ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA SİYAH SARIMSAK KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

Begüm AKANSEL

Danışman: Prof. Dr. Mükerrem 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

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA SİYAH SARIMSAK KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

(Effect of Using Black Garlic on Nitrosamine Formation in Heat Treated Sucuk)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Begüm AKANSEL

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

Erzurum
Ocak, 2023

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA SİYAH SARIMSAK KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

Prof. DR. Mükerrem KAYA danışmanlığında, Begüm AKANSEL tarafından hazırlanan bu çalışma, 30/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Gıda Mühendiliği Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. İsmail YILMAZ *Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi*	Aslı Islak İmzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mükerrem KAYA *Atatürk üniversitesi*	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Güzin KABAN *Atatürk Üniversitesi*	Aslı Islak İmzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Ahmet AKKÖSE *Atatürk Üniversitesi*	Aslı Islak İmzalıdır
İkinci Tez Danışmanı	Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN *Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi*	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-2022-11450

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

ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU

Yüksek Lisans Tezi olarak Prof. Dr. Mükerrem KAYA danışmanlığında sunulan "ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA SİYAH SARIMSAK KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ" 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	24	**30**
Kuramsal Temeller	13	**30**
Materyal ve Yöntem	19	**35**
Araştırma Bulguları ve Tartışma	20	**20**
Sonuç ve Öneriler	7	**20**
Tezin Geneli	21	**25**

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

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

Tez Yazarı (Öğrenci)	**Tez Danışmanı**
Begüm AKANSEL	Prof. Dr. Mükerrem KAYA
30.1.2023	**30.1.2023**
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, üstün bilgi ve tecrübelerini aktaran, bana yol gösteren değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Mükerrem KAYA'ya minnettarlığımı bildirir, şükran ve teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Araştırmam süresince desteğini ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN'a ve BAP projesinin hazırlanmasında ve projenin yürütülmesinde desteklerini esirgemeyen, hocam Dr. Öğr. Üyesi Selen SALLAN'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımın tüm aşamalarının planlanması ve yürütülmesinde desteğini gördüğüm, yardımları ve bilgilerini esirgemeyen değerli hocam Öğr. Gör. Dr. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca laboratuvar aşamasında her konuda bana destek olan yardımlarını esirgemeyen değerli ekip arkadaşlarıma da teşekkür ederim.

Bu çalışmanın uygulanması için 'FYL-2022-11450' nolu, Isıl İşlem Görmüş Sucukta Siyah Sarımsak Kullanımının Nitrozamin Oluşumuna Etkisi başlıklı projemize destek veren Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca ve çalışmalarım süresince büyük sabır göstererek beni daima destekleyen babam Tevfik AKANSEL'e ve annem Meryem AKANSEL'e sonsuz teşekkürlerimi sunar ve tezimi onlara armağan etmekten gurur duyarım.

Begüm AKANSEL

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUKTA SİYAH SARIMSAK KULLANIMININ NİTROZAMİN OLUŞUMUNA ETKİSİ

Begüm AKANSEL

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

Amaç: Araştırmada farklı oranlarda siyah sarımsak (SS) kullanımı (%1,%2 ve %3) ve farklı pişirme sürelerinin (0,1 ve 3 dak) ısıl işlem görmüş sucukta nitrozamin oluşumuna etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca ürünün fiziko-kimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada beyaz sarımsak (BS) kontrol grubu olarak değerlendrilmiştir.

Yöntem: Dört farklı ısıl işlem görmüş sucuk hamuru (%1 BS, %1 SS, %2 SS ve %3 SS) hazırlanmıştır. Dolum, fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma işlemlerinden sonra örnekler pH, a_w, kalıntı nitrit, TBARS ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur. Nitrozamin ve enstürmantel renk analizleri hem çiğ hem de pişmiş örneklerde (180°C 'de 1 veya 3 dak) gerçekleştirilmiştir. Kalıntı nitrit ve nitrozamin analizlerinde sırasıyla HPLC ve GC/MS kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde yayma plak yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar iki yönlü varyans analizlerine tabii tutulmuştur.

Bulgular: SS (%2 ve %3) ısıl işlem görmüş sucuğun laktik asit bakteri sayısında düşüşe neden olmuştur. *Micrococcus/Staphylcoccus* sayısı ise %1 SS kullanımı durumda dahi düşüş göstermiştir. BS (%1) ve SS (%1) grupları diğer gruplara göre (%2 SS ve %3 SS) daha düşük pH değeri göstermiştir. SS kullanımı a_w ve kalıntı nitrit içeriğini düşürmüş, TBARS değerini artırmıştır. Ancak tüm gruplarda TBARS değeri 1 mg MDA/kg'ın altında bulunmuştur. L* değeri %3 SS grubunda düşüş gösterirken, a* ve b* değerleri %1 SS kullanımından etkilenmemiştir. SS kullanımı tat ve genel kabul edilebilirlik puanlarını da düşürmüştür. SS kullanımı (%2 veya %3) NDMA seviyesini düşürmüştür. NDEA seviyesi ise %1 SS grubunda bile düşüş göstermiştir. SS içeren grupların NPIP seviyesi kontrol grubuna göre daha yüksek bulunmuştur. Pişirme süresi ise her üç nitrozamin seviyesinde artışa sebep olmuştur.

Sonuç: Isıl işlem görmüş sucukta siyah sarımsak kullanımı ürünün genel karakteristik özelliğinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Siyah sarımsak NDMA ve NDEA içeriğini düşürürken NPIP seviyesini arttırmıştır. Pişirme süresi arttıkça ürünün nitrozamin içeriği de artış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Isıl işlem görmüş sucuk, siyah sarımsak, nitrozamin, NDMA, NPIP, NDEA

Ocak 2023, 74 sayfa

ABSTRACT

MASTER'S THESIS

EFFECT OF USING BLACK GARLIC ON NITROSAMINE FORMATION IN HEAT TREATED SUCUK

Begüm AKANSEL

Supervisor: Prof. Dr. Mükerrem KAYA
Co-Supervisor: Assist. Prof. Dr. Selen SALLAN

Purpose: The aim of this study was to determine the effects of using different concentrations of black garlic (BG) (1%, 2% and 3%) and different cooking times (0, 1 and 3 min) on the formation of nitrosamines in heat-treated sucuk. In addition, the physico-chemical, microbiological and sensory properties of the product were determined. In study, white garlic (WG) was evaluated as a control group.

Method: Four different heat-treated sucuk batches (%1 WG, %1 BG, %2 BG and %3 BG) were prepared. After filling, fermentation, heat treatment and drying, the samples were subjected to pH, a_w, residual nitrite, TBARS and microbiological analysis. Nitrosamine and instrumental color analyzes were performed on both raw and cooked samples (1 or 3 min at 180°C). HPLC and GC/MS were used for residual nitrite and nitrosamine analysis, respectively. The surface plate method was used for microbiological analysis. The obtained results were subjected to two-way analysis of variance**.**

Findings: BG (2% and 3%) caused a reduction in the number of lactic acid bacteria in the heat-treated sausage. The number of *Microccus/Staphylcoccus* decreased even when using 1% BG. Groups WG (1%) and BG (1%) showed lower pH values compared to other groups (2% BG and 3% BG). The use of BG also decreased a_w and residual nitrite content and increased TBARS value. However, TBARS value was found to be below 1 mg/kg MDA/kg in all groups. While the L* value decreased in the 3% BG group, the a* and b* values were not affected by the use of 1% BG. The use of BG also decreased the taste and general acceptability scores. The useing SS (2% or 3%) decreased the NDMA level. NDEA level decreased even in the 1% BG group. The NPIP level of the groups containing SS was higher than the control group. Cooking time, on the other hand, caused an increase in the levels of all three nitrosamines.

Results: The use of black garlic in heat-treated sucuk did not significantly change the general properties of the product. While black garlic decreased NDMA and NDEA levels, it increased NPIP level. With increasing cooking time, the nitrosamine content of the product increased**.**

Keywords: Heat treated sucuk, black garlic, nitrosamine, NDMA, NPIP, NDEA

January 2023, 74 pages

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY TUTANAĞI i
ETİK BİLDİRİM VE İNTİHAL BEYAN FORMU ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZET iv
ABSTRACT v
İÇİNDEKİLER vi
TABLOLAR DİZİNİ viii
ŞEKİLLER DİZİNİ xi
KISALTMALAR VE SİMGELER DİZİNİ xii
GİRİŞ 1
KURAMSAL TEMELLER 9
MATERYAL VE METOT 15
Materyal 15
Metot 15
Isıl işlem görmüş sucuk üretimi 15
Isıl İşlem Görmüş sucukların pişirilmesi 16
Mikrobiyolojik analizler 16
Fiziko-kimyasal analizler 17
Duyusal analiz 18
İstatistiki analiz 18
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 19
Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları 19
Laktik asit bakteri sayısı 19
Fiziko-kimyasal analizler 24
Su aktivitesi (a_w) 26
Kalıntı Nitrit 27
Renk 29
Tiyobarbiturik Asit Reaktif Maddeler (TBARS) 35
Duyusal Analiz Sonuçları 36
Nitrozaminler 39
NDMA (N-nitrozodimetilamin) 39

NDEA (N-Nitrozodietilamin) 42
NPIP (N-nitrozopiperidin) 45
SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
KAYNAKLAR 53
ÖZGEÇMİŞ 59

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Uçucu ve Uçucu Olmayan Bazı Nitrozaminler (Sallan 2018). 3
Tablo 2. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g) 20
Tablo 3. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları 20
Tablo 4. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 21
Tablo 5. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (log kob/g) 22
Tablo 6. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları 22
Tablo 7. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 23
Tablo 8. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Enterobacteriaceae Sayıları (log kob/g) 23
Tablo 9. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Maya Ve Küf Sayıları (log kob/g) 24
Tablo 10. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerleri 24
Tablo 11. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 24
Tablo 12. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 26
Tablo 13. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri 26
Tablo 14. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları 27
Tablo 15. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 27

Tablo 16. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri (mg/kg) 28
Tablo 17. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları 28
Tablo 18. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 29
Tablo 19. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L* Değerleri 29
Tablo 20. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a* Değerleri 31
Tablo 21. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve farklı süreler pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların b* Değerleri 32
Tablo 22. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 33
Tablo 23. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 34
Tablo 24. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 35
Tablo 25. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri (mg MDA/kg) 35
Tablo 26. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları 36
Tablo 27. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 36
Tablo 28. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Analiz Sonuçları 37
Tablo 29. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 37
Tablo 30. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 39
Tablo 31. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerleri (µg/kg) 40

Tablo 32. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve farklı süreler pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 40
Tablo 33. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 41
Tablo 34. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 41
Tablo 35. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerleri (µg/kg) 43
Tablo 36. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 44
Tablo 37. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları . 44
Tablo 38. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 45
Tablo 39. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerleri (µg/kg)..... 46
Tablo 40. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Faklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları 47
Tablo 41. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 48
Tablo 42. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları 48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Allisinin oluşum mekanizması 6
Şekil 2. Beyaz sarımsak 6
Şekil 3. Siyah sarımsak ve siyah sarımsak karanfilleri 7
Şekil 4. Isıl işlem görmüş sucukların NDMA değerleri üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik 42
Şekil 5. Isıl işlem görmüş sucukların NDEA değerleri üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik 45

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
µm	Mikrometre
Log	Logaritma
µl	Mikrolitre
Kob	Koloni oluşturan birim
ppb	Milyarda bir
GC	Gaz Kromatografisi
MS	Kütle spektrometrisi
NDMA	N-Nitrozodimetilamin
NMEA	N-Nitrozometilamin
NPYR	N-Nitrozopirolidin
NPIP	N-Nitrozopiperidin
NDBA	N-Nitrozodibütilamin
NDEA	N-Nitrozodietilamin
NMOR	N-Nitrozomorfolin
NDBzA	N-nitrozodibenzilamin
IARC	Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
TBARS	Tiyobarbutirik asit reaktif maddeler

GİRİŞ

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürdürebilmeleri için gıda önemli bir ihtiyaçtır. Bu açıdan yeterli ve dengeli beslenme büyük önem arz etmektedir. Yeterli beslenme, genel olarak vücudun yaşamını ve işlevlerini sürdürmesi için gerekli olan enerjinin sağlanması, dengeli beslenme ise enerjinin beraberinde tüm mikro ve makro besinlerin sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır (Baysal 2014).

Besin değeri dolayısıyla beslenmede büyük öneme sahip olan et, yüksek biyolojik değerlikli proteinin, B grubu vitaminleri ve minerallerin önemli bir kaynağı olarak kabul edilmektedir (Toldra and Reig 2011). Taze et biyokimyasal ve fiziksel yapısı nedeniyle, çeşitli yollarla bozulmaya ve kalitesini kaybetmeye olabildiğince meyilli bir gıdadır. Bu nedenle insanoğlu çok uzun süredir hem ürünün dayanıklılığını artırmak hem de değişik lezzet ve aromaya sahip farklı ürünlere erişmek amacıyla eti çeşitli teknolojik işlemlere tabii tutarak farklı ürünlere işlemektedir (Çon *et al.* 2002; Gökalp vd 2012). Et ürünleri içerisinde fermente ürünler yüksek protein içerikleri ve karakteristik özellikleri ile ayrı bir öneme sahiptir. Fermente et ürünleri fermente sosisler ve parça halinde işlenen olgunlaştırılmış et ürünleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Fermente sosisler ise kuru ve yarı kuru fermente sosisler olmak üzere iki alt grupta yer almaktadır. Fermente sosisler kullanılan et türü, yağ çeşidi, baharat içeriği, fermantasyon ve kurutma koşulları gibi faktörlere bağlı olarak oldukça değişkenlik göstermektedir (Kaya and Kaban 2019, Vural 1998). Ülkemizde üretilen sucuk kuru fermente bir sosis çeşididir. Diğer bir fermente sosis çeşidi ise ısıl işlem görmüş sucuktur. Bu ürünün üretiminde ana işlem basamakları sırasıyla fermantasyon, ısıl işlem ve kurutmadır.

Isıl işlem görmüş sucuk nem protein oranı ve ısıl işlem uygulaması nedeniyle yarı kuru fermente bir sosis çeşidi olarak değerlendirilmektedir (Armutçu *et al.* 2020, Yılmaz Oral and Kaban 2021). Isıl işlem görmüş sucuk, kısa süreli bir fermantasyondan sonra uygulanan ısıl işlem ve kurutma ile kısa sürede üretilebilmektedir. Isıl işlem uygulaması patojenlerin inhibisyonu açısından önemli bir avantaj sağlamakla birlikte kısa süreli üretimden dolayı ürün aroma bakımından arzu edilen düzeye ulaşamamaktadır (Ercoşkun vd 2010; Kaban 2013). Bununla birlikte maliyetinin düşük olması nedeniyle üretimi ve dolayısıyla tüketimi gün geçtikçe artmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde ısıl işlem görmüş sucuk "Büyükbaş ve/veya küçükbaş hayvan karkas etlerinin ve yağlarının veya kanatlı

hayvan karkas etleri ve yağlarının kıyılarak lezzet vericiler ile karıştırıldıktan sonra doğal veya yapay kılıflara doldurularak belirli şartlarda fermantasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmış et ürününü" olarak tanımlanmaktadır. Üründe pH değeri 5,6 veya altında, nem/protein oranı ise 3,6'nın altında olması gerekmektedir (Anonim 2019).

Kürleme işlemi, et ürünlerine karakteristik tat-aroma ve tekstür kazandırması, arzu edilen kırmızı-pembe renk oluşturması, antimikrobiyal ve antioksidan etkileri sebebiyle en çok tercih edilen muhafaza metotlarından biridir (Parthasarathy and Bryan 2012). Kürlenmiş et ürünlerinde lezzetin oluşumunda/gelişmesinde; kullanılan baharatlar ve diğer katkı maddelerinin yanı sıra, nitrat/nitritin et bileşenleri ile verdiği reaksiyon ürünleri ve mikrobiyal faaliyetlerin önemli etkisi söz konusudur (Hammes 2012, Sanz *et al.* 1997). Nitritin antimikrobiyal etkisi *Clostridium botulinum* başta olmak üzere *Clostridium perfringens, Listeria monocytgenes, Bacillus creus* gibi gıda kaynaklı patojenler ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişiminin önlenmesi veya baskılanması açısından büyük önem arz etmektedir (Sallan *et al.* 2019; 2020, Sebranek and Bacus 2007, Parthasarathy and Bryan 2012). Bu antimikrobiyal ajanın antimikrobiyal etkisi dissosiye olmamış nitroz asidin bakteri hücre duvarının iyon bariyerini geçmesi ve enzimlerin fonksiyonlarını engellemesine dayanmaktadır (Kaya and Kaban 2019).

Kür edilmiş et ürünlerinde tipik kür lezzetinin oluşumunda nitritin parçalanma ürünleri ile protein gibi besin maddelerinin parçalanma ürünleri arasında gerçekleşen biyokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar önemli rol oynamaktadır (Kaban 2013). Nitrit et ürünlerinde kalite kayıplarına sebep olan lipit oksidayonun da engellenmesinde veya geciktirilmesi açısında da önemli bir ajandır (Honikel 2008). Bu kürleme ajanının antioksidan etkisinin ise kas pigmentleri ile kompleks oluşturma, membran doymamış yağ asitlerinin stabilizasyonu ve metal iyonları ile interaksiyonla alakalı olduğu belirtilmektedir (Kaban and Kaya 2019). Kürleme işlemi sırasında nitritin rediksiyonu sonucu oluşan nitrit oksidin myoglobin ile birleşmesi sonucu kür edilmiş et ürünlerinin temel rengini oluşturan nitrozamyoglabin oluşmakta ve ürüne karakteristik bir özellik kazandırmaktadır (Honikel 2008, Krause *et al.* 2011)

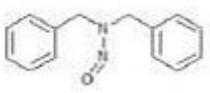
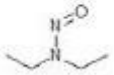
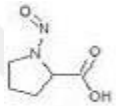
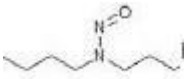
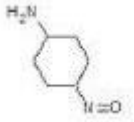
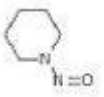
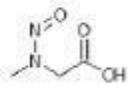
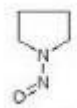
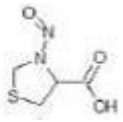
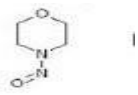
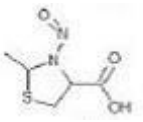
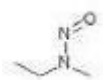
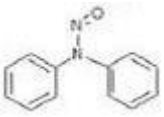
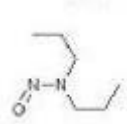
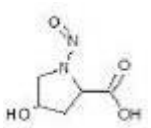
Çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olan nitrit yukarıda belirtilen özelliklerinin yanı sıra nitrozamin oluşumunda da rol oynamaktadır. Nitrozaminler sekonder aminler ile bir nitrozasyon ajanı arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda oluşan teretojenik, kanserojenik ve mutajenik bileşiklerdir. N- nitrozo bileşikler gurubuna giren nitrozaminler uçucu ve uçucu olmayan nitrozaminler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Herrmann *et al.* 2015a).

Uçucu nitrozaminler arasında N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozodibütilamin (NDBA), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozodi-n-propilamin (NDPA), N-nitrozodibenzilamin (NDBzA) bulunmaktadır.

