ile 20-24°C’lik fermantasyon sıcaklığında hızlı pH düşüşünden dolayı bu familyaya giren mikroorganizmaların sayısının hızlı bir şekilde düştüğünü rapor etmiştir.

Tablo 7. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Enterobacteriaceae Sayıları (log kob/g)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
%1 SS	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
%2 SS	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
% 3 SS	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2

Fiziko-Kimyasal Analizler

pH

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların pH Değerleri Tablo 8’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en yüksek pH değerini % 1BS grubu, en düşük pH değeri ise %3 SS grubu vermiştir. Türk Gıda Kodeksi, Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği’ne göre ise sucuk, “pH değerinin en yüksek 5,4 olması gerektiği” belirtilmiştir (Anonim 2019). Mevcut bu çalışmada elde edilen sonuçlar tebliğe uygunluk göstermektedir.

Tablo 8. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerleri

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	4,82	4,79	4,81
	4,83	4,77	4,84
%1 SS	4,77	4,72	4,84
	4,78	4,73	4,83
%2 SS	4,69	4,68	4,73
	4,68	4,67	4,74
%3 SS	4,68	4,70	4,66
	4,67	4,68	4,66

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Ana varyasyon kaynağı olan muamelenin pH değeri üzerinde çok önemli bir etkisinin olduğu ($P<0,01$) belirlenmiştir.

Tablo 9. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,025	35,345**
Blok	2	0,004	6,133**
Hata	18	0,001	
Genel	24		

** $P<0,01$

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 10’ da verilmiştir. Tablo 10’ dan da görüldüğü üzere % 1BS (kontrol) ile %1 SS örneği arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Siyah sarımsak oranı %2 ile %3 olan gruplara ait pH değerleri arasında da önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($P>0,05$). Bu sonuçlara göre siyah sarımsağın %2 veya %3 oranında kullanılması durumunda pH değerinde istatistiki açıdan önemli bir düşüş söz konusu olmaktadır. Fermente ürünlerde spontan ya da starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri ortamdaki şekerleri parçalayarak laktik asit oluşturmakta ve böylece pH’yı düşürmektedir. Bu araştırmada uygulanan 24°C’lik başlangıç fermantasyon sıcaklığı her üç denemede de pH değerinde önemli düşüşlere sebep olmuştur. Bununla birlikte siyah sarımsak içeren gruplarda pH daha fazla düşüş göstermiştir. Bu gruplarda laktik asit bakteri sayısı beyaz sarımsak içeren kontrol grubuna göre 0,5 logaritmik birim civarında daha düşük seviyede bulunmuştur. Ancak sayı kontrol grubunda olduğu gibi 1×10^8 kob/g’ın üzerinde bulunmuştur. SS içeren gruplarda pH değerinin daha düşük olmasının siyah sarımsaktaki fermente olabilir şeker oranının yüksek olmasından ileri geldiği düşünülmektedir.

Tablo 10. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	pH
% 1BS (kontrol)	6	4,81±0,03a
%1 SS	6	4,78±0,05a
%2 SS	6	4,70±0,03b
%3 SS	6	4,68±0,02b

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

Su aktivitesi (a_w)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların a_w değerleri Tablo 11’de verilmiştir. Buna göre en düşük değer 0,898, en yüksek değer ise 0,907 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 11. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	0,907	0,904	0,910
	0,910	0,909	0,912
%1 SS	0,904	0,905	0,909
	0,902	0,909	0,906
%2 SS	0,909	0,901	0,896
	0,909	0,899	0,898
%3 SS	0,899	0,900	0,907
	0,901	0,898	0,909

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların a_w değerleri ait varyans analiz sonuçları Tablo 12’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre muamele a_w değerleri üzerinde önemli derecede ($P<0,05$) etki göstermiştir.

Tablo 12. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	5,982E-005	3,483*
Blok	2	1,617E-005	0,941
Hata	18	1,718E-005	
Genel	24		

* $P<0,05$

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların a_w değerleri ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13’de verilmiştir. Tablo 13’den de görüldüğü üzere en düşük ortalama a_w değeri %1BS içeren grupta belirlenmiştir. Bu gruba ait ortalama değer %1SS grubuna ait ortalama değerden istatistiki olarak bir farklılık göstermemiştir. Siyah sarımsağın % 2 ve %3 oranında kullanıldığı sonuçlarda ise aynı a_w değeri tespit edilmiştir.

Tablo 13. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a_w Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	a_w
% 1BS (kontrol)	6	0,909±0,003a
%1 SS	6	0,906±0,003ab
%2 SS	6	0,902±0,006b
%3 SS	6	0,902±0,005b

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

TBARS

Et ürünlerinde lipit oksidasyonunun göstergesi olan TBARS değeri, deneme sucuklarında önemli farklılıklar göstermiştir. Tablo 14’de verilen sonuçlardan da görüldüğü üzere her üç denemede de %3SS seviyesinde belirgin artışlar tespit edilmiştir. Kontrol grubunda TBARS değeri 0,48-0,68 mg MDA/kg arasında değişim göstermiştir. Siyah sarımsak oranının %3 olduğu grupta ise TBARS değeri 1,50 mg MDA/kg düzeyine kadar çıkmıştır. Tablo 14’de verilen sonuçlara göre siyah sarımsak oranı arttıkça TBARS değeri artmaktadır.

Tablo 14. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri (mg MDA/kg)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	0,58	0,60	0,48
	0,65	0,68	0,49
%1 SS	0,73	0,75	0,75
	0,75	0,74	0,65
%2 SS	0,99	0,87	0,77
	1,01	0,80	0,85
%3 SS	1,50	1,38	0,96
	1,41	1,47	0,90

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların TBARS değerleri ait varyans analiz sonuçları Tablo 15’ de verilmiştir. Buna göre muamele sucuğun TBARS değeri üzerinde $P<0,01$ seviyesinde etkili olmuştur.

Tablo 15. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,528	42,143**
Blok	2	0,111	8,832**
Hata	18	0,013	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların TBARS değerleri ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Çizelge 16’de verilmiştir. Siyah sarımsak kullanımı TBARS değerini artırmıştır. Siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucuk grupları arasında da istatistiki olarak belirgin farklılıklar söz konusu olmuştur. En yüksek TBARS değeri %3 SS grubunda, en düşük TBARS değeri kontrol grubunda tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre %3 oranında siyah sarımsak kullanımı sucukta lipid oksidasyonunu önemli ölçüde artırmış ve TBARS değeri taze et ürünleri için önerilen maksimum limitin (1 mg MDA/kg) üzerinde bulunmuştur (McKenna *et al.* 2005). Bu grup aşağıda verilen duyu analizi sonuçlarından da görüleceği üzere tat açısından ortalama değerlerin altında bir puanla değerlendirilmiştir (Tablo 27).

Tablo 16. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların TBARS Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	TBARS (mg MDA/kg)
% 1BS (kontrol)	6	0,58±0,08d
%1 SS	6	0,73±0,04c
%2 SS	6	0,88±0,10b
%3 SS	6	1,27±0,27a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Kalıntı Nitrit

Sucukta yaygın olarak kullanılan kürlenme ajanı nitrittir. Mevcut bu araştırmada da sucuk hamurlarına 150 mg/kg düzeyinde sodyum nitrit ilave edilmiştir. Tablo 17’de verilen sonuçlardan da görüldüğü üzere kalıntı nitrit değeri 20,20- 27,00 mg/kg arasında değişmiştir. Nitrit çok fonksiyonlu bir kürlenme ajanı olup karakteristik kür renginin oluşumu, oksidasyonun engellenmesi ve kür lezzetinin oluşumunda önemli rol oynamaktadır. Bu ajanın diğer bir özelliği antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasıdır (Honikel 2008). Ancak nitrit, nitrozamin oluşumunda da önemli rol oynamaktadır (Hermann *et al.* 2015; Sallan 2018; Sallan *et al.* 2019).

Tablo 17. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri (mg/kg)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	26,60	24,60	20,20
	26,80	24,60	20,40
%1 SS	26,80	26,20	23,00
	27,00	26,00	22,60
%2 SS	23,40	20,20	22,80
	23,60	19,60	22,40
%3 SS	24,60	20,60	21,00
	24,80	20,80	21,00

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların kalıntı nitrit değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 18’de verilmiştir. Buna göre kalıntı nitrit değeri üzerinde ana varyasyon kaynağı olan muamele çok önemli ($P<0,01$) derecede etki göstermiştir.

Tablo 18. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	14,478	7,252**
Blok	2	29,952	15,002**
Hata	18	1,996	
Genel	24		

** $P<0,01$

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların kalıntı nitrit değerleri ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 19’ da verilmiştir. Bu sonuçlara göre kontrol grubu ile %1 SS grubuna ait ortalama kalıntı nitrit değerleri arasında istatistiki bir farklılık gözlenmemiştir. Buna karşın %2 ve %3 seviyeleri kalıntı nitrit miktarını düşürmüştür. Bununla birlikte bu iki seviyeye ait ortalama değerler arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık olmamıştır. Kür edilmiş et ürünlerinde kalıntı nitrit üzerinde etkili olan en önemli faktörlerden biri fermentasyon sırasındaki pH düşüşüdür. Fermentasyonda pH düştükçe kalıntı nitrit seviyesi de önemli ölçüde düşmektedir (Honikel 2008). Kalıntı nitritin düşük seviyelerde olması kür edilmiş et ürünlerinde nitrozamin oluşumu açısından büyük önem arz etmektedir (Belitz *et al.* 2001).

Tablo 19. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Kalıntı Nitrit (mg/kg)
% 1BS (kontrol)	6	23,87±2,92a
%1 SS	6	25,27±1,95a
%2 SS	6	22,00±1,69b
%3 SS	6	22,13±1,99b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

L*, a*, b* değerleri

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların L*, a* ve b* değerleri sırasıyla Tablo 20, 21 ve 22’de verilmiştir. L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 23’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarına göre muamele faktörü L* ve a*değerleri üzerinde çok önemli (P<0,01), b* değeri üzerinde ise önemli (P<0,05) etki göstermiştir.

Tablo 20. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L* Değerleri

Blok	%1 BS	%1 SS	%2 SS	%3 SS
1	49,19	47,88	44,26	45,07
1	48,94	44,80	47,80	43,50
1	49,71	44,60	47,51	41,89
1	52,16	41,77	47,95	45,15
1	51,01	41,96	48,77	40,43
1	51,64	44,57	47,56	43,75
2	54,12	48,30	47,64	44,74
2	48,45	46,90	45,33	40,92
2	49,15	49,90	47,15	43,67
2	48,33	50,67	42,77	40,55
2	47,87	45,53	46,97	44,24
2	50,86	49,49	44,75	44,14
3	43,25	46,09	46,02	46,89
3	43,54	46,61	46,70	47,98
3	46,59	45,64	43,76	47,15
3	44,20	44,60	47,08	44,14
3	47,71	47,88	45,44	45,36
3	43,02	43,55	41,42	45,82

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 21. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların a* Değerleri

Blok	%1 BS	%1 SS	%2 SS	%3 SS
1	13,12	15,08	12,71	13,58
1	14,10	14,98	12,87	13,06
1	14,42	14,02	12,61	12,92
1	12,44	15,32	11,91	12,54
1	13,53	15,34	13,20	13,57
1	12,53	15,40	12,99	13,84
2	14,02	16,81	14,72	12,98
2	14,96	14,57	15,75	15,07
2	15,38	14,77	12,85	14,24
2	14,06	14,69	15,77	15,56
2	14,94	15,37	14,48	13,55
2	14,00	13,65	14,08	15,42
3	16,97	14,48	13,18	13,69
3	17,14	15,18	14,39	13,53
3	16,70	13,78	13,68	13,42
3	16,95	15,73	13,37	13,50
3	15,94	13,97	13,98	14,81
3	16,96	15,43	15,12	13,08

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 22. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların b* Değerleri

Blok	%1 BS	%1 SS	%2 SS	%3 SS
1	11,82	13,02	12,91	14,98
1	14,48	12,83	12,93	15,82
1	12,97	14,10	12,53	16,98
1	12,44	11,99	13,79	14,60
1	13,28	14,37	13,76	13,84
1	12,63	14,44	12,55	13,21
2	12,89	11,15	12,32	12,97
2	11,28	13,06	15,34	13,75
2	13,48	11,81	12,90	12,61
2	13,14	12,78	14,97	13,89
2	12,78	14,19	13,07	12,34
2	12,46	13,18	15,12	16,50
3	13,96	12,89	11,75	12,09
3	13,83	14,66	12,00	13,20
3	14,13	11,79	11,23	13,48
3	14,51	15,02	12,81	14,94
3	13,07	11,94	13,49	14,14
3	13,53	12,40	13,30	14,04

Tablo 23. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

L*			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	51,357	8,252**
Blok	2	11,076	1,780
Hata	66	6,223	
Genel	72		
a*			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	7,679	7,734**
Blok	2	10,430	10,505**
Hata	66	0,993	
Genel	72		
b*			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	4,040	3,091*
Blok	2	0,930	0,711
Hata	66	1,307	
Genel	72		

**P<0,01, *P>0,05

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların L* a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Tablo 24’de verilmiştir. Buna göre bir gıda ürününün parlaklığı hakkında bilgi veren L* değeri %3 SS seviyesinde önemli ölçüde düşüş göstermiştir. En yüksek L* değeri ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsak oranının %1 ve %2 olduğu gruplarda ise L* değeri kontrole göre düşüş göstermiştir. Bu iki seviyeye ait ortalamalar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir.

Kırmızı renk yoğunluğunun değerlendirilmesinde kullanılan a* değeri açısından kontrol grubu ile %1 SS grubu arasından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Buna karşın %2 ve %3 seviyesinde a* değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Ancak bu düşüş seviyeye bağımlılık arz etmemiştir. Sucuğun a* değerinin siyah sarımsak kullanımından etkilenmesinin siyah sarımsağın üretimi sırasında gerçekleşen Maillard reaksiyonu ürünleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir (Zhang *et al.* 2015).

Deneme sucukları arasında en yüksek b* değerinin %3 SS grubu vermiştir. Diğer gruplar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

Tablo 24. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	L*	a*	b*
% 1BS (kontrol)	18	48,32±3,20a	14,90±1,58a	13,15±0,87b
%1 SS	18	46,15±2,55b	14,92±0,78a	13,09±1,14b
%2 SS	18	46,05±2,00b	13,76±1,10b	13,15±1,13b
%3 SS	18	44,19±2,18c	13,79±0,88b	14,08±1,37a

a-c: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Duyusal Analiz Sonuçları

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların duyusal analiz sonuçları Tablo 25’de verilmiştir. Kontrol grubu duyusal parametreler açısından genellikle yüksek puanlarla değerlendirilmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplarda ise kontrole göre daha düşük puanlar gözlemlenmiştir. Deneme sucuklarının duyusal parametrelerine ait değerlerin varyans analiz sonuçları Tablo 26’da verilmiştir. Buna göre muamele, renk değeri üzerinde önemli etki göstermemiştir (P>0,05). Tat, koku ve genel kabul edilebilirlik parametreleri ise muameleden çok önemli (P<0,01) düzeyde etkilemiştir. Ayrıca muamele faktörü tekstür üzerinde de P<0,05 düzeyinde etkili olmuştur.