N-nitrozodifenilamin (NDPhA), N-nitrozometilanilin (NMA), N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4 karboksilik asit (NMTCA) N-nitrozoprolin, N-nitrozohidroksiprolin, N-nitrozosarkozin, N- nitrozotiyazolidin, N-nitrozotiyazolidin-4-karboksilik asit, N-nitrozookzazolidin-4- karboksilik asit, N-nitrozo-5-metilokzazoldin-4-karboksilik asit, N-nitrozo-2- (hidroksimetil) tiyazolidin-4-karboksilik asit ise uçucu olmayan nitrozaminlerdir (Crews 2010).

Tablo 1'de nitrozaminlerin kimyasal yapıları verilmiştir.

Tablo 1. Uçucu ve Uçucu Olmayan Bazı Nitrozaminler (Sallan 2018).

Nitrozamin	**Kimyasal Gösterimi**	**Nitrozamin**	**Kimyasal Gösterimi**
N-nitrozodimetilamin (NDMA)		N-nitrozodibenzilamin (NDBzA)	
N-nitrozodietilamin (NDEA)		N-nitrozoprolin (NPRO)	
N-nitrozodibütilamin (NDBA)		N-nitrozometilalanin (NMA)	
N-nitrozopiperidin (NPIP)		N-nitrozosarkozin (NSAR)	
N-nitrozoprolidin (NPYR)		N-nitrozo-tiazolidin-4-karboksilik asit (NTCA)	
N-nitrozomorfolin (NMOR)		N-nitrozo-2-metil-tiyazolidin-4-karboksilik asit (NMTCA)	
N-nitrozometiletilamin (NMEA)		N-nitrozodifenilamin (NDPhA)	
N-nitrozodi-n-propilamin (NDA)		N-Nitrozohidroksiprolin (NHPRO)	

*Uçucu olmayan nitrozaminler altı çizili olarak ifade edilmiştir.

Kompleks bir süreç olan nitrozamin oluşumunda kullanılan nitrit seviyesi, fermantasyon, kurutma, ısıl işlem gibi proses aşamaları, mikroorganizmaların dekarboksilaz aktivitesi, kalıntı nitrit, su aktivitesi ve pH gibi pek çok etken etkili olmaktadır (Herrmann *et al.* 2015b; Wang *et al.* 2015; De Mey *et al.* 2017). Bununla birlikte nitrozamin oluşumunda en önemli faktörün kullanılan nitrit seviyesi olduğu belirtilmektedir (Belitz *et al.* 2001). Bu nedenle kür edilmiş et ürünlerinde kullanılan nitritin kullanım seviyeleri yasal olarak belirlenmiştir. Et ürünlerinde kürleme ajanı olarak nitrat da kullanılmaktadır. Bu kürleme ajanının kullanım seviyesi de yine mevzuatlarla sınırlandırılmıştır. Kür edilmiş et ürünlerinde kürleme ajanının seçiminde ürün tipi, proses koşulları, olgunlaştırma süresi gibi faktörler esas alınmaktadır. Sosis ve salam gibi et ürünlerinde nitrit kullanılırken sucuk, salami, Rohwurst gibi ürünlerde olgunlaştıma süresine bağlı olarak nitrit ve/veya nitrat kullanılmaktadır (Kaya and Kaban 2019, Gökalp vd 2012). Isıl işlem görmüş sucuk gibi kısa süreli bir üretim periyoduna sahip yarı kuru fermente sosislerde ise nitrit kürleme ajanı olarak formülasyona dahil edilmektedir (Armutçu *et al.* 2020, Yılmaz Oral and Kaban 2021). Avrupa Birliği'nin ilgili mevzuatlarında fermente sosislerde nitrit için kullanım sınırı 150 mg/kg olarak verilmiştir. Bu mevzuatta bazı fermente sosis çeşitlerinde (geleneksel veya endüstiriyel) nitratın kürleme ajanı olarak kullanılabileceği de belirtilmektedir (Anonymous 2011). Ülkemizde ise sucuk üretiminde hem nitrat (maksimum 150 mg/kg) hem de nitrit (maksimum 150 mg/kg) kullanılabilmektedir. Isıl işlem görmüş sucukta ise sadece nitrit (maksimum 150 mg/kg) kullanımına müsaade edilmektedir (Anonim 2019b).

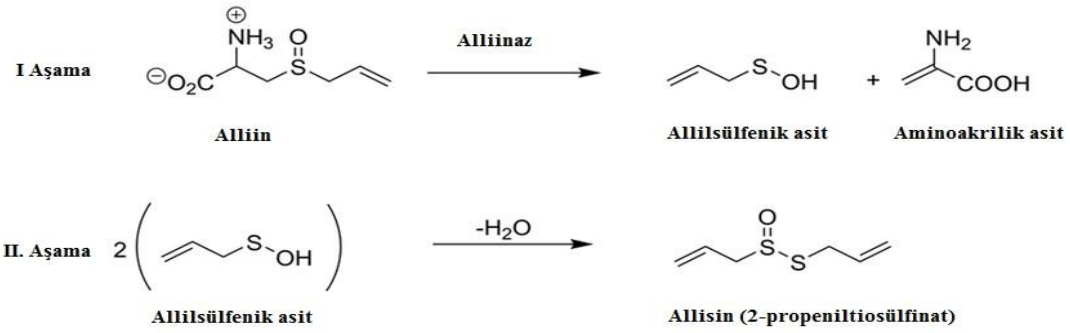
Et ürünlerinde nitrozamin açısından baharat da önemli bir katkı maddesi olarak dikkat çekmektedir. Karabiberin içerdiği piperin ve piperidin NPIP oluşumunda önemli bir faktör olduğu belirtilmektedir (De Mey *et al.* 2014a). NPIP oluşumunda rol alan piperidin baharatta bulunan piperinin alkali hidrolizi ile oluşmaktadır. Siklik bir sekonder amin olan Piperin (1-piperyol-piperidin) ise piperidin derivatıdır (Sallan 2018). Bununla birlikte Fermente ürünlerinde katkı maddesi olarak kullanılan askorbik asit, erikorbik asit, alfa-tekoferol gibi bileşikleride nitrozamin oluşumunu engelleyebildiği belirtilmektedir (Flores and Toldra 2021). Ayrıca bazı çalışmalarda yerel laktik asit bakteri suşlarının nitrozamin oluşumunun engellenmesinde veya nitrozamin seviyelerinin düşürülmesinde etkili olduğu bildirilmektedir (Kim *et al.* 2017a,b)

Sucuk, ısıl işlem görmüş sucuk, salami, Rohwurst, cervelat, pepperoni ve chorizo gibi kuru ve yarı kuru fermente sosislerde nitrozamin içeriği tespit edilebilir sınırın altında olabildiği gibi çok yüksek seviyelere de çıkabilmektedir (Ellen *et al.* 1986; Gavinelli *et al.* 1988; Mavelle *et al.* 1991; Yurchenko and Mölder 2007; De Mey *et al.* 2014a; Herrmann *et al.* 2015a;

Herrmann *et al.* 2015b). Sucuk ve ısıl işlem görmüş fermente sosis çeşitleri de nitrozaminler içerebilmektedir (Kızılkaya 2022, Kaban *et al.* 2022).

Et ürünlerinde sekonder amin ve nitrit varlığında düşük pH değeri (≤5.5), yüksek pişirme sıcaklığı (>130ºC) ve uzun süre depolama koşullarında daha yüksek nitrozamin seviyeleriyle karşılaşılabilmektedir (Behsnilian *et al.* 2014; Andrée *et al.* 2010). Nitrozamin oluşumunda uygulanan pişirme yöntemi ile süre ve sıcaklık önemli faktörler olarak değerlendirilmektedir. Tüketime hazır bir et ürünü olan ısıl işlem görmüş sucuk genellikle tüketimden önce tekrar pişirilmektedir. Bu ise ürünün nitrozamin içeriğinde önemli artışlara neden olmaktadır (Sallan *et al.* 2019). Bundan dolayı bu fermente sosis çeşidinde nitrozamin seviyesini düşürmeye yönelik araştırmalar büyük önem arz etmektedir. Bununla birlikte ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde nitrozamin oluşumunun azaltılmasına yönelik herhangi bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. Mevcut bu çalışma pek çok bileşik asit açısından zengin olan siyah sarımsağın nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek amacıyla planlanmıştır.

Alliaceae familyasından olan sarımsak (*Allium sativum* L.), eski zamanlardan beri mutfak ve geleneksel tıpta tanınan bir bileşen olarak kullanılmaktadır (Santhosha *et al.* 2013). Sarımsak, insan sağlığını iyileştirdiği gösterilen biyolojik olarak aktif maddeler içerdiğinden, Geleneksel Çin tıbbında (TCM) 3000 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır (Shamseer *et al.* 2006). Sarımsak yaklaşık %65 su, %28 karbonhidrat, %2,3 organosülfür bileşikler, %2 protein (allinaz), %1,2 serbest aminoasit (arjinin) ve %1,5 lif içermektedir (Omar and Al-Waber 2010; Santhosha *et al.* 2013). Sarımsağın uçucu profilinde sülfürlü bileşikler önemli paya sahiptir (Yu *et al.* 1989). Sarımsağın biyolojik etkisi organosülfürlü bileşiklere dayanmaktadır. Allisin (diallil tiyosülfat) sarımsağın biyolojik olarak en etkili sülfürlü bileşiğidir. Bu bileşik işlenmemiş sarımsakta bulunmaz, ancak kesme, doğrama, parçalama sonucu allinaz enziminin etkisi ile alliinden oluşmaktadır. Alliin, sistein bazlı protein yapısında olmayan bir aminoasit olup dört steroizomere sahiptir, ancak bu izomerlerden sadece biri sarımsakta bulunur. Kuru, toz sarımsakta yaklaşık olarak %1 oranında alliin (S-allil sistein sulfoksit) bulunmaktadır (Omar and Al-Waber 2010). Sarımsağa özgü kokuyu kazandıran ve yağda çözünebilen bir bileşik allisindir. Bu bileşik, diallil sülfit, diallil disülfit, diallil trisülfit, allil metil trisülfit, dithiinler ve ajoenler gibi kükürtlü bileşiklere dönüşmektedir (Omar and Al-Waber 2010).



Şekil 1. Allisinin oluşum mekanizması (Wallock-Richards *et al.* 2014)

Doğal sarımsağın en önemli bileşeni olan γ-glutamil sistein'in katabolize olması ile sarımsağa özgü kokuyu kazandıran ve yağda çözünebilen allisin, dialil sülfid (DAS), dialil disülfid (DADS) veya dialil trisülfid (DATS), dithiinler ve ajoen gibi kükürtlü bileşikler oluşur. Sarımsağın karakteristik aromasında sorumlu olan dialil disülfür ve dialil trisülfid bileşenleri kanser engelleyici aktivite göstermektedir (Seki *et al.* 2008; Yang *et al.* 2006).



Şekil 2. Beyaz sarımsak

Sarımsağın yüksek besin ögeleri ve yararlı özelliklerine rağmen birçok kişi keskin kokusu nedeniyle sarımsak tüketmekten kaçınması sonucunda alternatif bir ürün olan siyah sarımsak üretimini gündeme gelmiştir. Siyah sarımsak, taze sarımsağın belirli bir süre kontrollü şartlar altında, yüksek sıcaklıkta (60-90 °C) ve yüksek nemde (% 70-90) gerçekleştirilen fermantasyon yoluyla üretilmektedir (Yuan *et al.* 2016; Kim *et al.* 2013a; Akan 2014a,b; Martínez-Casas *et al.* 2017; Sato *et al.* 2006).




Şekil 3. Siyah sarımsak ve siyah sarımsak karanfilleri

Sarımsağı karakterize eden diğer bir kimyasal grup fenolik bileşiklerdir (Lanzotti 2006; Kim *et al.* 2013). Bu bileşiklerin miktarı siyah sarımsak olarak adlandırılan üründe daha yüksek seviyelerdedir. Fenolik bileşiklerin miktarı fermente bir ürün olan siyah sarımsakta önemli derecede artış göstermektedir (Kim *et al.* 2013; Kimura *et al.* 2017; Akan ve Artık 2019; Rios-Rios *et al.* 2019).

Siyah sarımsakta uygulanan işlem koşullarına bağlı olarak toplam fenolik madde miktarı önemli ölçüde artış göstermektedir. Konuyla ilgili bir çalışmada taze sarımsakta sırasıyla kuru maddede 29,95 mg/kg ve 17,87 mg/kg olan toplam flavonoid miktarı ve toplam fenolik asit miktarının kurumaddede 103,70 mg/kg ve 139,02 mg/kg'a kadar çıkabildiği bildirilmiştir (Kim *et al.* 2013). Siyah sarımsakta işleme süresince γ -glutamil sistein doğrudan S-allil sisteine (SAC) dönüştüğünden, yeni ürün, doğal sarımsak gibi bir kokuya sahip değildir. Siyah sarımsaktaki biyoaktif bileşikler içinde en önemlisi SAC'tır. Uçucu olmayan, kararlı, suda çözünebilen kükürtlü bileşik olan SAC, insan metabolizmasında biyolojik ve tıbbi etkiye sahiptir. Ayrıca antioksidan kapasitesi ve antikanserojen aktivitesi ile karaciğer rahatsızlıklarında önemlidir (Lu *et al.* 2017).

Siyah sarımsak, kükürtlü bileşiklerin yanı sıra yüksek oranda polisakkarit, indirgen şeker, protein, organik asitler, β-karbolin alkaloidler fenolik bileşikler ve melanoidin pigmentine sahiptir. Melanoidinler yüksek antioksidan kapasiteleri ile insan sağlığına da etkilidir (Kang 2016). Doğal sarımsağa kıyasla zengin besin içeriği ve tıbbi etkilerinden dolayı siyah sarımsağa yönelim her geçen gün artış göstermektedir. Siyah sarımsağın istenmeyen yan etkileri bulunmamakta olup, sağlığa yararları da beyaz sarımsaktan çok daha fazladır (Benefits 2012). Baharat ekstraktlarının çoğunun antibotulinal özellikleri öjenol, izoöjenol, D-borneol, sitronellol, mentol, sinnamik aldehit ve rosemarin asit gibi bileşenlerine bağlanabilir (Ueda *et al.* 1982). Ayrıca biberiye, kekik, adaçayı ve sarımsak gibi baharatların uygulanması, heterosiklik aromatik aminlerin içeriğini azaltabilir, böylece pişmiş kurutulmuş ette kanserojen oluşumlarını azaltabilir (Murkovic *et al.* 1998).

Mucizevi bir sebze olarak tanımlanan sarımsak, farmakolojik etkilerden dolayı tıp alanında da önemli bir yere sahiptir. Sarımsağın insan sağlığı üzerinde pek çok olumlu etkiye sahip olduğu klinik araştırmalarda ortaya konulmuştur. Son yıllarda ise işlenmemiş sarımsağın fermantasyonu sonucu elde edilen siyah sarımsağın bu bakımdan daha da etkin olduğu araştırmalarla rapor edilmiştir. Bu yönelimde içeriğinde bulunan fenolik maddeler ile sülfürlü bileşikler büyük bir paya sahiptir. Sarımsak ısıl işlem görmüş sucuğun en önemli baharatlarından biri olup genellikle hamura %1 oranında ilave edilmektedir. Sarımsakta bulunan bazı bileşiklerin in vitro çalışmalarda nitrozamin oluşumunda inhibitör etki gösterebildiği gibi ortam koşullarına bağlı olarak katalist etkiye de sahip olduğu bildirilmektedir. Sarımsakta bol miktarda bulunan fenolik ve sülfürlü bileşiklerin kür edilmiş et ortamındaki etkileri bugüne kadar henüz araştırılmamıştır. Mevcut bu araştırmada hem işlenmemiş sarımsağın hem de siyah sarımsağın nitrozasyon reaksiyonlarındaki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmış ve uygulama alanı olarak da ülkemizde yaygın bir şekilde üretilen kür edilmiş bir et ürünü olan ısıl işlem görmüş sucuk seçilmiştir. Genellikle tüketimden önce pişirme uygulaması nedeniyle ısıl işlem görmüş sucuk nitrozamin açısından oldukça riskli hale gelmektedir. Bu nedenle ısıl işlem görmüş sucukta nitrozamin riskini azaltmaya yönelik araştırmalar oldukça önem arz etmektedir. Antioksidan/indirgen madde içeriğinden dolayı siyah sarımsağın nitrozamin oluşumunun engellenmesi açısından iyi bir alternatif olacağı düşünülmüş ve söz konusu araştırma gerçekleştirilmiştir. Araştırmada %1, %2 ve %3 oranında siyah sarımsak ve %1 oranında beyaz sarımsak kullanılarak ısıl işlem görmüş sucuk hamurları hazırlanmıştır. Hazırlanan sucuk hamurları fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma aşamalarından sonra mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal analizlere tabii tutulmuştur. Ayrıca her bir gruba ait ısıl işlem görmüş sucuklar 180 °C'de farklı süreler pişirildikten sonra (0,1 ve 3 dak.) nitrozamin ve renk analizlerine de tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar iki yönlü varyans analizine tabii tutulmuş ve önemli bulunan faktörlere ait ortalamalar çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır. Böylelikle siyah sarımsağın ısıl işlem görmüş sucuğun kalitatif özelliklerini ve nitrozamin oluşumuna etkileri ortaya çıkarılmıştır.

KURAMSAL TEMELLER

Kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucuğun formülasyonunda sarımsak önemli bir bileşen olarak yer almaktadır. Sucuk üretimi ve depolaması sırasında sarımsak ile nitrit ve starter kültürlerin *Salmonella* Typhimurium'un canlılığı üzerine etkilerini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada nitrat (200 mg/kg) ve sarımsağın (% 0,8) bu gıda kaynaklı patojen bakterinin canlılığı üzerinde önemli etkilerinin olmadığı rapor edilmiştir (Turantaş ve Ünlütürk 1993).

Yarı kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan bir araştırmada iki farklı nitrit tozu (75 veya 150 mg/kg) ile taze sarımsak (%5), sarımsak tozu (%1,2) ve sarımsak esansiyal yağının (%0,006) ürün özelliklerine etkileri incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda 150 mg/kg nitrit seviyesinin 75 mg/kg nitrit seviyesine göre biraz daha yüksek pH değeri verdiği, lipit oksidasyonunun bir göstergesi olan TBA değerinin depolama süresince ransit tada sebep olacak düzeyde olmadığı, sarımsak ilavesinin TBA değerini düşürmediği, taze sarımsağın sarımsak tozu ve sarımsak esansiyel yağına göre daha keskin bir lezzet gösterdiği ve yüksek oranda nitrit kullanımının düşük nitrit seviyesine göre daha parlak bir renk ve antimikrobiyal aktivite verdiği rapor edilmiştir. Ayrıca 75 mg/kg ile 150 mg/kg nitrit ilave edilerek üretilen ürünlerin duyusal özellikleri arasında çok az farklılıkların olduğu da bildirilmiştir (Sun *et al.* 1999).

Sallam *et al.* (2004) tarafından piliç sosis üzerinde yapılan bir çalışmada, taze sarımsak, sarımsak tozu ve sarımsak yağı kullanılarak sosis hamurları hazırlanmış ve dolumdan sonra vakum ambalajlanarak soğukta muhafaza (3°C) edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda taze sarımsak, sarımsak tozu ve sarımsak yağının, depolama süresince konsantrasyonuna bağlı olarak antioksidan ve antimikrobiyal etki gösterdiği, 30 g/kg taze sarımsak ve 9 g/kg sarımsak tozu seviyelerinin tadı olumsuz yönde etkilemeksizin daha yüksek antioksidan ve antimikrobiyal etki gösterdiği ve raf ömrünü arttırdığı bildirilmiştir.