Tablo 25. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Analiz Sonuçları

Grup	Blok	Renk	Tat	Koku	Tekstür	Genel kabul edilebilirlik
% 1BS (kontrol)	1	7,60	7,00	7,05	7,15	7,20
	2	7,90	7,00	6,95	7,65	7,15
	3	7,85	7,50	7,30	7,90	7,70
%1 SS	1	7,40	6,30	7,15	7,05	6,90
	2	7,80	6,60	7,30	7,10	7,35
	3	7,75	6,45	6,75	7,15	6,90
%2 SS	1	7,75	6,15	6,95	7,30	6,75
	2	7,60	6,25	6,95	6,95	6,80
	3	7,35	6,25	6,90	6,70	6,65
%3 SS	1	7,40	5,75	6,45	6,70	6,15
	2	7,50	5,55	6,30	6,75	6,00
	3	7,50	5,75	6,20	6,20	6,05

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 26. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Renk			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,054	1,776
Blok	2	0,026	0,872
Hata	6	0,030	
Genel	12		
Tat			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	1,136	40,184**
Blok	2	0,038	1,334
Hata	6	0,028	
Genel	12		
Koku			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,401	10,361**
Blok	2	0,014	0,361
Hata	6	0,039	
Genel	12		
Tekstür			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,524	4,973*
Blok	2	0,016	0,148
Hata	6	0,105	
Genel	12		
Genel kabul edilebilirlik			
Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,907	16,579**
Blok	2	0,007	0,137
Hata	6	0,055	
Genel	12		

**P<0,01, *P<0,05

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların duyusal değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 27’ de verilmiştir. Renk parametresi açısından gruplar arasında önemli bir farklılık tespit edilmemiştir. Tat açısından ise %1BS ve %1SS grupları arasında önemli bir farklılık gözlenmezken, %2 SS ve %3 SS gruplarında tat puanları düşmüştür. En düşük ortalama değer % 3SS grubunda tespit edilmiştir

(Tablo 27). Bu sonuçlar %2 ve daha yüksek seviyede SS kullanımının ürünün tadını olumsuz yönde etkilediğini göstermektedir. Siyah sarımsak kullanımının yukarıda verilen TBARS sonuçlarından da görüleceği üzere %1 seviyesi TBARS değerini artırmıştır. Ancak bu artış tat puanında önemli bir değişikliğe sebep olmamıştır. Siyah sarımsağın %2 ve %3 seviyelerinde tespit edilen TBARS değerleri daha yüksek bulunmuş ve dolayısıyla tat puanları da oldukça düşük çıkmıştır.

Duyusal analizde koku açısından en düşük puan %3 SS grubunda tespit edilmiştir. Diğer gruplar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Tablo 27) ($P>0,05$). Bu sonuç %3 SS uygulamasının koku açısından da uygun olmadığını göstermektedir. Tekstür açısından da gruplar arasında farklılıklar gözlemlenmiştir. Kontrol grubu, %3 SS grubuna göre daha yüksek tekstür puanı almıştır. SS içeren gruplara ait ortalamalar arasında ise istatistiki açıdan önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Tablo 27). Genel kabul edilebilirlik parametresi açısından ise en yüksek ortalama puanı kontrol grubu almıştır. Siyah sarımsağın %1 oranında kullanıldığı grubun ortalama puanı ise kontrol grubuna ait ortalama puandan istatistiki olarak farklılık göstermemiştir. Siyah sarımsak oranının %1 ve %2 olduğu gruplar arasında da istatistiki açıdan önemli bir farklılık tespit edilmemiştir ($P>0,05$). Bu duyusal parametre açısından en düşük ortalama puan %3 SS grubunda gözlemlenmiştir.

Yukarıda yapılan açıklamalardan da anlaşılacağı üzere siyah sarımsağın %2 ve %3 seviyelerinin ürünün duyusal özelliklerinde genellikle olumsuz etki göstermiştir. Bundan dolayı sucuk üretiminde siyah sarımsak oranının kontrol grubunda olduğu gibi %1 seviyesini geçmemesi gerekmektedir.

Tablo 27. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların Duyusal Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Duyusal Parametre	N	Muamele			
		%1 BS	%1 SS	%2 SS	%3 SS
Renk	3	7,78±0,16a	7,65±0,22a	7,57±0,20a	7,47±0,06a
Tat	3	7,17±0,29a	6,45±0,15a	6,22±0,06b	5,68±0,12c
Koku	3	7,10±0,18a	7,07±0,28a	6,93±0,03a	6,32±0,13b
Tekstür	3	7,57±0,38a	7,10±0,05ab	6,98±0,30ab	6,55±0,30b
Genel kabul edilebilirlik	3	7,35±0,30a	7,05±0,26ab	6,73±0,08b	6,07±0,08c

a-c: Aynı satırda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$).

Nitrozaminler

Nitrozamin analizi hem çiğ hem de farklı süreler (1 ve 3 dk) pişirilen muamele gruplarında gerçekleştirilmiştir. Örneklerde NDMA, NDEA ve NPIP olmak üzere üç

nitrozamin belirlenmiştir. NDBA, NPYR ve NMEA tüm muamele gruplarında saptanabilir sınırın altında değerler vermiştir. Muamele gruplarının çiğ ve pişmiş örneklerine ait aşağıda NDMA, NDEA ve NPIP ayrı başlıklar altında incelenmiştir.

N-Nitrozodimetilamin (NDMA)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların NDMA içerikleri ($\mu\text{g/kg}$) Tablo 28’de verilmiştir. Çiğ örneklerde en düşük ortalama NDMA içeriği 0,86 ($\mu\text{g/kg}$) ile kontrol grubunda tespit edilmiştir. Diğer muamele gruplarının (%1 SS, %2 SS ve %3) çiğ örneklerinde ise NDMA seviyesi 0,77 ile 1,98 $\mu\text{g/kg}$ arasında değişmektedir. Pişirme işleminde ise süre arttıkça her dört muamele grubunda da NDMA içeriği artış göstermiştir.

Tablo 28. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçerikleri ($\mu\text{g/kg}$)

Muamele	Blok	Pişirme süresi (dak)		
		0	1	3
% 1BS (kontrol)	1	0,89	1,32	2,07
		1,03	1,47	2,68
	2	0,99	1,51	1,88
		1,10	1,53	1,91
	3	0,86	0,92	1,85
		0,90	1,23	2,25
%1 SS	1	0,87	1,83	2,95
		1,32	1,66	2,26
	2	0,72	1,27	2,34
		0,96	0,98	2,1
	3	1,07	1,28	2,19
		1,11	1,30	1,73
%2 SS	1	1,56	2,09	1,98
		1,28	2,24	2,55
	2	1,98	1,91	2,70
		1,67	1,83	2,07
	3	1,28	2,08	2,35
		1,51	1,44	2,78
%3 SS	1	1,92	2,24	2,56
		1,88	1,98	2,16
	2	1,74	1,34	2,54
		1,07	1,43	2,15
	3	1,87	2,21	2,86
		1,34	2,71	3,01

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların NDMA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 29’ da verilmiştir. Buna göre muamele, NDMA içeriği üzerinde çok önemli ($P<0,01$) derecede etki göstermiştir. Diğer bir ana varyasyon kaynağı olan pişirme süresi de yine çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkili olmuştur. Buna karşın NDMA içeriği üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonunun önemli bir etkisi gözlenmemiştir ($P>0,05$) (Tablo 29).

Tablo 29. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	3	1,546	15,874**
Piştirme süresi (PS)	2	6,692	68,719**
Blok	2	0,268	2,752
M x PS	6	0,070	0,722
Hata	58	0,097	
Genel	72		

** $P<0,01$

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların NDMA içeriklerine ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma test sonuçları Tablo 30’da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere en düşük değer kontrol grubunda belirlenmiştir. Bu gruba ait ortalama değer %1 SS içeren gruba ait ortalama değerde istatistiki olarak bir farklılık göstermemiştir. Buna karşın %2 ve %3 SS seviyelerinde daha yüksek ortalama değerler belirlenmiştir. Bununla birlikte bu seviyelere ait ortalamalar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu sonuçlara göre kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucukta %2 SS ve %3 SS seviyeleri NDMA içeriğinde artışa neden olmaktadır. Bu sonucun siyah sarımsakta fermentasyon sonucu oluşan bazı bileşiklerin NDMA oluşumunda katalist etki göstermesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Sucuk gibi kompleks bir ortamda siyah sarımsağın nitrozamin oluşumuna etkisine yönelik literatürde de herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bununla birlikte model sistemde yürütülen araştırmalarda nitrozamin oluşumunda inhibitör etki gösteren bileşiklerin gıda ortamlarında farklı sonuçlar verebileceği belirtilmektedir (Combet *et al.* 2010; De Mey *et al.* 2014b). Ayrıca fenolik bileşiklerin yapılarına, reaksiyon koşullarına ve özellikle de pH’ya bağlı olarak N-nitrozasyon hızını azalttığı ve artırdığı belirtilmektedir (Shenoy and Choughuley 1989).

Tablo 30. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NDMA($\mu\text{g/kg}$)
% 1BS (kontrol)	18	1,47 $\pm$ 0,54b
%1 SS	18	1,55 $\pm$ 0,62b
%2 SS	18	1,96 $\pm$ 0,45a
%3 SS	18	2,06 $\pm$ 0,55a

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

Farklı süreler pişirilen sucukların NDMA içeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 31’ de verilmiştir. Tablo 31’ den de görüldüğü üzere ortalama NDMA değeri çiğ örnekte 1,29 $\pm$ 0,39 $\mu\text{g/kg}$, pişirme işleminin 1 dk ve 3 dk uygulandığı örneklerde ise sırasıyla 1,66 $\pm$ 0,41 $\mu\text{g/kg}$ ve 2,33 $\pm$ 0,37 $\mu\text{g/kg}$ olarak belirlenmiştir. Her 3 ortalama değerinde istatistiki olarak birbirinden anlamlı bir farklılık göstermiştir. NDMA fermente sosislerde yaygın olarak bulunan bir nitrozamindir (Pirinçci *et al.* 1986; Ata 2010; Özel *et al.* 2010; Hermann *et al.* 2015a). Kızılkaya *et al.* (2023) tarafından yapılan araştırmada sucuk örneklerinde en yüksek NDMA içeriği 0,81 $\mu\text{g/kg}$ olarak tespit edilmiştir. Pirinçci vd. (1986) ve Ata (2010) daha yüksek değerler tespit etmişlerdir. Hermann *et al.* (2015a) da fermente sosislerde 7,2 $\mu\text{g/kg}$ düzeyinde rapor etmişlerdir. Diğer taraftan mevcut bu çalışmada olduğu gibi NDMA’ nın pişirme yoğunluğu arttıkça arttığı diğer araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (Yurchenko and Mölder 2007; Sallan 2018; Sallan *et al.* 2019; Kızılkaya *et al.* 2023).

Tablo 31. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDMA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Piştirme süresi (dak)	N	NDMA ($\mu\text{g/kg}$)
0	24	1,29 $\pm$ 0,39c
1	24	1,66 $\pm$ 0,41b
3	24	2,33 $\pm$ 0,37a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

N-nitrozodietilamin (NDEA)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak farklı süreler pişirilen sucukların NDEA içerikleri ($\mu\text{g/kg}$) Tablo 32’de verilmiştir. Sucuk örneklerinde (çiğ) NDEA içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Bir veya üç dakikalık pişirme sonucunda ise örneklerin NDEA içeriklerinde artış meydana gelmiştir. Kontrol grubunda NDEA içeriği bir ve üç dk’lık pişirme sonucunda sırasıyla 1,17- 1,87 $\mu\text{g/kg}$ ve 1,75-2,12 $\mu\text{g/kg}$ arasında değişmiştir. Siyah sarımsak içeren muamele gruplarında da pişirme sırasında benzer değişimler gözlemlenmiştir (Tablo 32).

Tablo 32. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDEA İçerikleri (ug/kg)

Muamele	Blok	Pişirme süresi (dak)		
		0	1	3
% 1BS (kontrol)	1	<LOD	1,87	1,81
		<LOD	1,59	2,11
	2	<LOD	1,55	2,12
		<LOD	1,70	1,85
	3	<LOD	1,17	2,05
		<LOD	1,24	1,75
%1 SS	1	<LOD	1,24	1,81
		<LOD	1,07	1,64
	2	<LOD	1,72	1,76
		<LOD	1,36	1,88
	3	<LOD	1,28	1,95
		<LOD	1,21	1,77
%2 SS	1	<LOD	1,57	2,16
		<LOD	1,47	2,34
	2	<LOD	1,39	1,22
		<LOD	1,73	1,39
	3	<LOD	1,43	1,86
		<LOD	1,93	1,90
%3 SS	1	<LOD	1,56	1,36
		<LOD	1,37	1,79
	2	<LOD	1,26	1,44
		<LOD	1,75	1,54
	3	<LOD	1,77	1,64
		<LOD	1,50	2,14

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak, <LOD :istatistikte 0 olarak alınmıştır.

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen sucukların NDEA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 33’de verilmiştir. Tablo 33’den de görüldüğü üzere pişirme süresi faktörü NDEA değeri üzerinde çok önemli ($P < 0,01$) düzeyde etkili olmuştur. Muamele faktörünün ise sucuğun NDEA içeriği üzerinde önemli bir etkisi görülmemiştir ($P > 0,05$). NDEA içeriği üzerinde muamele x pişirme süresi interaksyonunun da önemli bir etkisi saptanmamıştır ($P > 0,05$) (Tablo 33).

Tablo 33. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	3	0,057	1,298
Piştirme süresi (PS)	2	22,269	510,982**
Blok	2	0,015	0,335
M x PS	6	0,059	1,361
Hata	58	0,044	
Genel	72		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen sucukların NDEA içerikleri ait ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma test sonuçları Tablo 34’de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere muamele grupları arasında NDEA içeriği açısından önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Çiğ örneklerde NDEA içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Benzer sonuç ısıtma işlem görmüş sucuk (Kaban *et al.* 2022a) ve sucuk (Kızılkaya *et al.* 2023) üzerinde yapılan araştırmalarda da tespit edilmiştir. Buna karşın Özel *et al.* (2010) sucukta NDEA’ nın 0,10 ile 0,µg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Tablo 34. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NDEA(µg/kg)
% 1BS (kontrol)	18	1,16±0,88a
%1 SS	18	1,04±0,79a
%2 SS	18	1,13±0,87a
%3 SS	18	1,06±0,80a

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

Farklı süreler pişirilen sucukların NDEA İçeriklerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 35’de verilmiştir. Tablo 35’den de görüldüğü üzere NDEA değeri piştirme süresine bağlı olarak artış göstermiştir. Çiğ sosis üzerinde yapılan bir araştırmada da kızartma işleminin NDEA içeriğini artırdığı rapor edilmiştir (Li *et al.* 2012). Rywotycki (2002) tarafından da benzer sonuçlar tespit edilmiştir.

Tablo 35. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NDEA İçeriklerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Piştirme süresi (dak)	N	NDEA (µg/kg)
0	24	0,00±0,00c
1	24	1,49±0,24b
3	24	1,80±0,28a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05)

N-Nitrozopiperidin (NPIP)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen sucukların NPIP içerikleri (ug/kg) Tablo 36’ da verilmiştir. Kontrol grubunun çiğ örneklerinde NPIP içeriği 1,96-2,39 µg/kg arasında değişim göstermiştir. Siyah sarımsağın %1 oranında ilave edildiği grupta ise NPIP içeriği 1,36-2,72 µg/kg arasında değişmiştir. Siyah sarımsak oranının %2 ve %3 olduğu gruplarda ise daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Pişirme sırasında ise özellikle %2 SS ve %3 SS olmak üzere tüm gruplarda artışlar saptanmıştır (Tablo 36).