Emülsifiye bir et ürünü üzerinde yürütülen bir araştırmada farklı sarımsak ve sarımsak ürünleri ile sentetik bir antioksidan olan BHA'nın 4 °C'de 30 gün süreyle gerçekleşen muhafaza sırasında antimikrobiyal ve antioksidan aktiviteleri incelenmiştir. Araştırmada kontrol grubu, taze sarımsak (30 g/kg), sarımsak tozu (9 g/kg), sarımsak ekstraktı (100 ml/kg) ve BHA (0,1 g/kg) esas alınarak beş farklı formülasyona göre üretim yapılmış ve depolama süresince analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda depolama sırasında pH ve kalıntı nitrit

değerlerinin düştüğü, depolama süresi artıkça TBARS değeri ile total aerobik bakteri sayısının arttığı saptanmıştır. Sonuç olarak da taze sarımsağın diğer muamelelere göre hem antioksidan hem de antimikrobiyal aktivite açısından daha iyi sonuçlar verdiği vurgulanmaştır (Kim *et al.* 2009).

Denktaş (2010) ısıl işlem görmüş sucukta farklı antimikrobiyal maddelerin (100 ppm nisin, 250 ppm nisin, %1 sodyum laktat, %2 sodyum laktat, 250 ppm nisin + %2 sodyum laktat) ürünün bazı kalite özelliklerine etkilerini incelemiştir. Araştırıcı %2 sodyum laktat seviyesinin en yüksek antioksidan aktiviteyi göstererek TBA seviyesini önemli ölçüde düşürdüğünü ve sodyum laktatın 60 günlük depolama sırasında bu aktivitesini koruduğunu ancak rengin korunmasında etkili olmadığını bildirmiştir.

Ata (2010) tarafından yapılan bir çalışmada 10 sucuk örneğinde ortalama nitrit, nitrat, sekonder amin ve toplam nitrozamin içerikleri sırasıyla 13,27 µg/g, 73,58 µg/g, 217 ng/g ve 13,97 ng/g olarak tespit edilmiştir. Sucuk örneklerinin N-nitrozodimetilamin (NDMA), N-nitrozodietilamin, N-nitrozometiletilamin (NMEA), N-nitrozodietilamin (NDEA), N-nitrozopirolidin (NPYR), N-nitrozomorfolin (NMOR), N-nitrozopiperidin (NPIP), N-nitrozodibütilamin (NDBA) ve NEBA içerikleri ise sırasıyla 2,21±0,82 ng/g, 1,16±0,39 ng/g, 2,25±0,70 ng/g, 3,84±0,88 ng/g, 0,21±0,07 ng/g, 3,07±0,89 ng/g, 1,25±0,40 ng/g ve 0,53±0,41 ng/g olarak rapor edilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada pişirme işleminin toplam nitrozamin içeriğini önemli ölçüde arttırdığını da bildirmiştir.

Eyiler ve Öztan (2011) tarafından sosis üzerinde yapılan bir çalışmada domates tozunun alternatif kürleme ajanı olarak kullanılabilme imkanları araştırılmıştır. Araştırmada sentetik nitrit (50, 100 ve 150 mg/kg) ve domates tozu (%0, %2 ve %4) esas alınarak üretimleri yapılmış ve üretilen ürünler farklı analizlere tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre sentetik nitrit seviyesinin düşürülmesiyle oksidasyonun önemli ölçüde hızlandığı domates tozunun lipit oksidasyonunu geciktirdiği düşük nitrit seviyesi ve domates tozu kombinasyonun iç ve dış renk açısından daha iyi sonuçlar verdiği rapor edilmiştir. Sonuç olarak da %4 oranında domates tozu kullanılması durumunda nitrit seviyesinin 50 mg/kg seviyesine düşebileceği bildirilmiştir.

Emülsiyon tipi sosis üzerinde yürütülen bir çalışmada sarımsak tozu, α-tokoferol ve sarımsak tozu-α-tokoferol kombinasyonunun ürünün pH, TBARS, kalıntı nitrit ve renk değerlerine etkileri araştırılmıştır. Sarımsak tozu, α-tokoferol ve bu iki maddenin kombinasyonunun emülsiyon tipi sosislerin lipit ve renk stabilitesi ile raf ömrü özelliklerinin korunmasında önemli derecede etkili olduğu, %3 sarımsak tozu ve %1 sarımsak tozu+100 IU α-tokoferol uygulamalarının ürünün pH'ını düşürdüğü ve bu uygulamalar neticesinde TBARS ve kalıntı nitrit değerlerinin azaldığı rapor edilmiştir. Ayrıca sarımsak tozu ve/veya a-

tokoferolün antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerini araştırmak amacıyla yeni araştırmalara ihtiyaç olduğu da bildirilmiştir (Kim and Choi 2012).

Linares *et al.* (2013) tarafından yapılan bir çalışmada sarımsağın, kullanılan sarımsak türünden bağımsız olarak, et suyunda hem *L. monocytogenes* hem de *Salmonella spp.*'nin kontrolüne katkıda bulunduğu, sarımsak oranının arttırılmasının patojen rediksiyonunda daha fazla etkili olduğu rapor edilmiştir.

Li *et al.* (2013) tarafından Kuru fermente bir sosis çeşidinde nitrozamin oluşumuna askorbik asit ve polifenollerin etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada olgunlaşmanın belirli günlerinde alınan örnekler nitrozamin ile ürün özelliklerine yönelik analizlere tabii tutulmuştur. Analizler sonucunda olgunlaştırma ilerledikçe nitrozamin seviyesinin artış gösterdiğini, askorbik asit ve bitki polifenollerinin nitrozamin reaksiyonlarını önemli ölçüde engellediği ve ürünün pH ve a_w değerleri ile nem miktarı üzerinde hem polifenollerin hem de askorbik asidinin önemli bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Aynı araştırımada polifenoller ile askorbik asidin ürünün mikrobiyolojik özellikleri üzerinde de önemli bir etkisinin olmadığı kaydedilmiştir.

Çin tipi işlenmiş et ürünlerinde uçucu nitrozaminlerin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada nitrozamin analizi için ultrasonik solvent ekstraksiyonu ve GC-MS yöntemi kullanılmıştır. Nitrozamin analiz sonuçlarına göre örneklerde saptanan başlıca nitrozaminlerin NMEA, NPYR, NPIP, NDBA ve NDpheA olduğu, fermente sosisler ile emülsiyon tipi sosislerin nitrozamin içeriklerinin pişmiş sosislere daha yüksek nitrozamin değerleri verdiği ve sarımsak aromalı sosislerin diğer sosislere göre daha düşük değerler gösterdiği rapor edilmiştir (Yuan *et al.* 2015).

Kür edilmiş et ürünlerinde nitrozaminlerin oluşumunu engellemek amacıyla uzun yıllardan beri değişik stratejiler geliştirilmektedir. Bu kapsamda kuru kür edilmiş bir et ürünü (bacon) üzerinde yapılan bir çalışmada polifenoller (yeşil çay ve üzüm çekirdeği ekstraktları) ile α-tokoferolün lipit oksidasyonu, kalıntı nitrit, biyojen amin ve N-nitrozaminlerin oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonunda polifenoller ve α-tokoferolün incelenen parametreler üzerinde önemli etkilerinin olduğu, polifenol ve α-tokoferol içeren grupların kontrol grubu örneklere kıyasla daha düşük TBARS değeri verdiği, muamele gruplarının, kalıntı nitrit, biyojen amin ve N-nitrozamin içeriklerinin de kontrol grubuna göre daha düşük değerler gösterdiği rapor edilmiştir. Elde edilen sonuçlara temel bileşen analizi (PCA) uygulanmış ve bu analiz ile fiziksel özellikler, biyojen aminler (putresin, kadaverin, histamin, tyrmin, sipermin) NDMA ile toplam aerobik mezofilik bakteri sayısı arasında pozitif bir kolerasyonun olduğu

ortaya çıkarılmıştır. Ayrıca nitrit ile NDMA arasında da negatif bir kolerasyon olduğu rapor edilmiştir (Wang *et al.* 2015)

Ülkemizde yaygın olarak üretilen ve tüketilen yegane kuru fermente sosis çeşidi olan sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada farklı karabiber seviyeleri (5, 10, 15 g/kg), sodyum askorbat kullanımı (0 veya 568 mg/kg) ve pişirme derecesinin (çiğ, az, orta veya çok pişmiş) nitrozamin oluşumuna etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre NDMA ve NPIP içeriklerinin pişirme yoğunluğuna bağlı olarak artış gösterdiği pişirilmemiş sucuk gruplarında karabiber seviyesinin hem NDMA hem de NPIP seviyesinde azalmaya neden olduğu, NDMA ve NPYD nitrozamin çeşitlerinin askorbat ve karabiber oranından çok önemli düzeyde etkilendiği bildirilmiştir. Aynı araştırmada askorbat ve pişirme derecesi interaksiyonun ise NPYR ve NPIP üzerinde etkili olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak sucukta sodyum askorbat kullanımının kalıntı nitrit içeriğini önemli ölçüde düşürdüğü askorbat ile karabiber seviyesinin genellikle ürün özelliklerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı ve nitrozamin oluşumu açısından en önemli faktörün pişirme seviyesi olduğu vurgulanmıştır (Sallan *et al.* 2019)

Doğal bir antioksidan kaynağı olan siyah sarımsak tozunun ördek eti nugget üzerindeki etkisini belirlemek üzere yürütülen bir çalışmada siyah sarımsak tozu (%0, %1 ve %2), sentetik antioksidan kullanımı (200 mg/kg, BHT) ve muhafaza süresi (buzdolabı sıcaklığında 30 gün) faktör olarak alınmış ve her bir gruba ait örnekler fiziksel, duyusal ve kimyasak özellikler, antioksidan aktivite ve toplam bakteri sayısı yönünden analiz edilmiştir. Verilere uygulanan varyans analizi neticesinde %2 sarımsak tozu ilavesinin kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değerini, toplam fenol içeriğini DPPH inhibisyonunu önemli ölçüde arttırdığını ancak pH, parlaklığın göstergesi olan L* değerini, peroksit değerini, toplam bakteri sayısını, renk, aroma ve genel kabul edilebilirlik gibi duyusal parametrelere ait puanları düşürdüğü rapor edilmiştir. Araştırmada muhafaza süresinin ilerlemesiyle pH, L* ve a* değerlerinin düştüğü rapor edilmiştir. Ayrıca depolama süresi ve muhafaza süresi ilerledikçe toplam fenol içeriği ile DPPH inhibisyonun da azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak da soğukta muhafaza edilen ördek nugget ürünlerinin duyusal özelliklerinde herhangi bir değişime sebep olmamak için %1 oranında sarımsak tozu kullanılabileceği vurgulanmıştır (Lıshıanawatı *et al.* 2020).

Yarı kuru fermente sosisler grubunda yer alan ısıl işlem görmüş sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada, nitrit oranı, askorbat, starter kültür ve pişirme seviyesi faktörlerinin nitrozamin oluşumu ile ürünün karakteristik özelliklerine etkileri araştırılmış ve elde edilen sonuçlar varyans analizine tabii tutularak değerlendirilmiştir. Askorbat ilavesinin stater kültür varlığında NDMA ve NPIP açısından önemli bir faktör olmadığı, yüksek nitrit seviyesinin (150 mg/kg) starter kültür kullanılarak üretilen gruplarda starter kültür kullanılmayan gruplara göre daha

yüksek NPYR içeriği verdiği, ısıl işlem görmüş sucukta belirlenen nitrozaminlerin oluşumunda pişirmenin diğer faktörlere göre daha fazla etki gösterdiği nitrit seviyesi ile pişirme derecesi interaksiyonunun tespit edilen nitrozaminlerden sadece NPIP üzerinde etkili olduğu ve NPIP'in yüksek nitrit dozları (100 ve 150 mg/kg) ile iyi pişmiş ve çok iyi pişmiş uygulamalarda daha yüksek değerlere eriştiği rapor edilmiştir (Sallan *et al.* 2020).

Isıl işlem görmüş sucukta nitrozamin içeriği ile pH, a_w ve kalıntı nitrit arasındaki kolerasyonları belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada Türkiye piyasasından on farklı firmadan toplam 30 örnek analizlere tabii tutulmuştur. Analizler neticesinde ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinin NDMA, NPYR ve NPIP içerdiği, belirlenen nitrozaminler arasında NPIP'in daha yüksek değerler verdiği, NDMA ve NPYR'nin pH ile NPIP'in ise a_w ve kalıntı nitrit ile ilişkili olduğu rapor edilmiştir. Sonuç olarak da pH, a_w ve kalıntı nitrit parametrelerinin nitrozamin çeşidine bağlı olarak farklı etkiler gösterdiği vurgulanmıştır (Kaban *et al.* 2022).

Sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada, 10 farklı üretici firmadan 30 örnek nitrozamin içeriği yönünden analiz edilmiştir. Örneklerin pH ve a_w değerleri, kalıntı nitrit içeriği, laktik asit bakteri *Micrococcos/Stafilococcus* sayıları da belirlenmiştir. Aynı araştırmada sucukta nitrozamin oluşumuna pişirme süresinin etkisini belirlemek amacıyla alınan örnekler 180 °C'de ısıtıcı plakada farklı sürelerde pişirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda kalıntı nitirit içeriğinin 20 mg/kg'ın altında olduğu, örneklerin N-Nitrozodimetilamin (NDMA), N-Nitrozometilamin (NMEA), N-Nitrozoprolidin (NPYR) ve N-Nitrozopiperidin (NPIP) içerdiği ancak nitrozamin seviyesinin ürüne göre değişiklik gösterdiği, pH değerinin ilgili mevzuata uygun olduğu, sucuk örneklerinde yeterli bir kurutma yapılmadığı ve belirlenen nitrozaminler arasında NPIP'ın daha yüksek değerler verdiği ve 3 dakika süreyle uygulanan pişirmenin nitrozamin çeşidine bağlı olmak üzere önemli artışlara neden olduğu rapor edilmiştir (Kızılkaya 2022).

Et ürünlerinde nitrozamin riskinden dolayı alternatif kürleme ajanı olarak sebze tozlarının ya da ekstraklarının kullanılması konusu da sıklıkla gündeme gelmekte ve hatta endüstiriyel olarak bazı ürünlerinde bu sebze ürünleri kürleme ajanı olarak formülasyona dahil edilmektedir (Sebranek and Bacus 2007, Flores and Toldra 2021). Bu kapsamda ısıl işlem görmüş sucuk üretiminde alternatif kürleme ajanı olarak nitratı nitrite indirgenmiş kereviz tozunun kullanımının nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemeye yönelik olarak yürütülen bir çalışmada kereviz tozunun yarı kuru bir fermente ürün olan ısıl işlem görmüş sucuğun pH değerinde artışa neden olduğu, duyusal özellikleri etkilemediği ve uçucu bileşikler üzerinde sınırlı bir etki gösterdiği, a* değerini düşürdüğü ve NDMA ve NDEA içerikleri üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı ancak, kereviz tozunun NPIP içeriğinde artışa sebep olduğu

rapor edilmiştir. Aynı araştırmada nitrozamin içeriği üzerinde pişirmenin çok önemli etkisinin olduğu da ortaya konmuştur (Yılmaz Oral 2022).

MATERYAL VE METOT

Materyal

Isıl işlem görmüş sucuk gibi fermente sosislerin üretiminde hammadde seçimi önemli bir aşamadır. Bu ürünün üretiminde yerel bir kasaptan sığır karkasının but ve omuz bölgelerinden elde edilen et ve yağ kullanılmıştır. Et, fazla yağları uzaklaştırıldıktan sonra küçük parçalara kesilmiş ve -18 °C'de üretime kadar muhafaza edilmiştir. Sığır et yağları da yine küçük parçalara doğranmış ve -18 °C'de muhafaza edilmiştir.

Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonunda tuzun yanı sıra baharat olarak sakkaroz, kırmızıbiber, karabiber, kimyon ve yenibahar yer almaktadır. Tuz ve baharat çeşitleri Erzurum piyasasından sağlanmıştır. Beyaz ve siyah sarımsak Kastamonu Taşköprü'de Orhan Reis Tarımsal Ürünler A.Ş'den (Kastamonu) satın alınmıştır.

Üretimde yerel *Lactobacillus sakei* S15 ve *Staphlococcus xylosus* GM97 suşları (Kaya vd 2015, Kaban and Kaya 2008) hamura sırasıyla 10^7 kob/g ve 10^6 kob/g düzeyinde ilave edilmiştir.

Metot

Isıl işlem görmüş sucuk üretimi

Bir kg et ve et yağı için (80/20); 20 g tuz, 7 g kırmızıbiber, 5 g karabiber, 9 g kimyon, 2,5 g yenibahar ve 4 g sakkaroz kullanılmıştır. Sodium nitrit ise 150 mg/kg düzeyinde kullanılmıştır. Üretimde yukarıda belirtilen suşlar formülasyona dahil edilmiştir. Her bir denemede 4 sucuk hamuru hazırlanmıştır: birinci sucuk hamuruna %1 oranında beyaz sarımsak (kontrol grubu), iki, üç ve dördüncü sucuk hamurlarına ise sırasıyla %1,%2 ve %3 oranında siyah sarımsak ilave edilmiştir.

Araştırma üç tekerrürlü olarak planlandığından toplam on iki sucuk hamuru hazırlanmıştır. Her bir muamele için 3,2 kg et ve 0,8 kg et yağı hesaplanmıştır. Hamurların hazırlanmasında küçük ölçekli bir kuter (MADO, Schwarzwald), dolum işleminde ise yine küçük ölçekli bir doldurucu (MADO, Schwarzwald) kullanılmıştır. Kılıf olarak ise suni bağırsaklar (Naturin, Almaya) kullanılmıştır. Dolum işleminden sonra dengeleme işlemi uygulanmıştır. Dengelemeden sonra muamele grupları donanımlı bir klima kabininde (Reich, Almanya) 24 ± 1 °C'de % 90 ± 2 nispi rutubette 24 saat süreyle fermantasyona alınmıştır.

Fermantasyonu müteakiben yine küçük ölçekli bir pişirme fırınında (Mauting, Çekya) 55 °C'den başlayarak 64 °C'lik iç sıcaklığa kadar bir pişirme işlemi uygulanmıştır. Pişirme işleminden sonra muamele grupları tekrar klima ünitesine alınmış ve kurulmuştur (sıcaklık: 18 ± 1 °C, nispi rutubet: %84 ± 2, süre: 48 saat).

Isıl İşlem Görmüş sucukların pişirilmesi

Muamele grupları pişirmeden önce 0.5 mm kalınlığında dilimlenmiştir. Dilimlemeden sonra ısıtıcı plak üzerinde (180 °C) pişirilmiştir. Pişirme süresi olarak da 1 dakika (0,5 dak. bir yüzey, 0,5 dak. diğer yüzey) ve 3 dakika (1,5 dak. bir yüzey, 1,5 dak. diğer yüzey) uygulanmıştır. Pişirilmeyen örnekler ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Kurutmadan sonra elde edilen son ürünler aşağıda belirtilen analizlere alınmıştır. Nitrozamin ve renk analizleri ise hem son üründe hem de iki farklı süre pişirilen ürünlerde gerçekleştirilmiştir.

Mikrobiyolojik analizler

Laktik asit bakteri sayımı

Üretimden sonra örneklerin laktik asit bakteri sayısını saptamak için De Man Rogosa Shrap Agar (MRS) besiyeri hazırlanmıştır. MRS plaklarına yayma yöntemi ile ekim yapıldıktan sonra plaklar 30° C'de anareop koşullarda (Anaerocoult A) inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra en az on koloniye katalaz testi uygulanmış ve müteakiben katalaz negatif koloniler dikkate alınarak sayı hesaplanmıştır. (Gökalp vd. 2015).

Micrococcus / Staphylococcus sayımı

MSA Agar plaklarına yayma yöntemine göre ekim yapılmış ve inkübasyon 2 gün süreyle 30 °C'de gerçekleştirilmiştir. Sayı katalaz pozitif aktvite dikkate alınarak belirlenmiştir. (Kaya ve Gökalp 2004).

Enterobacteriaceae sayımı

Enterobacteriaceae sayısı Violet Red Bile Dextrose, Merck (VRBD) kullanılarak belirlenmiştir. Plaklara 0,1'er ml aktarılarak ekim yapılmış ve daha sonra 30°C'de 2 gün anaerobik şartlarda (Anaerocoult A, Merck) inkübe edilmiştir. Sayının belirlenmesinde 1mm'den büyük koloniler dikkate alınmıştır (Gökalp vd. 2015).

Maya ve küf sayımı

RBC (Rose Bengal Chloroamphenicol, Merck) agara uygun dilisyonlardan 0,1 mL ekim yapılmış ve 25 °C'de 5 günlük inkübasyondan sonra maya ve küf sayısı belirlenmiştir (Gökalp vd. 2015).

Fiziko-kimyasal analizler

Su aktivitesi

a_w belirlenmesinde su aktivitesi cihazı (Novasina AG CH-8853, İsviçre) kullanılmıştır. Cihaz, ölçümden önce faklı tuz çözeltileri ile 25°C'de kalibre edilmiştir.

pH

Her bir gruptan 10 g analiz numunesi tartılmış ve 100 mL saf su ilave edilerek ultra turrax (IKA, Germany) ile homojenize edilmiştir. Örneklerin pH değeri, pH metre ile tespit edilmiştir. Cihaz kullanılmadan önce kalibre edilmiştir (Gökalp vd 2015).

Tiyobarbiturik asit reaktif maddeler (TBARS)

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin tiyobarbiturik asit reaktif maddelerini (TBARS) berlirlemek için Lemon (1975) tarafından belirtilen yöntem uygulanmış ve sonuç mg MDA/kg olarak verilmiştir.

Kalıntı nitrit

Örneklerin kalıntı nitrit içeriğini belirlemek için HPLC/DAD kullanılmıştır (NKML, No:165). 10 g örnek üzerine 50 mL ultra saf su (50-60 °C) eklenmiş ve homojen hale getirildikten sonra 200 mL balon jojeye aktarılmıştır. Daha sonra üzerine 50 mL asetonitril ilave edilmiş ve 15 dakika daha karıştırıldıktan sonra 200 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır. Nitritsiz/nitratsız filtre kağıdından süzülen örnekler 0,45 µm' lik fitreden geçirilerek viallere alınmıştır. Sistemde akış hızı 2 ml/dak. ve 220 nm'de olacak şekilde ayarlamış ve enjeksiyon volümü 100 µl olarak alınmıştır. Nitrit standardı kullanılarak hazırlanan kalibrasyon üzerinden sonuçlar mg/kg olarak verilmiştir. (NKML 2000).

Renk analizi

Örneklerin kesit yüzey renk yoğunlukları (L*, a ve b değerleri), kolorimetre (CR-400 Konika Minolta, Japonya) cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Farklı süreler (0, 1 ve 3 dak.) pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların renk değerlerinin saptanmasında Uluslararası Aydınlatma Komisyonunda tarafından verilen kriterler esas alınmıştır. (L*; 100, beyaz (koyuluk/açıklık); a*; +a=kırmızı, -a*=yeşil ve +b*=sarı, -b*=mavi renk) (Rödel 1985).

Nitrozamin analizi

10 g örnek üzerine 0,1 M NaOH çözeltisi eklenmiş ve homojenizasyon işlemi uygulanmıştır. Daha sonra homejenizat üzerine metanol ilave edilmiş ve 10 dk süre ile santrifüj işlemi (4°C'de 10.000 rpm) uygulanmıştır.

Örnek konsantre edildikten sonra cam mikrofiberle filtre edilmiş ve daha sonra %20'lik NaCl çözeltisinden ilave edilerek ChemElut kolonuna (Agilent) aktarılmıştır. Ardından diklorometan eklenmiş ve örnek Kuderna Danish düzeneği ile 1 mL'ye konsantre edildikten sonra 40°C'de azot altında evapore edilmiştir.

Nitrozaminlerin tespitinde GC/MS kullanılmış ve SIM modunda çalışılmıştır. Sistemde helyum taşıyıcı gaz olarak ve DB-5MS kolon olarak kullanılmıştır. Fırın sıcaklık programı: 50°C'de 2 dk bekletildikten sonra 3 °C/dk hızla 100°C'ye çıkarılmış ve bu sıcaklıkta 5 dk bekletildikten sonra sıcaklık 20°C/dk hızla 250°C'ye çıkacak şekilde ayarlanmıştır. Tanımlamada Nitrozamin standardından (EPA 521 nitrosamine mix) faydalanılmış ve nitrozamin miktarları µg/kg seviyesinde saptanmıştır (Wang *et al.* 2015).

Duyusal analiz

Her bir gruba ait örnekler 20 eğitilmiş panelist tarafından renk, tekstür, koku, tat ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından hedonik tip skala (1-9) kullanılarak analiz edilmiştir.

İstatistiki analiz

Araştırmada farklı siyah sarımsak oranları ve pişirme süresi faktör olarak seçilmiştir. Çalışma şansa bağlı tam bloklar deneme deseni esas alınarak 3 kez tekrar edilmiştir. Sonuçlara iki yönlü varyans analizi uygulanmıştır. Önemli bulunan ana varyasyon kaynakları ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiştir.

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Laktik asit bakteri sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların laktik asit bakteri sayıları Tablo 2' de verilmiştir. Sonuçlara göre sucuk gruplarında laktik asit bakteri sayısı 2,00-4,26 log kob/g aralığında değişiklik göstermiştir. Tablodan da görüldüğü üzere %1 SS'da daha yüksek değerler saptanırken, %1 BS'da biraz, %3 SS'da daha düşük değerler saptanmıştır (Tablo 2). Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma olmak üzere üç ana işlem basamağı söz konusudur. Stater kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri hamura mevcut araştırmada olduğu gibi 10^6-10^7 kob/g düzeyinde ilave edilmektedir (Kaya and Kaban 2019). Fermantasyon sırasında bu bakteriler şekerlerden ağırlıklı olarak laktik asit üreterek ürün güvenliğine katkı sağlamaktadır. Ayrıca laktik asit bakterileri fermente sosisin duyusal ve tekstürel özelliklerinin gelişiminde de önemli rol oynamaktadır. Mevcut bu araştırmada laktik starter kültür olarak *Lactobacillus sakei* S15 kullanılmıştır. Bu suş ısıl işlem görmüş sucuk fermantasyonunda iyi bir gelişme göstermektedir (Yılmaz Oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023). Fermantasyon aşamasında laktik asit bakterileri uygulanan fermantasyon sıcaklığına bağlı olarak 10^8-10^9 kob/g düzeyine kadar gelişebilmektedir (Armutçu *et al.* 2020, Yılmaz Oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023). Endüstiriyel bir ürün olan ısıl işlem görmüş sucukta günümüzde starter kültürler yaygın olarak kullanılmakta ve böylelikle arzu edilen asitleşme kolaylıkla sağlanabilmektedir. Fermantasyondan sonra uygulanan ısıl işlemde ise 55-70 °C arasında değişen iç sıcaklık uygulamalarına yer verilmektedir (Vural 1998, Soyutemiz vd. 2001, Ercoşkun *et al.* 2010, Armutçu *et al.* 2020, Yılmaz Oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023). Uygulanan sıcaklığa bağlı olarak laktik asit bakteri sayısında önemli redüksiyonlar gerçekleşmektedir. Mevcut bu araştırmada iç sıcaklık 64 °C olacak şekilde bir ısıl işlem proses uygulanmış ve bundan dolayı son üründe laktik asit bakteri sayısı uygulanan sarımsak tipi ve oranına göre 2-4 log kob/g aralığında değişmiştir (Tablo 2). Diğer taraftan 68 °C'lik bir sıcaklık uygulamalarında daha düşük laktik bakteri sayıları tespit edilmiştir (Yılmaz oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023).

Isıl işlem görmüş sucukların laktik asit bakteri sayılarına ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 3'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre muamele faktörü laktik asit bakteri sayısı üzerinde çok önemli ($P<0,01$) düzeyde etki etmiştir.

Tablo 2. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	3,71	3,85	4,05
	3,62	3,55	4,26
%1 SS	4,12	2,70	3,63
	4,06	3,20	3,81
%2 SS	2,85	2,48	3,04
	2,85	2,00	3,26
%3 SS	3,04	2,70	2,30
	2,48	2,60	2,60

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 3. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	2,202	19,919**
Blok	2	0,591	5,342*
Hata	18	0,111	
Genel	24		

**P<0,01

Muamele gruplarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre %1 oranında BS ve SS içeren gruplar diğer gruplara göre daha yüksek bir ortalama değer vermiştir. Siyah sarımsak oranının %2 veya %3'e çıkarılması durumunda laktik asit bakteri sayısında bir logaritmik birim civarında azalma kaydedilmiştir (Tablo 4). Siyah sarımsak oranının %2 veya %3'e çıkarılması durumunda gerçekleşen bu azalmanın fermantasyon aşamasında siyah sarımsaktaki antimikrobiyal bileşikler nedeniyle laktik asit bakteri gelişiminin kısmen yavaşlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Afzaal *et al.* 2021). Bununla birlikte aşağıda verilen pH sonuçlarından da anlaşılacağı üzere laktik asit bakterileri %2 ve %3 sarımsak seviyesinde bile arzu edilen asitleşmeyi sağlayacak düzeye kadar geliştiğini göstermektedir.

Tablo 4. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Laktik Asit Bakteri Sayısı (log kob/g)
% 1BS (kontrol)	6	3,84±0,27a
%1 SS	6	3,59±0,55a
%2 SS	6	2,75±0,45b
%3 SS	6	2,62±0,24b

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

Micrococcus / Staphylococcus sayımı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayıları Tablo 5'de verilmiştir. Sonuçlara göre sucuk gruplarında 2,00-3,83 aralığında *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı tespit edilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere %1 BS (kontrol) grubunda daha yüksek değerler saptanırken, %3 SS grubunda daha düşük değerler saptanmıştır. Mikrokok ve stafilokoklar fermente sosislerde teknolojik açıdan diğer bir mikroorganizma grubudur. Bu mikroorganizmalar katalaz aktivitesi ile hidrojen peroksidi parçalayarak bu oksitleyici ajanı etkisini ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca bu mikrokok ve stafilokoklar nitrat redüktaz aktiviteleri ile nitratı nitrite parçalayarak renk oluşumunda etkili olmaktadır. Lipolitik ve proteolitik aktiviteleri ile ürünün aromasına katkı sağlamaktadır (Kaban *et al.* 2012, Lücke 1998). Ancak bu mikroorganizmaların gelişimi fermantasyon aşamasındaki asit oluşum hızı ve derecesine önemli ölçüde bağlı olup, pH'nın 5,4'ün altına düşmesi durumunda gelişimleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu mikroorganizmalarda da laktik asit bakterilerinde olduğu gibi ısıl işlem sırasında sayıda önemli redüksiyonlar gerçekleşmekte ve hatta sayı saptanabilir sınırın altına dahi düşebilmektedir (Yılmaz Oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023, Kaban and Bayrak 2015). Mevcut bu çalışmada *Staphyloccus xylosus* GM92 suşu starter kültür olarak kullanılmış ve hamura 10^6 kob/g düzeyinde ilave edilmiştir. Son üründe ise sayı sarımsak tipi ve oranına göre 2-3 log kob/g düzeyine kadar düşmüştür (Tablo 5).

Farklı oranlarda siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait varyans analiz sonuçları Tablo 6'de verilmiştir. Sonuçlara göre sarımsak oranı *Micrococcus/Staphylococcus* bakterileri üzerinde çok önemli düzeyde etki etmiştir.

Tablo 1. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (log kob/g)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	3,52	3,81	3,63
	3,41	3,83	3,66
%1 SS	2,60	2,48	3,04
	2,00	2,70	3,20
%2 SS	2,00	2,00	2,00
	2,30	2,00	2,30
%3 SS	2,00	2,00	2,00
	2,00	2,00	2,00

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 6. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	3,407	67,289**
Blok	2	0,125	2,469
Hata	18	0,051	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarına ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 7'da verilmiştir. Buna göre %1 SS seviyesi %1 BS'ye göre bir logaritmik birimlik daha düşük bir sayı vermiştir. En düşük ortalama sayı %3 SS içeren grupta belirlenmiş ancak bu gruba ait ortalama değer %2 SS grubuna ait ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir.

Siyah sarımsak ilavesinin %1 seviyesinde dahi beyaz sarımsağa göre daha düşük mikrokok/stafilokok sayısı vermesini siyah sarımsağın daha güçlü antimikrobiyal aktiviteye sahip olmasından ileri geldiği tahmin edilmektedir.

Tablo 7. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Micrococcus/Staphylococcus Sayılarına Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	*Micrococcus/Staphylococcus* Sayısı (log kob/g)
% 1BS (kontrol)	6	3,64±0,16a
%1 SS	6	2,67±0,43b
%2 SS	6	2,10±0,15c
%3 SS	6	2,00±0,00c

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

Enterobacteriaceae sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların Enterobacteriaceae sayıları (log kob/g) Tablo 8'de verilmiştir. Starter kültür ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların Enterobacteriaceae sayıları, tüm gruplarda saptanabilir sınırın altında (< 2 log kob/g) tespit edilmiştir. Tüm gruplarda Enterobacteriaceae familyası üyelerinin saptabilir sınırın altında bir sayı vermesinde fermantasyon aşamasındaki asitleşme ile ısıl işlemin önemli bir etkisinin olduğu düşünülmektedir. Nitekim ısıl işlem görmüş sucukta yürütülen araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Armutçu *et al.* 2020, Yılmaz Oral and Kaban 2021, Akyol *et al.* 2023).

Tablo 8. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Enterobacteriaceae Sayıları (log kob/g)

Yağ oranı (%)	Blok		
	1	2	3
10	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
20	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
30	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2

Maya ve küf sayısı

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların maya ve küf sayıları (log kob/g) Tablo 9'de verilmiştir. Sonuçlara göre siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların maya ve küf sayıları, tüm gruplarda saptanabilir sınırın altında (< 2 log kob/g) tespit edilmiştir. Bu sonucun üretim sırasında uygulanan ısıl işlemden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 9. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Maya Ve Küf Sayıları (log kob/g)

Yağ oranı (%)	Blok		
	1	2	3
10	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
20	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2
30	< 2	< 2	< 2
	< 2	< 2	< 2

Fiziko-kimyasal analizler

pH

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların pH değerleri Tablo 10'da verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere %1 BS, %1 SS, %2 SS ve %3 SS içeren ısıl işlem görmüş sucuk gruplarında pH değeri 5,09-5,18, 5,11-5,19, 5,15-5,24, 5,19-5,27 sırasıyla değişmiştir. Bu sonuçlar, Türk Gıda Kodeksi Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen sınır değerinin altında bulunmuştur. Isıl işlem görmüş sucuk yarı kuru bir fermente sosis çeşidi olduğundan pH değerindeki düşüşün ürünün mikrobiyolojik stabilitesi açısından büyük önem arz etmektedir (Kaya ve Kaban 2019).

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 11'da gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre, muamele faktörü ısıl işlem görmüş sucukların pH değeri üzerinde çok önemli ($p<0,01$) derecede etkili olmuştur.

Tablo 10. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerleri

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	5,10	5,15	5,18
	5,09	5,16	5,17
%1 SS	5,11	5,18	5,18
	5,12	5,19	5,18
%2 SS	5,16	5,24	5,20
	5,15	5,23	5,19
%3 SS	5,19	5,27	5,17
	5,22	5,27	5,20

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 11. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,007	14,026**
Blok	2	0,010	18,198
Hata	18	0,001	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların pH değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 12'de verilmiştir. Kontrol grubunda 5,14 olan ortalama pH değeri %1 SS, %2 SS ve %3 SS sucuk gruplarında sırasıyla 5,16, 5,20 ve 5,22 olarak tespit edilmiştir. Tablo 12' de görüldüğü üzere en düşük ortalama pH değeri %1 BS muamele grubunda belirlenmiştir. Ancak bu gruba ait ortalama değer %1 SS grubuna ait ortalama değerden istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Siyah sarımsak oranının %2 ve %3'e çıkarıldığı gruplarda ise daha yüksek ortalama değerler tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre siyah sarımsak kullanımı özellikle %2 ve %3 seviyelerinde son üründe daha yüksek bir ortalama değer vermektedir. Fermente sosislerde spontan olarak bulunan veya starter kültür olarak ilave edilen starter kültür bakterileri ortamdaki şekerleri kullanarak başta laktik asit olmak üzere organik asitlere oluşturmaktadır. Fermantasyon aşamasındaki bu asitleşme hem ürün güvenliği hem de ürün özelliklerinin gelişimi açısından büyük önem arz etmektedir. Asitleşme hızı ve derecesi üzerinde fermantasyon sıcaklığının yanı sıra formülasyona giren şeker miktarı ve tipi gibi iç faktörlerde önemli rol oynamaktadır (Lücke 1985;1998, Kaban *et al.* 2012, Gökalp vd 2012).

Beyaz sarımsağın fermantasyonu sırasında pH, kuru madde, indirgen şeker ve renk gibi fiziksel ve kimyasal özelliklerde önemli değişimler olmaktadır. Bu özelliklerdeki değişim proses sırasında uygulanan sıcaklık, nispi rutubet ve süreye bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Erol ve Ersus 2022). Choi *et al.* (2014) tarafından yapılan bir çalışmada 70 °C sıcaklık ve %90 nispi rutubet koşullarında 30 günlük proses sırasında süre ilerledikçe pH değerinin düştüğü ve başlangıçta 6,33 olan pH değerinin prosesin sonunda 3,74 olduğu ropar edilmiştir. Diğer bir çalışmada ise 73 °C sıcaklık ve % 90 nispi rutubette 33 günün sonunda siyah sarımsağın pH değeri 3,49 olduğu rapor edilmiştir (Angeles *et al.* 2016). Bu sonuçlara göre, ısıl işlem görmüş sucuk hamuruna siyah sarımsak ilavesinin hamurun pH değerinin düşürdüğü tahmin edilmektedir. Ancak fermantasyon sırasında siyah sarımsağın antimikrobiyal etkisinin özellikle %2 ve %3 seviyelerinde laktik asit bakterilerinin gelişimini ve aktivitesini yavaşlattığı ve bundan dolayı %2 ve %3 gruplarında pH değerinde daha az bir düşüş olduğu düşünülmektedir. Nitekim yukarıda verilen laktik asit bakteri sonuçlarından da görüldüğü üzere

aynı koşullarda fermantasyon, ısıl işlem ve kurutmaya tabii tutulan ısıl işlem görmüş sucuk gruplarında %2 ve %3 seviyeleri daha düşük laktik asit bakterileri sayısı göstermiştir.