Tablo 36. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP İçerikleri (ug/kg)

Muamele	Blok	Pişirme süresi (dak)		
		0	1	3
% 1BS (kontrol)	1	2,15	4,88	7,05
		2,24	4,28	7,51
	2	2,39	4,35	7,79
		1,96	4,52	8,29
	3	2,08	4,04	8,51
		2,18	4,21	8,68
%1 SS	1	2,24	3,86	8,96
		2,77	3,9	8,33
	2	2,29	3,74	8,59
		2,38	4,39	8,43
	3	1,45	4,13	7,62
		1,36	4,81	7,34
%2 SS	1	2,38	4,26	10,08
		2,08	4,46	10,36
	2	2,26	4,19	10,41
		2,18	4,23	10,68
	3	2,85	4,71	10,99
		2,94	3,93	10,32
%3 SS	1	2,9	4,39	10,13
		2,33	4,88	10,41
	2	2,64	4,54	14,12
		2,47	4,11	13,77
	3	2,7	4,2	11,96
		2,45	4,61	11,78

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen sucukların NPIP içeriklerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 37’de verilmiştir. Ana varyasyon kaynakları muamele ve pişirme süresi sucuğun NPIP içeriği üzerinde çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etkili olmuştur. Muamele x pişirme süresi interaksiyonunun da NPIP üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etki gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 37).

Tablo 37. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP İçeriklerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele (M)	3	10,102	27,578**
Piştirme süresi (PS)	2	346,805	946,742**
Blok	2	0,660	1,803
M x PS	6	6,388	17,438**
Hata	58	0,366	
Genel	72		

** $P<0,01$

Beyaz ve siyah sarımsak kullanımının sucukların NPIP içeriklerine ait ortalamaların karşılaştırma test sonuçları Tablo 38’de verilmiştir. En yüksek ortalama NPIP içeriği $6,36\pm4,30$ $\mu\text{g/kg}$ olarak %3 SS grubunda saptanmış ve bu ortalama değer, diğer muamele gruplarına ait ortalama değerlerden istatistiki açıdan farklılık ($P<0,05$) göstermiştir. En düşük ortalama değer ise $4,81\pm2,67$ $\mu\text{g/kg}$ ile %1 SS grubunda belirlenmiştir. Ancak bu gruba ait ortalama değer ile %1 SS grubuna ait ortalama değer arasında istatistiki olarak bir farklılık söz konusu olmamıştır. Bu sonuçlara göre sucuk üretiminde %2 ve %3 siyah sarımsak kullanımı NPIP değerini önemli ölçüde artırmaktadır. Sucukta baharat olarak kullanılan karabiber NPIP’ in en önemli kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Karabiberde bulunan piperin ve piperidin NPIP’ in önemli öncül maddeleridir (De Mey *et al.* 2017). Nitekim Ata (2010) sucukta $3,07$ $\mu\text{g/kg}$ düzeyinde NPIP tespit etmiştir. Özel *et al.* (2010) sucukta NPIP seviyesinin $0,16$ - $2,71$ $\mu\text{g/kg}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kızılkaya *et al.* (2023) tarafından yapılan çalışmada ise sucukta maksimum NPIP içeriği $0,95$ $\mu\text{g/kg}$ olarak tespit edilmiştir. Mevcut bu çalışmada çiğ örneklerde daha yüksek bir ortalama değer bulunmuştur. Bu sonucun sucuğun 7 gün süre ile olgunlaştırılması sırasında cereyan eden biyokimyasal değişimler sonucu oluşan öncül maddelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Siyah sarımsak oranının %2 ve %3 olduğu gruplardaki yüksek NPIP seviyelerinin ise siyah sarımsakta bulunan bazı bileşiklerin NPIP oluşumunda katalist etki göstermesinden ileri geldiği tahmin edilmektedir (Shenoy and Choughuley 1989).

Tablo 38. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Sucukların NPIP İçerikleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NPIP($\mu\text{g/kg}$)
% 1BS (kontrol)	18	4,84 $\pm$ 2,49c
%1 SS	18	4,81 $\pm$ 2,67c
%2 SS	18	5,74 $\pm$ 3,54b
%3 SS	18	6,36 $\pm$ 4,30a

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

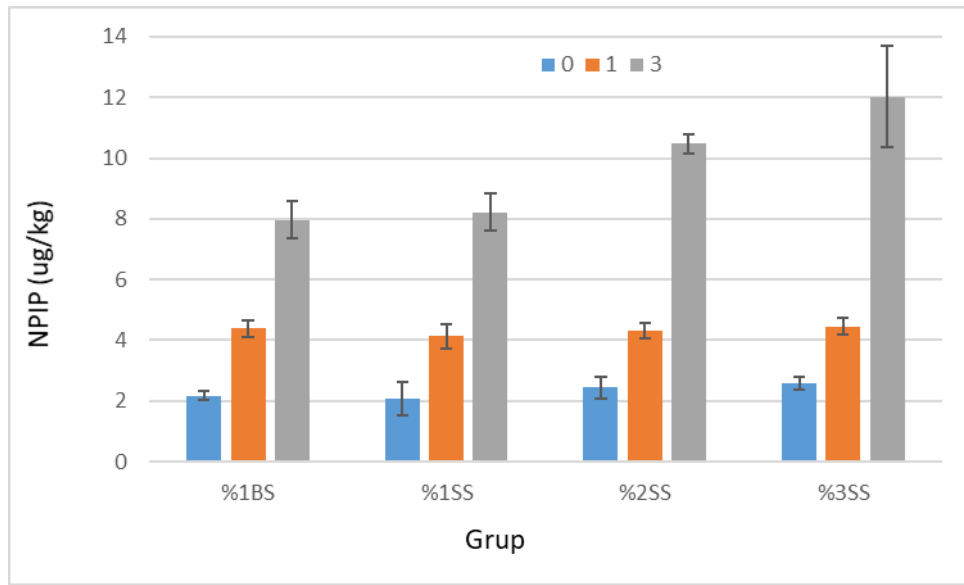
Farklı süreler pişirilen sucukların NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 39’da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere pişirme süresi arttıkça sucukta NPIP içeriği artmıştır. Çiğ örneklerde ortalama 2,32 $\pm$ 0,39 $\mu\text{g/kg}$ olarak belirlenen NPIP değeri, bir ve üç dakikalık pişirme sonucunda sırasıyla 4,32 $\pm$ 0,32 ve 9,67 $\pm$ 1,93 $\mu\text{g/kg}$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre pişirme işlemi sucukta NPIP değerinde çok önemli artışlara sebep olmaktadır. Sucukta pişirme süresi veya pişirme derecesi arttıkça NPIP içeriğinin arttığı diğer araştırmalarda da rapor edilmiştir (Sallan *et al.* 2019; Kızılkaya *et al.* 2023).

Tablo 39. Farklı Süreler Pişirilen Sucukların NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi (dak)	N	NPIP ($\mu\text{g/kg}$)
0	24	2,32 $\pm$ 0,39c
1	24	4,32 $\pm$ 0,32b
3	24	9,67 $\pm$ 1,93a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$)

Sucuğun NPIP içeriği üzerinde çok önemli ($P<0,01$) etkisi saptanan muamele x pişirme süresi interaksyonu Şekil 1’de verilmiştir. Tüm muamele gruplarında pişirme süresi arttıkça NPIP içeriği artmıştır. Bununla birlikte üç dakikalık pişirme süresinde %2 SS ve %3 SS gruplarında artışlar daha fazla olmuştur. Bu sonuç üç dakikalık pişirme süresince siyah sarımsaktaki bazı bileşiklerin NPIP oluşumunda daha etkili olduğunu göstermektedir.