Tablo 12. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların pH Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Ph
% 1BS (kontrol)	6	5,14±0,04b
%1 SS	6	5,16±0,04b
%2 SS	6	5,20±0,04a
%3 SS	6	5,22±0,04a

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

Su aktivitesi (a_w)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların a_w değerleri Tablo 13' de verilmiştir. Sonuçlara göre sucuk gruplarında su aktivitesi 0,932-0,944 log kob/g aralığında değişiklik göstermiştir. Isıl işlem görmüş sucuk gibi yarı kuru fermente sosislerde genellikle bu üründe olduğu gibi fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma biribirini izleyen üç önemli ana işlem basamağıdır. Uygulanan kurutma derecesine bağlı olarak bu ürünlerde su aktivitesi 0,90 ile 0,95 arasında değişmektedir (Caplice and Fitzgerald 1999, Armutçu *et al.* 2020, Akyol *et al.* 2023).

Isıl işlem görmüş sucuk gruplarının a_w değerlerine ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 14'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, beyaz sarımsak (%1) ve siyah sarımsak (%1, %2 ve %3) kullanımı su aktivitesi değeri üzerinde önemli (p<0,05) düzeyinde etki göstermiştir.

Tablo 13. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	0,944	0,942	0,939
	0,942	0,940	0,940
%1 SS	0,941	0,938	0,935
	0,938	0,939	0,935
%2 SS	0,935	0,932	0,936
	0,935	0,932	0,938
%3 SS	0,932	0,932	0,937
	0,932	0,932	0,936

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 14. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	7,050E-005	14,218**
Blok	2	4,875E-006	,983
Hata	18	4,958E-006	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların a_w değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 15'de verilmiştir. Sonuçlara göre, en yüksek ortalama değer %1 BS grubunda belirlenmiştir. Buna karşın %2 ile %3 siyah sarımsak seviyelerinde daha düşük değerler vermiş, bu iki muamele grubuna ait ortalamalar arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (P<0,05). Bu sonuçlara göre siyah sarımsağın az da olsa su aktivitesi değerinde azalışa sebep olduğu tespit edilmiştir. Siyah sarımsağın elde edilmesinde uygulanan fermantasyon sırasında kuru madde miktarında uygulanan proses koşullarına bağlı olarak %37 oranında kayıp söz konusu olabilmektedir (Erol ve Ersus 2022). Sarımsak üzerinde yürütülen bir çalışmada diş sarımsak ve soyulmuş sarımsakta başlangıçta sırasıyla 0,98 ve 0,97 olan a_w değerinin 72 °C'de 33 gün süreyle yapılan fermantasyon sonucunda 0,92 ve 0,91'e düştüğü rapor edilmiştir (Angeles *et al.* 2016). Kompleks pek çok reaksiyonun gerçekleştiği et fermantasyonunda a_w, pH, tuz miktarı, kuruma derecesi ve yağ oranı gibi pek çok faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kaya and Kaban 2019). Mevcut bu çalışmada gruplar arasındaki farklıların siyah sarımsağın kuru madde miktarının yüksek olması, pH farklılığı gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 15. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a_w Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	a_w
% 1BS (kontrol)	6	0,941±0,002a
%1 SS	6	0,938±0,002b
%2 SS	6	0,935±0,002c
%3 SS	6	0,934±0,002c

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

Kalıntı Nitrit

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların kalıntı nitrit değerleri Tablo 16'de verilmiştir. Bu Sonuçlardan da görüldüğü üzere ısıl işlem görmüş sucuk gruplarında kalıntı nitrit değeri 12,00-24,80 mg/kg arasında değişim göstermiştir. Isıl işlem görmüş sucukta nitrit önemli bir antimikroibiyal ajan olup 150 mg/kg düzeyine kadar hamura

ilave dilebilmektedir (Anonim 2019b). Mevcut bu çalışmada da ısıl işlem görmüş sucuk hamurlarına 150 mg/kg esas alınarak nitrit ilavesi yapılmıştır. Fermente sosislerde nitrit antimikrobiyal etkisinin yanında otooksidasyonun yavaşlatılması veya geciktirilmesi, tipik karakteristik kırmızı rengin oluşumu ve kür lezzeti oluşmu açısından önemli bir katkı maddesidir. Ancak bu katkı maddesi nitrozamin oluşumunda da önemli rol oynamaktadır (Honikel 1998).

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların kalıntı nitrit değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 17'de verilmiştir. Varyasyon kaynaklarından muamele ana varyasyon kaynağı ısıl işlem görmüş sucuğun kalıntı nitrit oranı üzerinde sarımsak oranı çok önemli düzeyde etkili olmuştur (P<0,01). Kalıntı nitrit seviyesi, et ürünlerinde ısıl işlem, pH değeri ve indirgeyici ajanların varlığı gibi pek çok faktöre bağlıdır (Honikel 2008).

Tablo 2. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri (mg/kg)

Muamele	**Blok**		
	1	**2**	**3**
% 1BS (kontrol)	20,60	24,80	16,40
	21,00	22,40	14,40
%1 SS	18,40	23,20	14,80
	18,40	21,20	14,40
%2 SS	16,60	20,40	14,60
	16,20	20,60	14,80
%3 SS	16,20	22,20	12,00
	15,00	19,80	13,60

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 17. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	13,778	11,347**
Blok	2	111,245	91,616**
Hata	18	1,214	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların kalıntı nitrit değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 18'de verilmiştir. Sonuçlardan görüldüğü üzere en yüksek ortalama değer %1 BS (kontrol)'da belirlenmiştir.

Siyah sarımsaklarda ise daha düşük değerler tespit edilmiştir. %2 SS ile %3 SS muamele grubuna ait ortalamalar arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Diğer bir ifade ile siyah sarımsak oranının %2'den %3'e çıkarılması kalıntı nitrit miktarında önemli bir değişime neden olmamıştır. Kür edilmiş et ürünlerinde, nitritin nitrik okside parçalanmasında pH düşüşü önemli bir faktördür. pH düştükçe kalıntı nitrit miktarı önemli ölçüde düşmektedir. (Honikel 1998, Kaban and Kaya 2019). Diğer taraftan emülsiyon sosisler üzerinde yapılan bir çalışmada sarımsak tozunun hem pH hem de kalıntı nitrit miktarını düşürdüğü rapor edilmiştir (Kim and Choi 2012).

Tablo 18. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Kalıntı Nitrit Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	Kalıntı Nitrit (mg/kg)
% 1BS (kontrol)	6	19,93±3,86a
%1 SS	6	18,40±3,46b
%2 SS	6	17,20±2,67bc
%3 SS	6	16,47±3,86c

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

Renk

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların L* değerleri Tablo 19'de verilmiştir. Diğer et ürünlerinde olduğu gibi ısıl işlem görmüş sucukta da renk önemli bir kalite kriteridir. Pişirme işlemi uygulanmayan ürün gruplarında parlaklığın göstergesi olan L* değeri sonuçlara göre, %1 BS gruplarında 42,40 ile 50,06 arasında değişmiştir. Buna karşın %1 SS, %2 SS ve %3 SS gruplarında L* değeri 30,93-51,44, 43,38-52,00 ve 40,66-54,04 arasında değişim göstermiştir. Pişirme işlemiyle de süre arttıkça L* değerinde azalmalar kaydedilmiştir.

Tablo 19. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve Farklı Sürelerde Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L* Değerleri

		Pişirme süresi (dak.)					Pişirme süresi (dak.)		
Grup	**Blok**	**0**	**1**	**3**	**Grup**	**Blok**	**0**	**1**	**3**
	1	45,74	37,50	39,12		1	45,87	41,06	37,50
	1	42,40	40,38	38,05		1	44,43	33,17	29,43
	1	46,21	43,72	32,46		1	46,26	34,47	34,50
%1BS	1	49,16	41,30	38,22	**%2 SS**	1	46,61	39,98	30,24
	1	42,52	38,34	33,85		1	45,94	38,52	35,06
	1	49,87	39,54	29,88		1	48,46	34,67	32,68

Tablo 19. (devamı)

	2	47,22	48,27	36,90	2	46,85	41,16	32,62
	2	48,87	38,52	32,71	2	44,55	38,24	35,48
	2	49,72	38,10	36,90	2	43,65	35,73	32,62
	2	49,87	38,95	32,40	2	45,30	40,63	37,09
	2	49,32	35,62	30,14	2	47,04	40,73	37,11
	2	50,06	36,94	30,93	2	43,38	40,78	36,48
	3	49,72	38,74	36,25	3	48,25	40,85	33,87
	3	44,65	41,39	34,85	3	50,81	37,26	32,62
	3	44,75	40,38	35,85	3	52,00	39,47	33,54
	3	45,15	35,05	28,06	3	51,66	38,03	37,94
	3	44,71	39,41	28,22	3	45,49	40,03	39,30
	3	49,16	39,96	33,90	3	48,26	38,57	28,77
	1	50,06	41,26	33,95	1	42,91	36,97	36,79
	1	46,77	39,29	37,77	1	48,14	39,68	28,72
	1	45,83	38,88	33,40	1	44,93	34,72	35,86
	1	48,33	39,07	38,59	1	47, 37	35,27	28,15
	1	46,55	34,45	38,11	1	44,18	35,71	37,21
	1	47,24	39,15	38,38	1	45,82	38,98	27,97
	2	47,39	42,47	37,70	2	47,28	39,08	33,72
	2	45,42	41,16	38,01	2	48,19	37,10	31,59
%1SS	2	50,91	36,60	38,44	2	43,63	35,14	34,03
	2	44,59	37,15	37,54	2	43,95	36,13	28,12
	2	48,25	38,60	39,96	2	40,66	36,42	27,89
	2	48,27	39,17	37,23	2	44,05	34,44	27,80
	3	30,93	39,50	31,88	3	45,30	39,77	29,78
	3	51,44	40,73	32,44	3	45,73	34,19	31,43
	3	47,51	38,60	32,83	3	44,61	36,41	29,95
	3	49,28	38,26	38,01	3	46,04	43,22	32,24
	3	44,44	41,01	37,04	3	54,04	41,15	33,92
	3	50,67	34,80	28,34	3	43,82	36,55	40,27

%3 SS

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların a* değerleri Tablo 20'de verilmiştir. Kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değeri 1 dakikalık ısıl işlem sonucunda artış, 3 dakikalık ısıl işlem sonunda ise genellikle azalma göstermiştir. Kontrol grubu (%1 BS) ile %1 SS,%2 SS ve %3SS gruplarına ait ısıl işlem görmüş sucuk örneklerinde a* değeri sırasıyla 10,90-17,58, 13,15-19,40, 11,84-16,93 ve 10,3-16,68 arasında değişmiştir.

Tablo 20. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların a* Değerleri

		Pişirme süresi (dak.)					Pişirme süresi (dak.)		
Grup	**Blok**	**0**	**1**	**3**	**Grup**	**Blok**	**0**	**1**	**3**
	1	10,90	17,67	17,02		1	14,24	17,08	15,84
	1	17,58	17,04	16,10		1	15,48	17,06	15,07
	1	16,37	16,94	17,81		1	16,93	17,20	16,21
	1	14,06	17,86	13,45		1	16,33	17,65	15,35
	1	17,15	18,69	16,66		1	15,46	17,18	18,48
	1	14,24	18,73	16,29		1	14,87	17,70	15,45
	2	16,20	14,20	18,76		2	13,94	16,12	17,41
	2	15,09	17,03	19,25		2	16,49	16,23	17,34
	2	14,95	17,69	18,77		2	15,71	17,12	17,94
%1BS	2	14,24	19,35	18,15	**%2 SS**	2	14,75	17,39	17,09
	2	14,47	17,93	17,88		2	14,3	15,77	18,47
	2	14,01	20,07	18,79		2	15,81	16,05	16,82
	3	14,95	16,66	16,27		3	14,5	17,08	14,67
	3	18,86	17,64	17,84		3	13,8	16,20	15, 57
	3	17,05	20,02	18,49		3	12,89	16,83	16,76
	3	17,15	18,1	15,37		3	11,84	17,84	18,10
	3	14,98	17,38	16,66		3	14,26	16,3	16,73
	3	14,06	17,86	16,66		3	13,37	15,23	14,95
	1	14,01	15,19	18,13		1	13,81	15,75	16,82
	1	16,80	17,6	17,13		1	14,49	14,71	15,08
	1	16,55	17,49	21,50		1	14,25	17,57	15,22
	1	17,58	17,92	19,30		1	13,14	15,85	15,20
	1	19,40	17,53	19,83		1	16,29	16,74	15,08
	1	16,09	16,21	18,51		1	13,69	15,87	14,65
	2	15,31	16,78	17,81		2	15,13	16,24	16,24
	2	16,33	19,82	17,99		2	13,89	15,53	19,46
	2	13,71	17,71	19,10		2	15,34	16,81	17,28
%1SS	2	17,02	20,93	18,68	**%3 SS**	2	15,13	17,73	14,77
	2	13,78	19,92	18,17		2	16,63	16,92	16,34
	2	14,20	17,42	18,79		2	14,78	17,37	14,57
	3	18,79	16,96	16,17		3	16,52	15,73	14,44
	3	13,15	15,55	16,37		3	14,09	17,36	15,82
	3	15,25	17,66	17,55		3	14,97	15,87	15,70
	3	13,74	18,02	16,71		3	14,98	15,05	16,14
	3	15,82	16,53	17,87		3	10,3	14,79	16,83
	3	13,40	18,60	16,97		3	16,68	15,52	15,18

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve belirli süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların b* değerleri Tablo 21'de verilmiştir. Sarı renk yoğunluğunun ölçütü olan b*

değeri tablodan da görüldüğü üzere % BS kontrol gruplarında 10,53-29,91 arasında belirlenirken sırasıyla %1 SS'de 11,87-15,59, %2 SS'de 9,42-16,17 ve %3 SS gruplarında 10,55-16,67 arasında belirlenmiştir.

Tablo 21. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve farklı süreler pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların b* Değerleri

		Pişirme süresi (dak.)					Pişirme süresi (dak.)		
Grup	**Blok**	**0**	**1**	**3**	**Grup**	**Blok**	**0**	**1**	**3**
	1	29,91	14,24	12,53		1	12,81	13,46	12,44
	1	14,24	12,32	14,53		1	11,68	12,28	9,42
	1	13,15	15,25	14,34		1	13,48	13,76	12,71
	1	13,51	13,52	14,17		1	12,72	14,64	10,21
	1	12,17	15,89	11,97		1	12,51	13,43	14,42
	1	13,57	15,46	13,05		1	13,32	14,34	10,77
	2	14,27	12,82	12,94		2	10,42	11,47	11,23
	2	13,27	12,22	16,01		2	12,84	11,49	13,16
%1BS	2	13,67	12,62	14,71	**%2 SS**	2	12,50	13,33	11,68
	2	13,57	14,41	12,80		2	12,35	13,19	13,72
	2	12,88	13,53	12,02		2	11,53	12,73	13,78
	2	11,87	13,32	13,32		2	11,90	12,81	12,54
	3	13,67	15,63	13,46		3	16,17	14,03	11,89
	3	17,07	15,40	15,75		3	17,33	14,42	11,42
	3	13,08	16,59	14,13		3	13,60	14,50	14,38
	3	13,79	15,64	11,60		3	12,72	14,92	15,36
	3	18,20	16,06	10,53		3	13,74	13,87	14,12
	3	13,51	16,38	15,15		3	13,41	15,22	10,75
	1	11,87	13,86	14,90		1	13,88	13,95	15,22
	1	14,33	13,57	13,49		1	12,77	12,34	10,75
	1	12,55	14,77	13,76		1	12,82	12,91	13,14
	1	12,79	14,85	14,91		1	11,98	14,13	11,39
	1	14,99	14,56	14,17		1	14,15	14,84	13,05
	1	15,59	13,54	15,35		1	13,20	13,18	10,55
	2	14,51	12,36	13,57		2	14,87	12,79	13,36
	2	14,84	15,7	12,97		2	13,2	11,05	13,25
%1SS	2	12,76	12,76	13,97	**%3 SS**	2	14,59	12,46	13,46
	2	15,34	14,61	14,11		2	13,83	14,04	13,22
	2	12,99	12,33	13,97		2	14,49	14,17	13,40
	2	12,82	14,89	12,76		2	14,74	12,96	11,79
	3	13,32	13,41	13,07		3	14,36	15,27	12,64
	3	14,5	14,71	12,88		3	13,58	13,80	13,80
	3	14,55	13,76	15,52		3	16,67	13,77	13,28
	3	14,42	15,33	14,79		3	13,53	13,08	12,47
	3	14,42	13,54	13,98		3	12,53	14,72	15,89
	3	13,14	14,24	12,07		3	15,11	14,43	14,42

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve belirli süre pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların L*, a* ve b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 22'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere muamele faktörü her üç renk parametresi üzeirnde çok önemli düzeyde etki göstermiştir. Pişirme faktörü ise L* ve a* değerleri üzerinde çok önemli etki gösterirken, b* değeri üzerinde p<0,05 düzeyinde etkili olmuştur.

Tablo 22. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		L*	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	113,352	5,954**
Pişirme süresi (PS)	2	2621,222	137,692**
Blok	2	16,680	0,876
SO x PS	6	14,223	0,747
Hata	202	19,037	
Genel	215		
		a*	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	32,698	10,583**
Pişirme süresi (PS)	2	83,236	26,939**
Blok	2	15,731	5,091**
SO x PS	6	3,272	1,059
Hata	202	3,090	
Genel	215		
		b*	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	15,608	5,689**
Pişirme süresi (PS)	2	11,048	4,027*
Blok	2	17,544	6,394**
SO x PS	6	1,919	0,699
Hata	202	2,744	
Genel	215		

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

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların L*, a* ve b* değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 23'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, %1 BS, %1 SS ve %2 SS grupları arasında L* değeri açısından istatistiki bir önemlilik söz konusu olmamıştır. Ancak %3 SS grubunda L* değerinde önemli bir azalma

kaydedilmiştir. Bu azalmanın bu grubun muhtamelen daha az nem içermesinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değeri açısından da gruplar arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Siyah sarımsak oranının yüksek olduğu seviyeler (%2 ve %3) hem %1 BS hem de %1 SS'ye göre daha düşük ortalama değerler vermiştir. Bu sonuç siyah sarımsağın ilavesiyle kırmızı renk yoğunluğunun azaldığını göstermektedir. Siyah sarımsak prosesinde siyah rengin oluşumu genellikle enzimatik olmayan esmerleşme olarak adlandırılan maillard reaksiyonu ile alakalı olup proses sırasında uygulanan sıcaklığa oldukça bağlıdır. Maillard reaksiyonun sırasında oluşan melanoidinler söz konusudur. Melanoidinlerin rengi ise şekerlerin enolizasyonu ve amino asitlerin rasemizasyonu ile alakalı olabileceği belirtilmektedir (Zhang *et al.* 2015). Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin ortalama b* değeri ise yüksek seviyelerde (%2 ve %3) önemli ölçüde düşüş göstermiştir ($p<0,05$) (Tablo 23).

Tablo 23. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	L*	a*	b*
% 1BS (kontrol)	54	40,18±6,28a	16,80±1,87a	14,25±2,65a
%1 SS	54	40,62±5,69a	17,14±1,90a	13,94±0,90ab
%2 SS	54	39,91±5,94a	15,73±2,62b	13,02±1,51c
%3 SS	54	37,40±8,16b	15,56±1,40b	13,51±1,22bc

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

Isıl işlem görmüş sucuk genellikle pişirilerek tüketilmektedir. Pişirme süresi arttıkça L* değeri düşüş göstermiştir. Bu sonuç pişirme süresinin ilerlemesi ile pişirme kayıplarının artması ve dolayısıyla nem oranının düşmesinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. Isıl işlem görmüş sucukta uygulanan orta dereceli ısıl işlem ürün güvenliğine önemli bir katkıda bulunmakta ve hatta rengin daha parlak ve kararlı hale gelmesine neden olmaktadır. Prosesinde herhangi bir ısıl işlem olmayan fermente sosislerin rengi, nitritin redüksiyonu sonucu olan nitrik oksidin myoglobin ile reaksiyonu sonucu oluşan nitrozomyoglobinden kaynaklanmaktadır. Isıl işlem görmüş sucukta olduğu gibi fermantasyondan sonra uygulanan ısıl işlem sonucunda uygulanan ısıl işlemde bu renk pigmenti nitrozohemokroma dönüşmektedir (Lücke 1985).

Deneme sucuklarının a* değeri pişirmeden etkilenmiş ve pişirilmiş ürünler kontrol grubuna göre daha yüksek değerler vermiştir. Bu sonuç muhtemelen maillard reaksiyonu sonucu oluşan birleşiklerden kaynaklanmaktadır. Sarı renk yoğunluğunu ifade eden b* değeri ise 3 dakikalık pişirme süresi ile düşüş göstermiştir.

Tablo 24. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların L*, a* ve b* Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi (dak.)	N	L*	a*	b*
0	72	45,99±6,37a	15,08±1,67b	13,90±2,35a
1	72	38,56±2,64b	17,11±1,32a	13,91±1,21a
3	72	34,04±3,60c	16,73±2,52a	13,23±1,46b

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

Tiyobarbiturik Asit Reaktif Maddeler (TBARS)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların TBARS değerleri Tablo 25'de verilmiştir. Sonuçlardan da görüldüğü üzere, tüm ısıl işlem görmüş sucuk gruplarında lipid oksidasyonunun göstergesi olan TBARS değeri genellikle 1 mg MDA /kg'ın altında bulunmuştur. Isıl işlem görmüş sucuk kısa süreli bir üretim periyoduna sahip olmasından dolayı lipid oksidayonunun derecesi oldukça sınırlıdır. Benzer sonuçlar Armutçu *et al.* (2020) ve Yılmaz Oral and Kaban (2021) tarafından da tespit edilmiştir. Sucuk, salami, ısıl işlem görmüş sucuk gibi kür edilmiş et ürünlerinde lipid oksidasyonu aroma maddelerinin de önemli bir kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Fermente sosislerde kullanılan ham maddenin özellikleri, formülasyona giren et ve yağın parçalanma derecesi, kürleme ajanı, baharat ve pH gibi faktörler lipid oksidasyonu üzerinde önemli etkileri söz konusudur (Kaya and Kaban 2019).

Tablo 25. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri (mg MDA/kg)

Muamele	Blok		
	1	2	3
% 1BS (kontrol)	0,50	0,62	0,63
	0,52	0,60	0,60
%1 SS	0,73	0,66	0,76
	0,70	0,68	0,74
%2 SS	0,96	0,87	0,85
	0,95	0,85	0,89
%3 SS	1,00	1,01	0,99
	1,03	1,04	1,02

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 26'de verilmiştir. Sonuçlara göre, muamele faktörü TBARS değeri üzerinde çok önemli düzeyde etkili olmuştur.

Tablo 26. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,224	117,265**
Blok	2	0,001	0,372
Hata	18	0,002	
Genel	24		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların TBARS değerleri ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 27'de verilmiştir. Sonuçlara göre, en düşük ortalama değer %1 BS (kontrol) grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsakta ise daha yüksek değerler tespit edilmiştir. Her bir muamele grubuna ait ortalamalar istatistiki olarak farklılık göstermiştir.

Tablo 27. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların TBARS Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	TBARS (mg MDA/kg)
% 1BS (kontrol)	6	0,58±0,05d
%1 SS	6	0,71±0,04c
%2 SS	6	0,90±0,05b
%3 SS	6	1,02±0,02a

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

Duyusal Analiz Sonuçları

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların renk, tat, koku ve tekstür duyusal parametrelerine ait değerlendirme sonuçları Tablo 28'de verilmiştir. Bu verilere ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 29'de verilmiştir.

Bu sonuçlara göre, sarımsak muamelesi renk, tat ve koku değerleri üzerinde çok önemli ($p < 0,01$) düzeyde etkili olurken, genel kabul edilebilirlik değeri üzerinde önemli ($p < 0,05$) bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna karşın tekstür parametresi bu muamleden etkilenmemiştir ($p > 0,05$) (Tablo 29).

Tablo 28. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Analiz Sonuçları

Grup	Blok	Renk	Tat	Koku	Tekstür	Genel kabul edilebilirlik
% 1BS (kontrol)	1	7,55	7,80	7,85	7,50	8,00
	2	7,70	7,75	7,85	7,45	7,85
	3	7,30	7,60	7,55	7,20	7,60
%1 SS	1	7,65	7,40	7,60	7,40	7,55
	2	7,80	7,60	7,75	7,50	7,75
	3	7,60	7,20	7,40	7,45	7,35
%2 SS	1	7,90	7,20	7,30	7,40	7,35
	2	7,90	7,25	7,35	7,55	7,60
	3	7,75	7,15	7,35	7,35	7,35
%3 SS	1	7,90	7,05	7,35	7,45	7,45
	2	8,20	7,45	7,30	7,40	7,50
	3	7,85	7,15	7,25	7,30	7,45

Tablo 29. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Renk	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0,123	19,261**
Blok	2	0,076	11,870**
Hata	6	0,006	
Genel	12		
		Tat	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0,173	13,305**
Blok	2	0,058	4,444
Hata	6	0,013	
Genel	12		
		Koku	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0,137	13,600**
Blok	2	0,034	3,372
Hata	6	0,010	
Genel	12		

Tablo 29. (devamı)

		Tekstür	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0,004	0,515
Blok	2	0,024	3,545
Hata	6	0,007	
Genel	12		
		Genel kabul edilebilirlik	
Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	0,091	6,065*
Blok	2	0,058	3,865
Hata	6	0,015	
Genel	12		

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

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların duyusal değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 30'de verilmiştir. Sonuçlara göre, en düşük renk değeri %1 BS grubunda saptanırken siyah sarımsak seviyelerinde renk değerinde artış gözlemlenmiştir. Ancak %2 SS ve %3 SS seviyelerine ait ortalama renk puanları arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir ($p>0.05$). Diğer bir duyusal parametre olan tat açısından önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek ortalama tat değeri kontrol grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Koku açısından ise kontrol grubu ile %1 SS içeren grup arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık söz konusu olmazken %2 ve %3 seviyeleri daha düşük ortalama değerler vermiştir. Tekstür bakımından ise muamele grupları arasında önemli bir farklılık saptanmamıştır. En yüksek ortalama genel kabul edilebilirlik puanı ise kontrol grubu vermiştir. Siyah sarımsak içeren muamele grupları arasında ise bu parametre açısından önemli farklılıklar belirlenmemiştir (Tablo 30). Isıl işlem görmüş sucuk grupları arasında duyusal parametreler açısından bazı farklılıklar söz konusu olmasına rağmen değerler ortalama değer olan 7 civarında seyretmiştir.

Tablo 30. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların Duyusal Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Duyusal Parametre	N	Sarımsak oranı			
		%1 BS	%1 SS	%2 SS	%3 SS
Renk	3	7,52±0,20c	7,68±0,10b	7,85±0,09a	7,98±0,19a
Tat	3	7,72±0,10a	7,40±0,20b	7,20±0,05b	7,22±0,21b
Koku	3	7,75±0,17a	7,58±0,18a	7,33±0,03b	7,30±0,05b
Tekstür	3	7,38±0,16a	7,45±0,05a	7,43±0,10a	7,38±0,08a
Genel kabul edilebilirlik	3	7,82±0,20a	7,55±0,20b	7,43±0,14b	7,47±0,03b

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

Nitrozaminler

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuklarda farklı seviyelerde NDMA, NDEA ve NPIP saptanmıştır. Diğer nitrozaminler (NDBA, NPYR ve NMEA) ise tüm gruplarda belirlenebilir değerin altında tespit edilmiştir.

NDMA (N-nitrozodimetilamin)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların NDMA değerleri (µg /kg) Tablo 31'da verilmişitir.

Beyaz sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuk grubunda pişirme işlemi uygulanmamış örneklerde 0,48-0,83 µg /kg arasında NDMA belirlenmiştir. Bu grupta pişirme süresi arttıkça NDMA içeriği artmıştır. Siyah sarımsağın %1, %2 ve %3 oranında kullanıldığı ısıl işlem grömüş sucuk gruplarında ise pişirme uygulanmamış örneklerde NDMA içeriği sırasıyla 0,46 ile 1,06, %2 SS'da 0,45 ile 0,76, %3 SS'da 0,33 ile 0,95 arasında değişim göstermiştir. Uluslararası Kanser Ajansı (IARC) tarafından 2A grubunda tanımlanan (olası kanserojen) NDMA (IARC 2020) pişirme süresi arttıkça artış göstermiştir.

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların NDMA içeriklerine ait varyans analiz sonuçları ise Tablo 32'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre hem muamele hem de pişirme süresi faktörleri NDMA içeriği üzerinde çok önemli ($p<0.01$) düzeyde etki göstermiştir. Isıl işlem görmüş sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada da pişirme süresinin NDMA içeriğinde çok önemli etkisinin olduğu saptanmıştır (Sallan *et al.* 2020). Ülkemizde yaygın bir şekilde üretilen diğer bir fermente kuru sosis çeşidi olan sucuk üzerinde yapılan araştırmalarda da NDMA'nın pişirme derecesinde çok önemli düzeyde etkilendiği bildirilmiştir (Sallan *et al.* 2019, Kızılkaya *et al.* 2023). Isıl işlem görmüş sucukta yürütülen diğer bir çalışmada ise 30 örnek incelenmiş ve NDMA seviyesinin 1,71-3,57 µg/gr arasında değiştiği rapor edilmiştir (Kaban *et al.* 2022).

Tablo 31. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerleri (µg/kg)

Muamele	Blok	Pişirme süresi (dak.)		
		0	1	3
% 1BS (kontrol)	1	0,74	1,65	1,55
		0,52	1,46	1,66
	2	0,86	1,32	1,83
		0,48	1,01	1,25
	3	0,83	1,09	1,37
		0,80	1,21	1,49
%1 SS	1	0,52	1,31	1,41
		1,06	1,39	1,29
	2	0,47	1,32	1,47
		0,46	1,14	1,52
	3	0,75	1,00	1,39
		0,53	1,15	1,43
%2 SS	1	0,76	1,21	1,10
		0,66	1,20	1,49
	2	0,63	1,13	1,70
		0,75	1,26	1,25
	3	0,62	0,72	1,55
		0,45	0,89	0,78
%3 SS	1	0,43	0,62	0,64
		0,36	0,67	0,86
	2	0,33	0,55	0,59
		0,40	0,77	0,83
	3	0,95	0,66	0,72
		0,63	0,51	0,60

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Tablo 32. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen ve farklı süreler pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	1,087	28,936**
Pişirme süresi (PS)	2	2,389	63,613**
Blok	2	0,062	1,651
SO x PS	6	0,140	3,741**
Hata	58	0,038	
Genel	72		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 33'de verilmiştir. Buna göre en düşük ortalama değer %3 SS grubunda belirlenmiştir. NDMA açısından %1 BS ile %1 SS grupları arasından istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Siyah sarımsak oranının %2 olduğu grup kontrol grubundan düşük, %3 SS grubundan ise yüksek değer verdiği belirlenmiştir. Nitrozamin oluşumunda kalıntı nitrit önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir (Belitz *et al.* 2001). Yukarıda verilen nitrit sonuçlarından da anlaşılacağı üzere siyah sarımsak içeren gruplar daha düşük kalıntı nitrit değeri vermiştir. Siyah sarımsak varlığında örneklerin NDMA içeriğinin kullanılan orana bağlı olarak daha düşük değerler vermesinin kalıntı nitrit seviyesi ile alakalı olduğu düşünülmektedir. Bunun yanı sıra siyah sarımsakta fazla miktarda bulunan sülfürlü bileşikler içerisinde yer alan allil sülfürlü bileşiklerinin de etkili olduğu tahmin edilmektedir (Shenoy and Chougholey 1992; Choi *et al.* 2014).

Tablo 33. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NDMA(µg /kg)
% 1BS (kontrol)	18	1,17±0,40a
%1 SS	18	1,09±0,38ab
%2 SS	18	1,01±0,36b
%3 SS	18	0,62±0,17c

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

Farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NDMA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları ise Tablo 34'de verilmiştir. Buna göre pişirme süresi arttıkça NDMA içeriği artmaktadır. Benzer sonuçlar ısıl işlem görmüş sucuk (Sallan *et al.* 2020) ve sucuk (Sallan *et al.* 2019, Kızılkaya *et al.* 2023) üzerinde yapılan araştırmalarda da tespit edilmiştir.

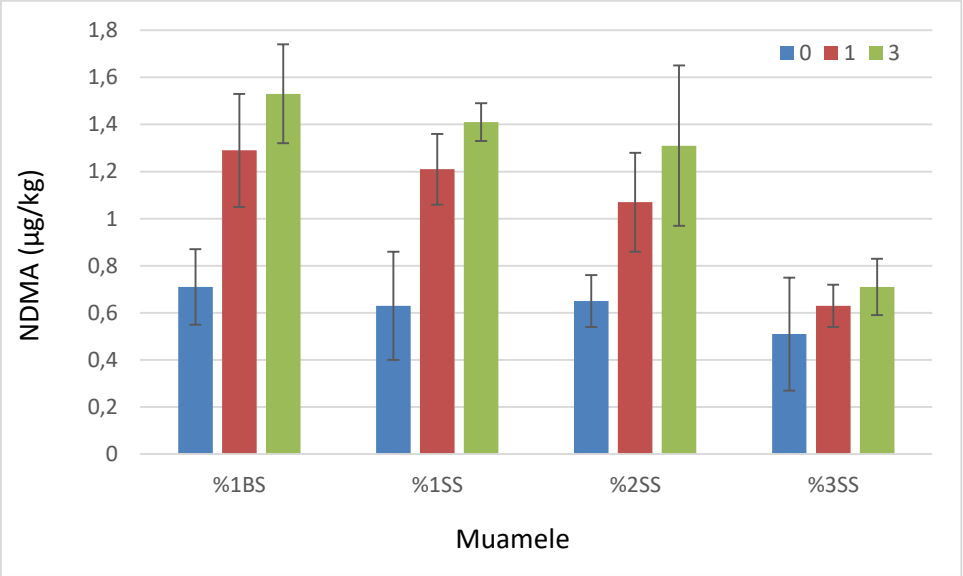
Tablo 34. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDMA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi (dak.)	N	NDMA (µg/kg)
0	24	0,62±0,19c
1	24	1,05±0,31b
3	24	1,24±0,38a

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

Isıl işlem görmüş sucukların NDMA değerleri üzerinde çok önemli (p<0,01) etkisi saptanan muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik Şekil 4'de verilmiştir. Şekilden

de görüldüğü üzere %1 BS ve %1 SS gruplarında pişirme süresine bağlı artışlar benzer oranda gerçekleşmiştir. Benzer durum %2 SS grubunda da gözlemlenmiştir. Buna karşın %3 SS varlığında pişirme süresi arttıkça NDMA içeriğindeki artış diğer muamele gruplarına göre daha yavaş olmuştur. Bu sonucun bu grupta kalıntı nitrit seviyesinin daha düşük olması ve ayrıca siyah sarımsağın fenolik birleşikler ve sülfürlü bileşiklerce zengin olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim fenolik bileşikler yapılarına, reaksiyon koşullarına ve özellikle de pH'a bağlı olarak N-nitrazasyon hızını azalttığı veya arttırdığı bildirilmektedir (Shenoy and Choughuley 1992).



Şekil 4. Isıl işlem görmüş sucukların NDMA değerleri üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik

NDEA (N-Nitrozodietilamin)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NDEA değerleri (µg/kg) Tablo 35'de verilmiştir. Beyaz sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucuk grubunda pişirme işlemi uygulanmamış örneklerde 0,46-0,86 µg/kg arasında NDEA belirlenmiştir. Bu grupta pişirme süresi arttıkça NDEA içeriği artmıştır. Siyah sarımsağın %1, %2 ve %3 oranında kullanıldığı ısıl işlem gömüş sucuk gruplarında ise pişirme uygulanmamış örneklerde NDEA içeriği sırasıyla 0,53 ile 0,78, %2 SS'da 0,56 ile 0,66, %3 SS'da 0,48 ile 0,70 arasında değişim göstermiştir. Bu nitrozamin çeşidi de NDMA gibi Uluslararası Kanser Ajansı (IARC) tarafından 2A grubunda (olası kanserojen) tanımlanmıştır.

Tablo 35. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerleri (µg/kg)

Muamele	Blok	Pişirme süresi (dak.)		
		0	1	3
% 1BS (kontrol)	1	0,64	1,13	1,21
		0,67	1,02	1,27
	2	0,48	1,00	1,35
		0,86	0,80	1,28
	3	0,46	1,21	1,33
		0,69	1,29	1,47
%1 SS	1	0,53	0,56	0,69
		0,65	0,63	0,58
	2	0,57	0,71	0,65
		0,65	0,55	0,71
	3	0,66	0,73	0,78
		0,78	0,84	0,80
%2 SS	1	0,56	0,80	0,85
		0,61	0,72	0,77
	2	0,58	0,73	0,79
		0,66	0,74	0,67
	3	0,63	0,55	0,74
		0,58	0,46	0,79
%3 SS	1	0,48	0,68	0,61
		0,53	0,69	0,67
	2	0,58	0,63	0,66
		0,62	0,67	0,60
	3	0,67	0,72	0,61
		0,70	0,68	0,64

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NDEA değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 36'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre, hem muamele hem de pişirme süresi NDEA üzerinde çok önemli ($p<0,01$) düzeyde etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ısıl işlem görmüş sucuk gruplarının NDEA içeriği üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonu da $p<0,05$ düzeyinde etkili olmuştur.

Tablo 36. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	SD	KO	F
Muamele	3	0,548	58,444**
Pişirme süresi (PS)	2	0,346	36,909**
Blok	2	0,022	2,369
SO x PS	6	0,145	15,435**
Hata	58	0,009	
Genel	72		

**P<0,01

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların NDEA değerleri ait ortalamaların duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 37'da verilmiştir. Buna göre en yüksek NDEA içeriği kontrol grubunda tespit edilmiştir. Siyah sarımsak içeren gruplar içerisinde ise önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Isıl işlem görmüş sucuk (Kaban *et al.* 2022) ve sucuk (Kızılkaya *et al.* 2023) tarafından yapılan araştırmalarda bu nitrozamin içeriğinin belirlenen sınırın altında olduğu belirlenmiştir. Özel *et al.* (2010) ise NDEA'nın sucukta 0,10 ile 0,95 mg/kg aralığında değişim gösterdiğini rapor etmişlerdir. Mevcut bu araştırmada siyah sarımsak içeren örneklerin daha düşük NDEA değerler vermesi hem kalıntı nitrit seviyesi hem de siyah sarımsağın antioksidan aktivitesiyle alakalı olduğu tahmin edilmektedir.