Şekil 1. Muamele x pişirme süresi interaksyonunun NPIP içeriği üzerine etkisi

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sucuk ülkemizde üretilen yegane kuru fermente sosis çeşidi olup, fermentasyon ve kurutma uygulanarak olgunlaştırılmaktadır. Olgunlaştırma süresi uygulanan başlangıç fermentasyon sıcaklığına ve kurutma koşullarına bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir. Bununla birlikte ilgili yönetmelik gereği nem/protein oranının 2,5'in altında olması gerekmektedir. Son üründe pH'nın ise 5,4'ü geçmemesi gerekmektedir. Sucuk formülasyonunda karabiber, kırmızı biber ve kimyon başta olmak üzere pek çok baharat yer almaktadır. Sucuk formülasyonunun tipik diğer bir bileşeni sarımsak olup genellikle %1 civarında kullanılmaktadır. Bu üründe kürlenme ajanı olarak ise hem nitrat hem de nitritin kullanımına ilgili yönetmelik müsaade etmektedir. Kür edilmiş bir et ürünü olan sucuk uygulanan işlemler nedeniyle tüketime hazır bir et ürünüdür. Bununla birlikte ülkemizde bu ürün yaygın bir şekilde pişirilerek tüketilmektedir. Pişirme işleminin yoğunluğuna bağlı olarak bu üründe önemli düzeylerde nitrozamin oluşabildiği daha önce yapılan araştırmalarda ortaya koyulmuştur. Bu nedenle sucukta nitrozamin oluşumunu engellemeye yönelik uygulamalar büyük önem arz etmektedir. Mevcut bu çalışma pek çok bileşik açısından zengin olan siyah sarımsağın sucukta nitrozamin oluşumunda inhibitör olarak etkili olup olmayacağını belirlemek amacıyla planlanmış ve uygulanmıştır. Araştırmada üç farklı siyah sarımsak oranı (%1, %2 ve %3) esas alınarak sucuk hamurları hazırlanmış, dolumdan sonra sucuklar 24°C'lik başlangıç fermentasyon sıcaklığının yer aldığı bir olgunlaştırma programı ile kontrollü şartlarda fermente edilmiş ve kurutulmuştur. Beyaz sarımsak (%1) kullanılarak üretilen sucuk grubu ise kontrol olarak araştırmaya dahil edilmiştir. Üretimden sonra her bir muamele grubuna ait örnekler fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabi tutulmuştur. Bunun yanı sıra nitrozamin oluşumuna pişirmenin etkisini belirlemek amacıyla deneme sucukları dilimlenmiş ve kuru sıcaklıkta farklı süreler (1 veya 3 dk) pişirilerek nitrozamin analizine tabi tutulmuştur. Elde edilen araştırma verileri istatistiki analizlerle değerlendirilmiş ve tartışılmıştır. Bu değerlendirme ve tartışmalar neticesinde varılan genel sonuç ve öneriler ise aşağıda verilmiştir;

1. Sucuk mikrobiyotasını oluşturan iki temel mikroorganizma grubu laktik asit bakterileri ve Gram (+) katalaz (+) koklardır. Bu araştırmada laktik starter kültür olarak *Lactobacillus sakei* S15 yerel suşu kullanılmıştır. Bu suş 24°C'lik başlangıç fermentasyon sıcaklığında tüm muamele gruplarında iyi bir gelişme göstererek pH değerini düşürmüştür. Son üründe tüm muamele gruplarında laktik asit bakteri

sayısı 1×10^8 kob/g' ın üzerinde bulunmuştur. Siyah sarımsak içeren gruplar biraz daha düşük laktik asit bakteri sayısı vermesine rağmen pH değerlerinde ürün özelliklerini etkileyecek düzeyde farklılıklar gözlemlenmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplarda laktik asit bakteri sayısının biraz daha düşük olmasının siyah sarımsağın antimikrobiyal içeriğinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. Bununla birlikte fermentasyon süresince siyah sarımsağın laktik asit bakterilerinin gelişimine etkisine yönelik araştırmalara ihtiyaç vardır.

2. Katalaz ve nitrat redüktaz aktiviteleri ile proteolitik ve lipolitik özelliklerinden dolayı *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve *Kocuria varians* fermente sosislerde starter kültür olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise *Staphylococcus xylosus* GM92 yerel suşu starter kültür olarak kullanılmıştır. Bu yerel suş sucuk hamuruna 10^6 kob/g düzeyinde ilave edilmiştir. Son üründe ise *Micrococcus/ Staphylococcus* sayısı 10^5 - 10^4 kob/g düzeyinde belirlenmiştir. Bu mikroorganizmalar aside hassas olduklarından fermentasyon sırasındaki aşırı asitleşme gelişimlerini önemli ölçüde etkilemektedir.
3. Fermente sosislerde Enterobacteriaceae üyelerinin sayısı olgunlaştırma süresi ilerledikçe düşük pH ve azalan a_w değeri nedeniyle düşüş göstermektedir. Bu araştırmada da tüm muamele gruplarında Enterobacteriaceae sayısı saptanabilir sınırın altında bulunmuştur.
4. Sucuk üretiminde siyah sarımsağın %2 veya %3 oranında kullanılması durumunda son üründe pH değeri diğer gruplara göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç muhtemelen siyah sarımsaktaki fermente olabilir şeker oranının yüksek olmasından ileri gelmektedir. Siyah sarımsak a_w değerinde de farklılıklara sebep olmuştur. Kontrol grubu ile %1 SS grubu, %2 ve %3 SS gruplarından daha yüksek ortalama a_w değeri vermiştir.
5. Siyah sarımsak kullanımı TBARS değerinde önemli bir artışa sebep olmuştur. Bu fermente ürünün %3 seviyesinde kullanılması durumunda 1 mg MDA/kg'dan daha yüksek bir TBARS değeri tespit edilmiştir. Buna karşın hem %2 SS hem de %3 SS grupları daha düşük kalıntı nitrit değeri vermiştir.
6. Parlaklığı ifade eden L^* değeri %3 SS grubunda önemli ölçüde düşüş göstermiştir. En yüksek L^* değeri ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Kırmızı renk yoğunluğu hakkında bilgi veren a^* değeri açısından ise %1 kontrol grubu ile %1 SS grubu arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Buna karşın %2 ve %3 seviyesinde a^* değerinde düşüş gözlemlenmiştir. Deneme sucukları arasında en yüksek b^*

değerinin %3 SS grubu vermiştir. Diğer gruplar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık belirlenmemiştir.

7. Siyah sarımsağın %2 ve %3 seviyeleri, ürünün duyu özelliklerinde genellikle olumsuz etki göstermiştir. Bundan dolayı sucuk üretiminde siyah sarımsağın da %1 oranında kullanılması gerektiği kanaatine varılmıştır.
8. NDMA açısından kontrol grubu ile %1 SS içeren grup arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık saptanmamıştır. Buna karşın %2 ve %3 SS seviyelerinde daha yüksek ortalama değerler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucukta %2 SS ve %3 SS seviyeleri NDMA içeriğinde artışa neden olmaktadır. Bu sonucun siyah sarımsakta fermentasyon sonucunun oluşan bazı bileşiklerin NDMA oluşumunda katalist etki göstermesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Diğer taraftan pişirme süresi arttıkça sucuğun NDMA içeriği de artmıştır.
9. Pişirilmemiş muamele gruplarında NDEA içeriği saptanabilir sınırın altında bulunmuştur. Pişirme süresi faktörü ise NDEA üzerinde etkili olmuş ve süre arttıkça NDEA içeriğini artmıştır.
10. Fermente sosislere yaygın olarak bulunan bir nitrozamin olan NPIP, %2 ve %3 SS seviyelerinde önemli ölçüde artış göstermiştir. Siyah sarımsak oranının %2 ve %3 olduğu gruplarda yüksek NPIP seviyelerinin ise siyah sarımsakta bulunan bazı bileşiklerin NPIP oluşumunda katalist etki göstermesinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. Pişirme süresi arttıkça NPIP içeriği de artmıştır ve bu artış özellikle %3 seviyesinde daha fazla olmuştur.