Tablo 37. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NDEA(µg/kg)
% 1BS (kontrol)	18	1,01±0,32a
%1 SS	18	0,67±0,09b
%2 SS	18	0,68±0,11b
%3 SS	18	0,64±0,06b

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

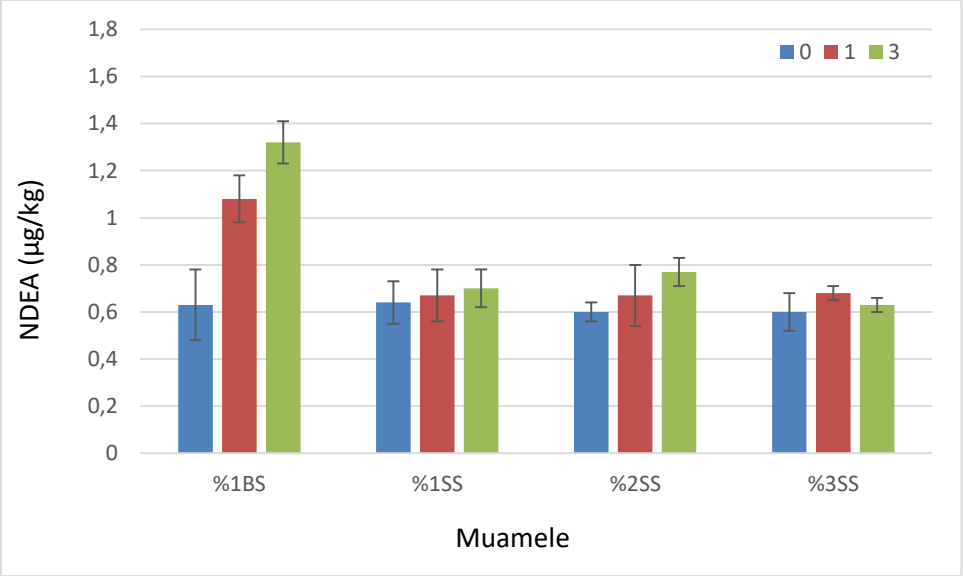
Farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NDEA değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 38'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere pişirme süresi arttıkça NDEA içeriği artmaktadır. Benzer sonuç Rywotycki (2007) tarafından da tespit edilmiştir. Model sistemde yürütülen bir araştırmada ise NDEA oluşumunda askorbat ve tuzun inhibitör etki sergilediği rapor edilmiştir (Rywotycki 2002). Kuru kür edilmiş sosiler üzerinde yürütülen bir çalışmada ise uygulanan pişirme yöntemlerinden derin yağda veya yağsız kızartmanın daha yüksek NDEA verdiği bildirilmiştir (Li *et al.* 2012).

Tablo 38. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NDEA Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi (dak.)	N	NDEA (µg/kg)
0	24	0,61±0,10c
1	24	0,77±0,21b
3	24	0,86±0,29a

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

Isıl işlem görmüş sucukların NDEA değerleri üzerinde çok önemli (p<0,01) etkisi saptanan muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik şekil 5'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere beyaz sarımsak içeren gruba göre %1 ve %2 SS gruplarında pişirme sırasında NDEA içeriğinde daha az bir artış olmuş ve hatta %3 SS grubunda 3 dakikalık pişirme süresi 1 dakikalık pişirme süresine göre daha düşük bir değer vermiştir. Kompleks bir matrikse sahip olan fermente sosis çeşidi ortamında gerçekleşen reaksiyonlarda pek çok iç ve dış etken rol oynamaktadır (Kaya and Kaban 2019). Nitrozamin oluşum reaksiyonları da oldukça kompleks olup kalıntı nitrit, su aktivitesi, katılan nitrit seviyesi nitrazasyon katalizleri ve inhibitörler gibi faktörler tarafından etkilenmektedir (Wang *et al.* 2015, De Mey *et al.* 2017). NDEA'nın siyah sarımsak içeren örneklerde pişirme sırasında beyaz sarımsağa göre daha az nitrozamin değerleri vermesi muhtemelen bu ürünün içeriği ve pişirme sırasındaki reaksiyonları ile alakalı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5. Isıl işlem görmüş sucukların NDEA değerleri üzerinde muamele x pişirme süresi interaksiyonuna ait grafik

NPIP (N-nitrozopiperidin)

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NPIP değerleri (µg/kg) Tablo 39'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere %1

beyaz sarımsak kullanılarak üretilen grupta NPIP içeriği 0,40 ile 0,80 arasında değişim göstermiştir. NPIP içeriği bu grupta 1 dakikalık pişirme sonunda 0,46 ile 0,76, 3 dakikalık ısıl işlem sonunda ise 2,23 ile 4,41 aralığında yer almıştır. Siyah sarımsak içeren gruplarda ise NPIP içeriğinde artış gözlenmiş, %1 SS, %2 SS ve %3 SS gruplarında NPIP içeriği sırasıyla 1,03-1,47, 1,65-3,38 ve 1,34-3,93 aralığında değişim göstermiştir. Pişirme sırasında da her üç grupta da süre ilerledikçe NPIP içeriği artmıştır.

Fermente sosilerde kullanılan karabiber NPIP 'in en önemli kaynağıdır (Yurchenko and Mölder 2007). Nitekim De Mey *et al.* (2014a) pepper salami olarak adlandırılan bir üründe karabiberden dolayı NPIP seviyesini 12,3 mg/kg düzeyinde tespit ettiklerini bildirmişlerdir. Diğer bir araştırmada ise fermente sosis hamurundaki karabiber seviyesi arttıkça NPIP seviyesinin artış gösterdiği rapor edilmiştir (Herman *et al.* 2015b). Sallan *et al.* (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada ise karabiber seviyesinin artışı ile NPIP seviyesinin arttığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada karabiberin oranın artırılması durumunda antioksidan bileşiklerden dolayı NPIP seviyesinin düştüğü de bildirilmiştir.

Tablo 39. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerleri (µg/kg)

Muamele	**Blok**	**Pişirme süresi (dak.)**		
		0	**1**	**3**
% 1BS (kontrol)	1	0,68	1,21	3,50
		0,75	1,39	3,77
	2	0,50	0,98	4,10
		0,46	0,76	4,41
	3	0,40	1,34	2,86
		0,80	1,46	2,23
%1 SS	1	1,30	1,56	4,94
		1,22	2,40	4,42
	2	1,40	2,64	5,18
		1,23	2,98	5,00
	3	1,03	2,41	6,56
		1,47	2,59	6,51
%2 SS	1	1,65	3,23	5,94
		2,00	3,28	5,34
	2	2,35	3,41	6,17
		2,99	3,95	6,10
	3	3,08	4,00	8,72
		3,38	4,63	8,32

Tablo 39. (devamı)

%3 SS	1	1,56	1,98	6,07
		1,34	2,98	6,46
	2	2,61	3,14	7,42
		2,75	3,17	7,78
	3	3,41	4,31	6,30
		3,93	4,04	6,44

BS: beyaz sarımsak, SS: siyah sarımsak

Beyaz ve siyah sarımsak kullanılarak üretilen ve faklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NPIP değerlerine ait varyans analiz sonuçları tablo 40'de verilmiştir. Her iki ana varyasyon kaynağının da NPIP içeriği üzerinde çok önemli ($p<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sucuk ve ısıl işlem görmüş sucukta pişirme yoğunluğunun NPIP içeriği üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğu diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir (Sallan *et al.* 2019;2020, Ata 2010).

Tablo 40. Beyaz ve Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Ve Faklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon kaynakları	**SD**	**KO**	**F**
Muamele	3	26,352	63,835**
Pişirme süresi (PS)	2	97,034	235,059**
Blok	2	4,753	11,514**
SO x PS	6	0,750	1,816
Hata	58	0,413	
Genel	72		

**P<0,01

Farklı oranlarda siyah sarımsak kullanılarak üretilen ısıl işlem görmüş sucukların NPIP değerleri ait ortalamaların duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 41'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre en düşük NPIP seviyesi kontrol grubunda belirlenmiştir. Siyah sarımsak oranının %1'e çıkarılması durumunda NPIP içeriği önemli ölçüde artış göstermiştir. Siyah sarımsak oranının %2 veya %3 'e çıkarıldığı gruplarda da NPIP içeriği hem %1 BS hem de %1 SS gruplarına göre önemli artışlar göstermiştir. Bununla birlikte %2 ve %3 SS gruplarına ait ortalamalar arasında istatistiki açıdan önemli bir farklılık saptanmamıştır. NPIP oluşumunda en önemli kaynak karabiberdir.

Tablo 41. Farklı Oranlarda Siyah Sarımsak Kullanılarak Üretilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerleri Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Muamele	N	NPIP (µg/kg)
% 1BS (kontrol)	18	1,76±1,36c
%1 SS	18	3,05±1,87b
%2 SS	18	4,36±2,02a
%3 SS	18	4,21±2,03a

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

Farklı süreler pişirilen ısıl işlem görmüş sucukların NPIP değerlerine ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 42'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere pişirme süresi arttıkça NPIP içeriği artmaktadır. Sucuk (Sallan *et al.* 2019, Kızılkaya *et al.* 2023), ısıl işlem görmüş sucuk (Sallan *et al.* 2020) üzerinde yapılan araştırmalarda da NPIP seviyesinin pişirme derecesinden önemli ölçüde etkilendiği bildirilmiştir.

Tablo 42. Farklı Süreler Pişirilen Isıl İşlem Görmüş Sucukların NPIP Değerlerine Ait Ortalamaların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Pişirme süresi (dak.)	N	NPIP (µg/kg)
0	24	1,76±1,05c
1	24	2,66±1,12b
3	24	5,61±1,65a

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

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Isıl işlem görmüş sucuk, üretim süresinin kısa olması ve prosesinde yer alan ısıl işlem uygulamasının sağladığı avantaj nedeniyle hem üreticiler hem de tüketiciler tarafından tercih edilen fermente bir sosis çeşididir. Isıl işlem görmüş sucuk üretimi kür edilmiş bir et ürünü olduğundan diğer fermente sosilerde olduğu gibi belirli seviyelerde nitrozamin içerebilmektedir. Dünyada genellikle bu tip ürünler tüketime hazır et ürünleri olduğundan herhangi bir pişirme işlemine tabii tutulmadan tüketilmektedir. Ancak ısıl işlem görmüş sucuk ve hatta kuru fermente bir sosis çeşidi olan sucuk genellikle pişirlerek tüketilmektedir. Pişirmenin ise nitrozamin oluşum riskini önemli ölçüde attırdığı açık ve net bir şekilde ortaya konulmuştur. Bu nedenle ısıl işlem görmüş sucukta nitrit alternatifine yönelik uygulamalar ve kullanılan nitrit oranını düşürmeye yönelik çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Mevcut bu araştırma antioksidanca zengin siyah sarımsağın ısıl işlem görmüş sucukta nitrozamin oluşumunun engellenmesinde etkili olacağı düşüncesiyle planlanmış ve uygulanmıştır. Araştırmada %1, %2 ve %3 oranında siyah sarımsak ve %1 beyaz sarımsak kullanılarak ısıl işlem görmüş sucuk hamurları hazırlanmıştır. Hazırlanan sucuk hamurları fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma aşamalarından sonra mikrobiyolojik ve fiziko-kimyasal analizlere tabii tutulmuştur. Ayrıca her bir gruba ait ısıl işlem görmüş sucuklar 180 °C'de farklı süreler pişirildikten sonra (0, 1 ve 3 dak.) nitrozamin ve renk analizlerine de tabii tutulmuştur. Elde edilen sonuçlar istatistiki analizlere tabii tutulmuş ve aşağıda verilen genel sonuç ve önerilere varılmıştır.

1. Isıl işlem görmüş sucukta teknolojik açıdan önem arz eden laktik asit bakterileri fermantasyon aşamasında laktik asit oluşturarak hem ürün güvenliğine hem de ürünün duyusal ve tekstürel gelişimine önemli katkılar sağlamaktadır. Mevcut bu araştırmada yerel bir suş olan *Lactobacillus sakei* S15 laktik starter kültür olarak kullanılmıştır. Bu suş ısıl işlem görmüş sucukta fermantasyon sırasında iyi bir gelişme gösterdiği daha önceki çalışmarlarda da ortaya konmuştur. Üretimde fermantasyondan sonra uygulanan ısıl işlemin derecesine bağlı olarak laktik asit bakterilerinde önemli redüksiyonlar gerçekleşmektedir. Mevcut bu araştırmada 64 °C'lik bir iç sıcaklık uygulamasına yer verilmiştir. Son ürün gruplarında laktik asit bakteri sayısı 2,00-4,00 log kob/g aralığında değişiklik göstermiştir. Siyah sarımsak kullanımı özellikle %2 veya %3 seviyeleri laktik asit bakteri sayısında bir

logaritmik birim civarında bir azalmaya neden oluşmuştur. Bununla birlikte üründe yeterli bir pH düşüşü sağlanmıştır.

2. Araştırmada yerel bir suş olan *Staphylococcus xylosus* GM92, *Lactobacillus sakei* S15 ile birlikte sucuk hamuruna 10^6 kob/g düzeyinde ilave edilmiştir. Bu suşun fermantasyon aşamasında inokülasyon düzeyini koruduğu veya çok az geliştiği ve ısıl işlem aşamasında redüksiyona uğradığı daha önceki çalışmalarda belirlenmiştir. Mevcut bu çalışmada son üründe *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı 2,00-3,83 aralığında değişmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, %1 SS seviyesi %1 BS'ye göre bir logaritmik birimlik daha düşük bir sayı vermiş, en düşük ortalama sayı %3 SS içeren grupta belirlenmiştir. Enterobateriaceae ile maya ve küf sayısı tüm örneklerde saptanabilir sınırın altında bulunmuştur.
3. pH değeri ısıl işlem görmüş sucuk için en önemli parametrelerden birisidir. Kontrol grubunda 5,14 olan ortalama pH değeri %1 SS, %2 SS ve %3 SS sucuk gruplarında sırasıyla 5,16, 5,20 ve 5,22 olarak tespit edilmiştir. Ortalama pH değerleri Türk Gıda Kodeksi Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen sınır değerinin altında bulunmuştur. En düşük ortalama pH değeri %1 BS muamele grubunda belirlenirken, siyah sarımsak oranının %2 ve %3'e çıkarıldığı gruplarda daha yüksek ortalama değerler belirlenmiştir.
4. Sucuk gruplarında su aktivitesi 0,932-0,944 log kob/g aralığında değişiklik göstermiştir. Sonuçlara göre, en yüksek ortalama değer %1 BS grubunda belirlenmiş, buna karşın %2 ile %3 siyah sarımsak seviyelerinde daha düşük değerler vermiştir. Bu iki muamele grubuna ait ortalamalar arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Bu sonuçlara göre siyah sarımsağın az da olsa su aktivitesi değerinde azalışa sebep olduğu tespit edilmiştir.
5. Kalıntı nitrit miktarı nitrozamin oluşumunda en etkili faktörlerden biridir. Siyah sarımsak kullanımı kalıntı nitrit miktarında düşüşe neden olmuştur. Ancak %2 SS ile %3 SS muamele grubuna ait ortalamalar arasındaki fark ise istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Daha açık bir ifade ile siyah sarımsak oranının %2'den %3'e çıkarılması kalıntı nitrit miktarında önemli bir değişime neden olmamıştır.
6. Isıl işlem görmüş sucukta %3 oranında siyah sarımsak kullanımı parlaklığın göstergesi olan L* değerinde düşüşe neden olmuştur. Kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değeri açısından da gruplar arasında farklılıklar saptanmıştır. Siyah sarımsak oranının yüksek olduğu seviyeler (%2 ve %3) hem %1 BS hem de %1 SS'ye göre daha düşük ortalama değerler vermiştir. Bu sonuç siyah sarımsağın ilavesiyle kırmızı renk yoğunluğunun azaldığını göstermektedir. Isıl işlem görmüş

sucuk örneklerinin ortalma b* değeri ise yüksek seviyelerde (%2 ve %3) önemli ölçüde düşüş göstermiştir.

7. Pişirme süresi arttıkça L* değeri düşüş göstermiştir. Bu sonucun pişirme süresinin ilerlemesi ile pişirme kayıtlarının artması ve dolayısıyla nem oranının düşmesinden ileri geldiği tahmin edilmektedir. Örneklerin a* değeri ise pişirmeden etkilenmiş ve pişirilmiş ürünler kontrol grubuna göre daha yüksek değerler vermiştir. Sarı renk yoğunluğunu ifade eden b* değeri ise 3 dakikalık pişirme süresi ile düşüş göstermiştir.
8. Isıl işlem görmüş sucuk gruplarında lipid oksidasyonunun göstergesi olan TBARS değeri genellikle 1 mg MDA/kg'ın altında bulunmuştur. En düşük ortalama TBARS değeri %1 BS (kontrol) grubunda saptanmıştır. Siyah sarımsakta ise daha yüksek değerler tespit edilmiştir.
9. Isıl işlem görmüş sucukların duyusal analiz sonuçlarına göre incelenen duyusal parametreler açısında gruplar arasında bazı farklılıklar belirlenmiştir. En düşük renk değeri %1 BS grubunda saptanırken siyah sarımsak seviyelerinde renk değerinde artış gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama tat puanı kontrol grubunda belirlenmiştir. Isıl işlem görmüş sucuk grupları arasında duyusal parametreler açısından bazı farklılıklar söz konusu olmasına rağmen değerler ortalama değer olan 7 civarında seyretmiştir.
10. Isıl işlem görmüş sucuklarda farklı seviyelerde NDMA, NDEA ve NPIP belirlenmiştir. Siyah sarımsak kullanımı NDMA içeriğinde düşüşe neden olmuş, en düşük ortalama NDMA seviyesi %3 SS grubunda saptanmıştır. Bu nitrozamin açısından NDMA %1 BS ile %1 SS grupları arasından istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Pişirme süresi arttıkça ise NDMA içeriği artış göstermiştir. Ancak %3 SS içeren grupta pişirme süresi arttıkça NDMA içeriğindeki artış diğer muamele gruplarına göre daha yavaş olmuştur.
11. Isıl işlem görmüş sucuk gruplarında belirlenen bir diğer nitrozamin olan NDEA ise en düşük ortalama değerini %1 BS içeren grupta vermiştir. Siyah sarımsak kullanım oranından bağımsız olarak NDEA içeriğinde düşüşe neden olmuştur. Diğer bir ifade ile siyah sarımsak oranının %1'den %2 veya %3'e çıkarılması nitrozamin redüksiyonunda ilave bir etki oluşturmamıştır. Pişirme sırasında ise beyaz sarımsak içeren gruba göre %1 ve %2 SS gruplarında NDEA içeriğinde daha az bir artış olmuş ve hatta %3 SS grubunda 3 dakikalık pişirme süresi 1 dakikalık pişirme süresine göre daha düşük bir değer vermiştir.

12. Fermente sosislerde yaygın olarak bulunan NPIP'in en önemli kaynağının karabiber olduğu belirtilmektedir. Isıl işlem görmüş sucukta da karabiber önemli bir baharat çeşididir. Bu nedenle bu üründe NPIP'in redüksiyonu büyük önem arz etmektedir. Mevcut bu araştırmada NDMA ve NDEA'nın aksine siyah sarımsak kullanımı NPIP değerinde artışa neden olmuştur. Siyah sarımsak oranının %2 veya %3'e çıkarıldığı gruplarda da NPIP içeriği hem %1 BS hem de %1 SS gruplarına göre önemli artışlar göstermiştir. Pişirme süresi arttıkça NPIP içeriği de artmıştır.

Sonuç olarak ısıl işlem görmüş sucukta siyah sarımsak kullanımının ürün özellikleri üzerinde özellikle %1 seviyesinin ürününün karakteristik özellikleri üzerinde çok önemli değişikliklere neden olmadığı, siyah sarımsağın lipid oksidasyonunu arttırmasına karşın örneklerin kabul edilebilir seviyede TBARS değerleri verdiği, bu fermente bitkisel ürünün diğer bir fermente ürün olan ısıl işlem görmüş sucukta hem NDMA hem de NDEA içeriğini düşürdüğü ancak NPIP içeriğinde artışa neden olduğu ve pişirmenin nitrozamin oluşumunda önemli rol oynadığı belirlenmiş ve bu nedenlerden dolayı ısıl işlem görmüş sucuğun herhangi bir pişirme işlemine tabii tutulmadan tüketilmesi ve siyah sarımsak ile NPIP oluşumu arasındaki interaksiyonları belirlemeye yönelik daha kapsamlı araştırmaların yapılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

Afzaal, M., Saeed, F., Rasheed, R., Hussain, M., Aamir, M., Hussain, S., Mohamed A.A., Alamri S.M., Anjum M.F., 2021. Nutritional, biological, and therapeutic properties of black garlic: a critical review. International Journal of Food Properties, 24:1, 1387-1402.

Akan, S., 2014a. Siyah sarımsak. Akademik Gıda 12(2) 95-100.

Akan, S., 2014b. Sarımsak Allium sativum L. Tüketiminin İnsan Sağlığına Yararları. Akademik Gıda, 12 (2) , 95-100.

Akan, S., Artık, N., 2019. Yeni Trend sarımsak Siyah Sarımsak, e-Gıda, Gostronomi Dergisi, 1,2, 44-52.

Akyol, Y., Yılmaz Oral, F.Z., Özden, A., Kaya, M., 2023. Effects of autochthonous stater cultures on the behavior of Staphylococcus aureus in a semi-dry fermented sausage. Submitted for publication.

Andrée, S., Jira, W., Schwind, K., Wagner, H., Schwägele, F., 2010. Chemical safety of meat and meat products. Meat Sci. 86(1):38–48.

Angeles, M.T-M., Jesus, A-P., Rafael, R.M., Tania A-M., 2016. Evolution of some physicochemical and antioxidant properties of black garlic whole bulbs and peeled cloves. Food Chemistry, 135-139.

Anonim, 2019. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği, Sayı. 30670, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2019b. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı:30699. Ankara.

Anonymous, 2011. Commission of Regulation (EU) No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. L295 (10/12/2021).

Armutçu, U., Hazar, F.Y., Yılmaz Oral, Z.F., Kaban, G., Kaya, M., 2020., Effects of different internal temperature applications on quality properties of heat-treated sucuk during production. J Food Process Pres 44(6):e14455. https://doi.org/10.1111/jfpp.14455.

Ata, Ş., 2010. Bıyolojık, gıda ve çevre örneklerındeki nitrit, nitrat, sekonder amin ve nitrozaminler. Doktora Tezi. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Zonguldak.

Baysal A., 2014. Beslenme. (15, ed.). Ankara: Hatipoğlu Yayınları.

Behsnilian, D., Butz, P., Greiner, R., Lautenschlaeger, R., 2014. Process-induced undesirable compounds : Chances of non-thermal approaches. Meat Sci. 98(3):392–403.

Belitz, H.D., Grosch, W., Schieberle, P., 2001. Lehrburch der Lebensmittelchemie. 5., vollst.überarb.Aufl., Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Caplice, E. and Fitzgerald F.G., 1999. Food Fermentations: Role Of Microorganisms İn Food Production And Preservation. International Journal of Food Microbiology, 50 131–149.

Choi, S., Cha, S.H., Lee S.H., 2014. Physicochemical and Antioxidant Properties of Black Garlic. Department of Food and Nutrition, Kyung Hee University. Korea.

Crews 2010. Determination of nitrosamines in food. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods, ISSN 1757-8361.

Çon, A.H., Doğu, M. ve Gökalp, H.Y., 2002. Afyon'da büyük kapasiteli et işletmelerinde üretilen sucuk örneklerinin bazı mikrobiyolojik özelliklerinin periyodik olarak belirlenmesi. Turkish Journel of Veterinary Animal Sciences, 26, 11-16.

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 ın commercial dry fermented sausages and evaluation of their occasional relation. Meat Science, 96(2) 821-828.

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

Denktaş, S., 2010. Doğal antimikrobiyallerin ısıl işlem görmüş sucukların bazı kalite özellikleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.

Ellen, G., Eqmond, E., Sahertian, E. T., 1986. N-nitrosamines and residual nitrite in cured meats from the Dutch market. Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung, 182(1), 14–18.

Ercoşkun, H., Tağı, Ş., Ertaş, A.H., 2010. The effect of different fermentation intervals on the quality characteristics of heat-treated and traditional sucuks. Meat Science, 85(1), 174-181.

Erol, N., ve Ersus, S., 2022. Siyah Sarımsak (Allium sativum) Üretimi: Üretim Sırasında Gerçekleşen Fiziksel ve Kimyasal Değişimler. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 20(4) 404-411.

Eyiler, E. and Oztan, A., 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. LWT-Food Science and Technology, 44, 307-311.

Flores, M. and Toldrá F., 2021. Chemistry, safety, and regulatory considerations in the use of nitrite and nitrate from natural origin in meat products-Invited review. Meat Science, 171, 108272.

Gavinelli, M., Fanelli, R., Bonfanti, M., Davoli, E., Airoldi, L., 1988. Volatile nitrosamines in foods and beverages: Preliminary survey of the Italian market. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 40(1), 41–46.

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.

Gökalp, H.Y., Kaya, M., Zorba, Ö., 2012. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi Yayın No: 786, Ziraat Fak. Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi, No: 70, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ofset Tesisi, Erzurum.

Hammes, W. P., 2012. Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods, Food Microbiology, 29 (2), 151- 156.

Health Benefits. 2012. http://www.blackgarlic. co.uk/health-benefits/ (Eriflim tarihi 29.12.2012)

Herrmann, S. S., Duedahl-Olesen, L., Granby, K., 2015a. Occurence of volatile and nonvolatile N-nitrosamines in processed meat products and role of heat treatment. Food Control, 48, 163–169.

Herrmann, SS., Granby, K., Duedahl-Olesen, L., 2015b. Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. Food Chemistry, 174, 516–526.

Honikel, K. O., 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat. Meat Science, 78, 68-76.

IARC., 2020. International Agency for Research on Cancer Agents. Classifed by the IARC Monographs, Volumes 1–130, https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/ (30.11.2021)

Kaban, G. and Bayrak, D., 2015. The effects of using turkey meat on qualitative properties of heat-treated sucuk. Czech Journal of Food Sciences, 33(4), 377–383.

Kaban, G., 2013. Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. Meat Science, 95(4), 912-918.

Kaban, G., Kaya, M., Lücke, F.K., 2012. Meat stater cultures. In: Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food, pp. 1-4. Taylor&Francis, UK.

Kaban, G., Polat, Z., Sallan, S., Kaya, M., 2022. The occurrence of volatile N-nitrosamines in heat-treated sucuk in relation to pH, aw and residual nitrite. Journal of Food Science and Technology, 1-8.

Kang, O.J., 2016. Evaluation of melanoidins formed from black garlic after different thermal processing steps. Preventive Nutrition and Food Science, 21(4):398-405.

Kaya, M., Gökalp, H. Y., 2004. Sucuk Üretiminde Starter Kültür Kullanımının ve Farklı Nitrit Dozlarının Listeria monocytogenes' in Gelişimi Üzerine Etkisi. Turk. J. Vet. Anim. Sci, 28, 1121-1127.

Kaya, M., Kaban, G. 2019. Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi. Editör Necla ARAN, ss. 157-195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.

Kaya, M., Kaban, G., 2010. Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi, Ed. Nejla Aran. Nobel Yayın Evi. Ankara, 157-195.

Kaya, M., Kaban, G., 2016. Fermente et ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi, Editör: Necla Aran, ss: 157-190, Nobel Yayıncılık, İstanbul.

Kızılkaya F.M., 2022. Sucukta Uçucu N-Nitrozaminlerin Varlığı. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Erzurum.

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 Y.J. and Choi I.H., 2012. Utilization of Dried Garlic Powder and α-Tocopherol to Improve the Shelf-life of Emulsion-type Sausage during Refrigerated Storage. Department of Companion Animal & Animal Resources Sciences, Joongbu University, Geumsan 312-702.

Kim Y.J., Nahm B.A., Choı I.H., 2009. An Evaluatıon Of The Antıoxıdant And Antımıcrobıal Effectıveness Of Dıfferent Forms Of Garlıc And Bha In Emulsıon-Type Sausages Durıng Refrıgerated Storage. Journal of Muscle Foods, (21), 813–825.

Kim, Ji-Sang, Kang, O-J., Gweon, O-C. 2013. Comparison of phenolic acids and flavonoids in black garlic at different thermal processing steps. Journal of Functional Foods, (5), 80-86

Kim, S.H., Kang, K.H., Lee, S., Lee, S.H., Ha, E.S., Sung, N.J., Kim, J.G., Chung, M.J., 2017a. Lactic Acid Bacteria Directly Degrage *N*-Nitrosodimethylamine And Increase The Nitrite-Scavenging Abilit In Kimchi. Food Control, 71, 101-109.

Kim, S.H., Kim, S.H., Kang, K.H., Lee, S., Kim S.J., Kim, J.G., Chung, M.j., 2017b. Kimchi Probiotic Bacteria Contribute To Reduced Amounts Of N-Nitrosodimethylamine Lactid Acid Bacteria-Fortified Kimchi. LWT-Food Science and Technology, 84, 196-2003

Kimura, S., Tung, Y.C., Pan, M.H., Su, W.N., Lai, J.Y., Cheng, C.K., 2017. Black garlic: A critical review of its production, bioactivity, and application. journal of food and drug analysis 25 (2017) 62-70.

Krause, B.L., Sebranek, J.K, Rust, R.E., Mendonca, A., 2011. Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham. Meat Sicence, 89, 507-513.

Lemon, D.W., 1975. An Improved TBA Test for Rancidity New Series Circular, No:51. Halifax-Laboratory, Halifax, Nova Scotia.

Lıshıanawatı T.U., Yusıatı M.L., Jamharı, 2020. Antioxidant effects of black garlic powder on spent duck meat nugget quality during storage. Faculty of Animal Science, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia.

Li, L., Wang, P., Xu, X., Zhou, G., 2012. Influence of Various Cooking Methods on The Concentrations of Volitile *N*-Nitrosamines and Biogenic Amines in Dry-Cured Sausages. Jaurnal of Food Science, 77(5), 560-565.

Linares, B.M., Garrido, D.M., Martins, C., Patarata L., 2013. Efficacies of Garlic and *L. sakei* in Wine-Based Marinades for Controlling Listeria monocytogenes and Salmonella spp., Journal of Food Science, 10.1111/1750-3841.12094.

Lu, X., Li, N., Qiao, X., Qiu, Z. and Liu, P., 2017. Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract. Journal of Food and Drug Analysis 25:340-349

Lücke, F.K., 1985. Microbiology Vorgange bei der Herstellung von Roswurt und Rohschinken. In: Microbiologie un Qualitat von Rohwust und Rohschinken. Bundesanstalt für Fleiscforschung, Kulmbach, 85-102, Germany.

Lücke, F.K., 1998. Fermented sausage. Microbiology of Fermented Foods. Ed: Wood, B.J.B. Blackie Academic and Professional, 441-483, London.

Martínez-Casas, L., Lage-Yusty, M., López-Hernández, J., 2017. Changes in the aromatic profile, sugars, and bioactive compounds when purple garlic is transformed into black garlic. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 65(49), 10804–10811.

Mavelle, T., Bouchikhi, B., Bebry, G., 1991. The occurrence of volatile N-nitrosamines in French foodstuffs. Food Chemistry, 42(3), 321–338.

Murkovic, M., Steinberger, D., Pfannhauser, W., 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. European Food Research and Technology, 207(6), 477e480.

NMKL (Nordic Committee of Food Analysis), 2000. Nitrite and nitrate in foodstuffs by ion chromatography. NMKL No. 165.

Omar, S. H., Al-Wabel, N. A., 2010. Organosulfur compounds and possible mechanism of garlic in cancer. Saudi Pharmaceutical Journal, 8, 51-58.

Özel, M. Z., Gogus, F., Yagci, S., Hamilton, J. F. and Lewis, A. C., 2010. Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography–nitrogen chemiluminescence detection. Food and Chemical Toxicology, 48(11), 3268-3273.

Parthasarathy, D. K., and Bryan, N. S., 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency, Meat Science, 92 (3), 274-279.

Ríos-Ríos, K. L., Montilla, A., Olano, A., Villamiel, M., 2019. Physicochemical changes and sensorial properties during black garlic elaboration: A review. Trends in Food Science & Technology, 88, 459–467.

Rödel, W., 1985. Rohwurstreifung-Klima und andere. Einflussgrössen. In: Mikrobiologie und Qualitat von Rohwust und Rohschinken. Bundensanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, S. 60-84.

Rywotycki, R., 2003. Meat nitrosamine contamination level depending on animal breeding factors. Meat Science, 65(1), 669-676.

Rywotycki, R., 2007. The effect of baking of various kinds of raw meat from different animal species and meat with functional additives on nitrosamine contamination level. Food Chemistry, 101(2), 540-548.

Sallam, Kh.I., Ishıoroshı, M., Samejıma, K., 2004. Antioxidant and antimicrobial effects of garlic in chicken sausage. Lebensm. Wiss. Technol, 37, 849–855.

Sallan, S., 2018. Fermente Sucukta Nitrozamin Oluşumuna Karabiber Seviyesi, Sodyum Askorbat Kullanımı ve Pişirme Derecesinin Etkileri. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Erzurum.

Sallan, S., Kaban, G., Kaya, M., 2019. Nitrosamines in sucuk: Effects of black pepper, sodium ascorbate and cooking level. Meat Science. 341-346.

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.

Santhosha, S.G., Jamuna, P., Prabhavathi, S.N., 2013. Bioactive components of garlic and their physiological role in health maintenance: A review. Food Bioscience, 3, 59-74.

Sanz, Y., Vila, R., Toldrá, F., Nieto, P. Flores, J., 1997. Effect of nitrate and nitrite curing salts on microbial changes and sensory quality of rapid ripened sausages. International Journal of Food Microbiology, 37 (2-3), 225-229.

Sato, E., Kohno, M., Hamano, H., Niwano, Y., 2006. Increased anti-oxidative potency of garlic by spontaneous short-term fermentation. Plant Foods for Human Nutrition, 61, 157–160

Sebranek J. G. and Bacus J. N., 2007 Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: What are the issues?, Meat Science, 77, 136-147.

Seki, T., Hosono, T., Hosono-Fukao, T., Inada, K., Tanaka, R., Ogihara, J., Ariga, T., 2008. Anticancer effects of diallyl trisulfide derived from garlic. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition, 17, 249–252.

Shamseer L., Charrois T.l., Vohra S., 2006. Complementary, holistic, and integrative medicine garlic, Pediatr. Rev. 27 e77–e80, doi:10.1542/PIR.27.12.E77.

Shenoy R.N. and Chougholey U.S.A., 1992. Characterization of potentially mutagenic products from the nitrosation of piperine. Cancer Letters. 235-236.

Soyutemiz, E., Çetinkaya, F. Ve Anar, Ş., 2001. Yerli sucuklarımızda olgunlşamanın ve pastörizasyon işlemi uygulamanın Listeria monocytogenes üzerine etkisi. İstanbuk Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 27(1), 99-113.

Sun, Y.M., Ockerman, H.W., Marrıott, N.G., 1999. Garlıc In Chınese Sausage. Journal of Muscle Foods, 35-43.

Toldra, F., and Reig, M., 2011. “Innovations for healthier processed meats”. Trends in Food Science & Technology, 22, 517-522.

Turantaş, F., And Ünlütürk, A., 1992. The Effect of Nitrite, Garlic and Starter Culture on the Survival of Salmonella typhimurium in Turkish Soudjuk. J Sci Food Agric, 61, 95-99.

Ueda, S., Yamashita, H., Kuwabara, Y., 1982. Inhibition of Clostridium botulinum and Bacillus sp. by spices and flavoring compounds. Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi, 29, 389e392.

Vural, H., 1998, The use of commercial starter cultures in the production of Turkish semi-dry fermented sausages, Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung undForschung A, 207 (5), 410-412

Wallock-Richards, D., Doherty, C. J., Doherty, L., Clarke, D. J., Place, M., Govan, J. R., Campopiano, D. J., 2014. Garlic revisited: antimicrobial activity of allicin-containing garlic extracts against Burkholderia cepacia complex. PloS one, 9(12), e112726.

Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., Zhang, J., 2015. Effects of plant polyphenols and α-tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. LWTFood Science and Technology, 60, 199–206.

Yang, J. S., Kok, L. F., Lin, Y. H., Kuo, T. C., Yang, J. L., Lin, C. C., Chen, G. W., Huang, W. W., Ho, H. C., Chung, J. G., 2006. Diallyl disulfide inhibits WEHI-3 leukemia cells in vivo. Anticancer research, 26(1A), 219–225.

Yılmaz Oral, Z.F. and Kaban, G., 2021. Effect of autochthonous strains on volatile compounds and technologital properties of heat-treated sucuk. Food Bioscience, 43, 101140.

Yılmaz Oral, Z.F., 2022. Kereviz tozu kullanımının ısıl işlem görmüş sucukta nitrozamin oluşumuna ve ürün özelliklerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı. Erzurum.

Yu, T. H., Wu, C-M., Liou, Y-C., 1989. "Volatile Compounds from Garlic", J. Agric. Food Chem, 37,725- 730.

Yuan, H., Sun, L., Chen, M., Wang, J., 2016. The Comparison of the Contents of Sugar, Amadori, and Heyns Compounds in Fresh and Black Garlic. Journal of Food Science, 81(7).

Yuan, Y., Meng, W., Yutian, M., Fang, C., Xiaosong, H., 2015. Determination of eight volatile nitrosamines in meat products by ultrasonic solvent extraction and gas chromatography-mass spectrometry method. International Journal of Food Properties, 18, 1181-1190.

Yurchenko, S. and Mölder, U., 2007. The Occurance of volatile N-nitrosamines in Eastonian meat products. Food Chemistry, 100, 1713–1721.

Zang, X., Li, N., Lu, X., Liu , Qiao X., 2015. Effects Of Temperature On The Quality Of Black Garlic. College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University. 96: 2366–2372.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı:	Begüm AKANSEL
Doğum tarihi:	
Doğum Yeri:	
Uyruğu:	
E-mail:	
Eğitim	
Lise:	Aziziye Anadolu Lisesi
Lisans:	Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği (2015 – 2019)
Yüksek lisans:	Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2020 – 2023)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce:	Orta
Projeler ve Yayınlar	