Sonuç olarak sucuk üretiminde %2 ve %3 seviyelerinde siyah sarımsak kullanımının genellikle duyu özellikleri olumsuz yönde etkilediği, renk değerlerinde farklılıklara neden olduğu, siyah sarımsak kullanımının NDEA içeriğini etkilemediği, buna karşın %2 ve %3 oranında siyah sarımsak kullanımının NDMA ile NPIP içeriğini artırdığı ve pişirmenin nitrozamin oluşumunda çok önemli bir faktör olduğu belirlenmiş ve belirlenen bu sonuçlardan dolayı %2 ve %3 SS oranlarının sucuk için uygun olmadığı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Afzaal, M., Saeed, F., Rasheed, R., Hussain, M., Aamir, M., Hussain, S., Mohamed, A., Alamri, M., Anjum, F., 2021. Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: a critical review. *International Journal of Food Properties*, 1387–1402.
- Ağbaş, B., Karakuş, D., Adıgüzel, R., Keser, S., ve Demir, E., 2013. Tunceli sarımsağının (*allium tuncelianum*) toplam antioksidan özelliklerinin ve kuru madde içeriğinin normal sarımsak (*allium sativum*) ile karşılaştırılması. *Bilim ve Gençlik Dergisi*, 1(2), 50-62.
- Akan, S., 2014. Sarımsak (*Allium sativum* L.) Tüketiminin insan sağlığına yararları. *Akademik Gıda*, 12(2), 95-100.
- Akbulut, Ö., 2010. Isıl İşlem Uygulamasının Sucuğun Uçucu Bileşikleri ve Diğer Kalitatif Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi, Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, No. 2013/28693, Tarım ve Orman Bakanlığı, 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> (01/12/2022).
- Ata, Ş., 2010. Biyolojik, gıda ve çevre örneklerindeki nitrit, nitrat, sekonder amin ve nitrozaminler. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- Baumgart, J., Eingener, V., Firnhaber, J., Hildebrandt, G., Reenen Hoekstra, E.S., Samson, R.A., Spicher, G., Timm, F., Yarrow, D., Zschaler, R., 1993. Mikrobiologische Untersuchung von Lebensmitteln. (3., aktualisierte und erw.Aufl.), Hamburg, Germany.
- Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2001. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*. 5., vollst.überarb.Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Bıçakcı, G., 2021. Fermente Sucuklarda Biyojen Amin ve N-Nitrozamin Oluşumu Üzerine Bazı Faktörlerin Etkisi ve Biyojen Amin N-Nitrozamin İlişkisinin Belirlenmesi. Doktora Tezi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu.
- Boonpeng, S., Siripongvutikorn, S., Sae-wong, C., Sutthirak, P., 2014. The antioxidant and anti-cadmium toxicity properties of garlic extracts. *Food Science and Nutrition*, 2(6), 792–801.
- Bozkurt, H., Erkmen, O., 2004. Effect of nitrate/nitrite on the quality of sausage (sucuk) during ripening and storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84, 279–286.
- Caplice, E., Fitzgerald, G., 1999. Food fermentations: role of microorganisms in food production and Preservation. *International Journal of Food Microbiology*, 131-149.
- Chasco, J., Lizaso, G., Beriain, M., 1996. Cured colour development during sausage processing. *Meat Science*, 203-211.
- Choi, S. Y., Chung, M. J., Lee, S-J., Shin, J. H., Sung, N. J. 2007. N-nitrosamine inhibition by strawberry, garlic, kale, and the effects of nitrite-scavenging and N-nitrosamine formation by functional compounds in strawberry and garlic. *Food Control*, 18, 485-491.
- Chu, Q.J, Lee, D., Tsao, T.W., Wang, S.W., Wong, Y.C., 2007. S-allylcysteine, a water-soluble garlic derivative, suppresses the growth of a human androgenindependent prostate cancer xenograft, CWR22R, under in vivo conditions. *BJU International*, 99, 925-932.

- Combet, E., Mesmari, A. E., Preston, T., Crozier, A., McColi, K. E. L., 2010. Dietary Phenolic Acids And Ascorbic Acid: Influence On Acid-Catalyzed Nitrosative Chemistry In The Presence And Absence Of Lipids. *Free Radical Biology & Medicine*, 48, 763-771.
- Cosansu, S., Kuleasan H., Kamuran A., Materon L., 2007. Antimicrobial activity and protein profiles of *Pediococcus* spp. isolated from Turkish “Sucuk”. *Journal of Food Processing and Preservation*, 31, 190-200.
- De Mey E., De Maere H., Goemaere, O., Steen, L., Peeters, M-C., Derdelinckx, G., Paelinck H., Fraeye, I., 2014c. Evaluation of N-Nitrosopiperidine Formation From Biogenic Amines During The Production of Dry Fermented Sausages. *Food Bioprocess Technol*, 7, 1269-1280.
- De Mey, E., 2014. N-Nitrosamines in dry fermented sausages: Occurance and nitrosamine formation of N-nitrosopiperidine. ISBN 978-90-8826-353-8.
- De Mey, E., De Klerck, K., De Maere, H., Dewulf, L., Derdelinckx, G., Peeters, M-C., Fraeye, I., Heyden Y. V., Paelinck, H. 2014a. The Occurrence Of N-Nitrosamines, Residual Nitrite And Biogenic Amines In Commercial Dry Fermented Sausages And Evaluation Of Their Occasional Relation. *Meat Science*, 96, 821-828.
- De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H., Fraeye, I., 2017. Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2909–2923.
- De Mey, E., Maere, H., Goemaere, O., Steen, L., Peeters, M., Derdelinckx, G., Paelinck, H., Fraeye, I., 2014b. Evaluation of N-Nitrosopiperidine Formation from Biogenic Amines During the Production of Dry Fermented Sausages. *Food Bioprocess Technol*, 1269–1280.
- Deda, M.S., Bloukas, J.G., Fista, G.A., 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76(3), 501-8.
- Douglass, M. L., Kabacoff, B. L., Anderson, G. A., Cheng, M. C., 1978. The Chemistry Of Nitrosamine Formation, Inhibition And Destruction. *Journal of The Society of Cosmetic Chemists*, 29, 581-606. 10. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 154-161, 11-12 Nisan.
- Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., Vander, H.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.
- Eyiler, E., Oztan, A., 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT- Food Science and Technology*, 44(1), 307-311.
- Gençcelep, H., Kaban, G., Kaya, M., 2007. Effects of starter cultures and nitrite levels on formation of biogenic amines in sucuk. *Meat Science*, 424–430.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 2012. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği Atatürk Üniversitesi Yayın No:786, Ziraat Fak. Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi No:70, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, 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.
- Gray, J. I., Dugan, L.R., 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *J Journal of Food Science*, 40(5), 981-984.

- Hammes, W., 2011. Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic feature of a specific group of fermented foods. *Food Microbiology*, 151-156.
- Herrmann, S.S., Duedahl-Olesen, L., 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., Duedahl-Olesen, L., 2015b. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516–26.
- Holck, A., Axelsson, L., McLeod, A., Rode, T., Heir, E., 2017. Health and Safety Considerations of Fermented Sausages. *Hindawi Journal of Food Quality*, 1-26.
- Honikel, K.O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78 (1-2), 68-76.
- Horsch, A.M., Sebranek, J.G., Dickson, J.S., Niebuhr, S.E., Larson, E.M., Lavieri, N.A., Wilson, L.A., 2014. The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. *Meat Science*, 96(1), 400-407.
- IARC, International Agency for Research on Cancer, 2020. Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1-128, Last updated: <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>. (02.12.2020). In A Semi-Dry Fermented Sausage: Effects Of Nitrite, Ascorbate And Starter Culture.
- 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), 385-388.
- Kaban, G., 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), 58-63.
- Kaban, G., Kaya, M., Lücke, F.K., 2012. Meat starter cultures. In: *Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food*, 1-4.
- Kaban, G., Polat, Z., Sallan, S. and Kaya, M., 2022a. The occurrence of volatile N-nitrosamines in heat-treated sucuk in relation to pH, aw and residual nitrite. *Journal of Food Science and Technology*, 1-8.
- Kaban, G., Sallan, S., Topçu, K., Börekçi, B., Kaya, M., 2022b. Assessment of technological attributes of autochthonous startercultures in Turkish dry fermented sausage (sucuk). *International Journal of Food Science and Technology*, 57, 4392-4399.
- Kamiloğlu, A., Kaban, G., Kaya, M., 2018. Effects of autochthonous *Lactobacillus plantarum* strains on *Listeria monocytogenes* in sucuk during ripening. *Journal of Food Safety*, 1-6.
- Kamm, J.J., Dashman, T., Newmark, H., Mergens, W. J., 1977. Inhibition of amine-nitrite hepatotoxicity by o-tocopherol. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 41(3), 575-83.
- Kaya, M., Güllüce, M., Kaban, G., Çınar, K., Karadayı, M., Bozoğlu, C., Sayın, B., Alaylar, B., 2015. Geleneksel sucuklardan izole edilen laktik asit bakteri ve koagülaz negatif stafilokok suşlarının starter kültür olarak kullanım imkânları. TAGEM-13/ARGE/7 (Gelişme Raporu), Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Kaya, M., Kaban, G., 2009. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the Quality Characteristics of Dry Fermented Sausage “Sucuk”. *Journal of Food Science*, 1-6.

- Kaya, M., ve Gökalp, H.Y., 2004. Sucuk Üretiminde Starter Kültür Kullanımının ve Farklı Nitrit Dozlarının *Listeria monocytogenes*' in Gelişimi Üzerine Etkisi. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences, 28, 1121-1127.
- Kızılkaya, M. F., Yılmaz Oral, Z. F., Sallan, S., Kaban, G., Kaya. M., 2023. Volatile N-nitrosamines in a dry fermented sausage: occurrence and effect of cooking on their formation.(Submitted for publication).
- Kim, T.K, Hwang, K.E., Song, D.H., Ham, Y.K., Kim, Y.B, Paik, H.D., Choi, Y.S. 2019.Effect of natural nitrite source from Swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. Asian-Australasian of Animal Sciences, 32(12),1933-1941.
- Kimura, S., Tung, Y., Pan, M., Su, N., Lai, Y., Cheng, K., 2017. Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. Journal of Food and Drug Analysis, 62-70.
- Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G., 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 and Technology, 48, 1157-1164.
- Li, L., Wang, P., Xu, X., 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, 5, C560-C565.
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qiu, Z., Liu, P., 2017. Composition analysis and antioxidant Properties of black garlic extract. Journal of Food and Drug Analysis, 25, 340-349.
- 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.
- Lücke, F.K., 1985. Microbiologische Vorgänge bei der Herstellung von Rohwurst und Rohschinken. In: Microbiologie un Qualität von Rohwurst und Rohschinken. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, 85-102, Germany
- McKenna, D.R., Mies, P.D., Baird, B.E., Pfeiffer, K.D., Ellebracht, J.W., Savell, J.W., 2005. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. Meat Science, 70 (4), 665-682.
- Montano, A., Casado, F. J., Castro, D.A., Sánchez, A. H., Rejano, L., 2004. Vitamin content and amino acid composition of pickled garlic processed with and without fermentation. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 7324-7330.
- Montel, M.C., Mason, F., Talon, R., 1998. Bacterial Role in Flavour Development. Meat Science, 49 (1), 111-123.
- Özel, M.Z., Göğüş, F., Yagci, S., Hamilton, J.F., Lewis, A.C., 2010. Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography–nitrogen chemiluminescence detection. Food Chemical and Toxicology, 48 (11), 3268-3273.
- Park, W., Kim, Y., 2009. Effect of Garlic and Onion Juice Addition on the Lipid Oxidation, Total Plate Counts and Residual Nitrite Contents of Emulsified Sausage during Cold Storage. Food Science of Animal Resources, 29, 612-618.
- Pirinççi, İ., Acet, H., Batı, B., 1986. Sucuklarda N-Nitrozamin Bileşiklerinin Gaz Kromatografik Yöntemle Tayin Edilmesi. Selçuk Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 75-89.

- 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, 540-548.
- Rywotycki, R., 2002. The effect of selected additives and heat treatment on nitrosamine content in pasteurized pork ham. *Meat Science*, 60 (4), 335-339.
- Sallam, K.I., Ishioroshi, M., Samejima, K., 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 37(8), 849–855.
- Sallan S., Kaban G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik M., Kaya, M. 2020. Nitrosamine Formation In A Semi-Dry Fermented Sausage: Effects Of Nitrite, Ascorbate And Starter Culture And Role Of Cooking. *Meat Science*, 159, 107917.
- Sallan, S., 2018. Fermente Sucukta Nitrozamin Oluşumuna Karabiber Seviyesi, Sodyum Askorbat Kullanımı ve Pişirme Derecesinin Etkileri., Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Sallan, S., 2021. Et ve Et Ürünlerinde Nitrozamin Oluşumuna Pişirme Yöntemlerinin Etkileri. 10. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, s.154-161, 11-12 Nisan 2021, Ankara.
- Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M., 2019. Nitrosamines in Sucuk: Effects of Black Pepper, Sodium Ascorbate and Cooking Level. *Food Chemistry*, 288, 341-346.
- Scanlan, R.A., 1995. Volatile Nitrosamines in Foods-An Update. *Developments in Food Science*, 685– 704.
- Sebranek, J.G., Jackson-Davis, A., Myers, K., Lavieri, N., 2012. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 92, 267-273.
- Sebranek, J.G., Bacus, J.N., 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues?. *Meat Science*, 77 (1), 136-147.
- Sen, N.P., Donaldson, B., Seaman, S., Iyengar, J. R., Miles, W.F., 1976. Inhibition of nitrosamine formation in fried bacon by propyl gallate and L -ascorbyl almirate *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 24, 397-401.
- Shenoy, N. R., Choughuley, A.S.U., 1992. Inhibitory effect of diet related sulphydryl compounds on the formation of carcinogenic nitrosamines. *Cancer Letter*, 65, 227–232.
- Shin, D.M., Hwang, K.E., Lee, C.W., Kim, T.K., Park, Y.S., Han, S.G., 2017. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 418-428.
- Sindelar, J.J., Cordray, J.C., Sebranek, J.G., Love, J.A., Ahn, D.U., 2007. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), 388-395.
- Sun, F., Kong, B., Chen, Q., Han, Q., Diao, X., 2017. N-nitrosoamine inhibition and quality preservation of Harbin dry sausages by inoculated with *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus curvatus* and *Lactobacillus sake*. *Food Control*, 1514-1521.
- Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., 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.

- Xiao, Y., Li, P., Zhou, Y., Ma, F., Chen, C., 2018. Effect of inoculating *Lactobacillus pentosus* R3 on N-nitrosamines and bacterial communities in dry fermented sausages. *Food Control*, 87, 126-134.
- Yıldız Turp, G., Sucu, S., 2016. Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit Kullanımına Potansiyel Alternatif Yöntemler. *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 231-242.
- Yılmaz Yıldırım, H., 2008. Sarımsak sapları ile beslemenin inek sütü bileşimine olan etkilerinin saptanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Zhang, X., Li, N., Lu, X., Liu, P., Qiao, X., 2015. Effects of temperature on the quality of black garlic. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 2366–2372.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Asena KARAYİĞİT
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	
Lisans:	
Yüksek lisans:	
Doktora:	
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	İyi
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	