



**KÜRLEME AJANI OLARAK PAZI TOZUNUN ISIL
İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUĞUN UÇUCU BİLEŞİK
PROFİLİ VE DİĞER KALİTATİF
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Betül KATMER

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Doktora Tezi

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

2025

(Her hakkı saklıdır.)

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

**KÜRLEME AJANI OLARAK PAZI TOZUNUN ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUĞUN
UÇUCU BİLEŞİK PROFİLİ VE DİĞER KALİTATİF ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**
(The Effect of Chard Powder as a Curing Agent on Volatile Compound Profile and Other
Qualitative Properties of Heat Treated Sausage)

DOKTORA TEZİ

Betül KATMER

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Erzurum
Haziran, 2025

KABUL VE ONAY TUTANAĞI

Betül KATMER tarafından hazırlanan “*Kürleme Ajanı Olarak Pazı Tozunun Isıl İşlem Görmüş Sucuğun Uçucu Bileşik Profili ve Diğer Kalitatif Özelliklerine Etkisi*” başlıklı çalışması 26/06/2025 tarihinde yapılan tez savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jürimiz tarafından Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gıda Mühendisliği Bilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:	Prof. Dr. Hasan SEÇEN <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Danışman:	Prof. Dr. Mükerrrem KAYA <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN <i>Konya Selçuk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Prof. Dr. İsmail YILMAZ <i>Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır
Jüri Üyesi:	Doç. Dr. Emel ÖZ <i>Atatürk Üniversitesi</i>	Aslı ıslak imzalıdır

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

Aslı ıslak imzalıdır
Prof. Dr. Alper NUHOĞLU
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) projeleri kapsamında desteklenmiştir.

Proje No: FDK-2023-12241

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

Doktora Tezi olarak *Prof. Dr. Mükerrerem KAYA* danışmanlığında sunulan “*Kürleme Ajanı Olarak Pazı Tozunun Isıl İşlem Görmüş Sucuğun Uçucu Bileşik Profili ve Diğer Kalitatif Özelliklerine Etkisi*” başlıklı çalışmanın tarafımızdan bilimsel etik ilkelere uyularak yazıldığını, yararlanılan eserlerin kaynakçada gösterildiğini, Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından belirlenmiş olan Turnitin Programı benzerlik oranlarının aşılmadığını ve aşağıdaki oranlarda olduğunu beyan ederiz.

Tez Bölümleri	Tezin Benzerlik Oranı (%)	Maksimum Oran (%)
Giriş	9	30
Kuramsal Temeller	4	30
Materyal ve Yöntem	15	35
Araştırma Bulguları ve Tartışma	15	20
Sonuç	9	20
Tezin Geneli	20	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
Betül KATMER	Prof. Dr. Mükerrerem KAYA
26.6.2025	26.6.2025
İmza: Aslı ıslak imzalıdır	İmza: Aslı ıslak imzalıdır

* 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

Lisansüstü öğrenimim ve doktora tez çalışmam boyunca her daim destek ve yardımlarını esirgemeyen, başta öğrenciye öğrenci olduğu için değer veren, kişinin en temelde ahlâkî ve insani değerlere önem verdiği ve bu doğrultuda yaşadığı sürece gerçek başarıyı elde etmiş olacağını her daim dile getiren ve uygulayan, bu sebeple öğrencisi olmaktan onur duyduğum, engin bilgi ve tecrübelerinden istifade etmemi sağlarken göstermiş olduğu tevazu, hoşgörü ve sabrı ile de örnek edindiğim, yönlendirme ve bilgilendirmeleri ile çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mükerrerem KAYA' ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Araştırmamın yürütülmesinde değerli öneri ve katkıları ile her zaman için destek ve yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Güzin KABAN' a, tecrübe ve yönlendirmeleri ile tezimin yürütülmesine katkıda bulunan tez izleme komitesi üyeleri değerli hocalarım Sayın Prof. Dr. Hasan SEÇEN ve Sayın Doç. Dr. Emel ÖZ' e teşekkür ederim.

Denemenin yürütülmesi, yapılan analizler ve verilerin değerlendirilmesinde başta tüm bilgi ve tecrübesi ile desteğini gördüğüm Sayın Doç. Dr. Zeynep Feyza YILMAZ ORAL olmak üzere, tez çalışmamda emeği geçen Kübra ÖZTÜRK ve Hale FENCİOĞLU ÇAKIR' a teşekkürlerimi ifade eder ve onlara da bundan sonraki hayatlarında hayırlı başarılar dilerim.

Bu çalışmanın yürütülmesinde Tez Projeleri kapsamındaki projeme maddi destek veren Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Birimine teşekkür ederim.

Hayatım boyunca ve eğitimimin her aşamasında beni maddi ve manevi olarak destekleyen, her zaman için yanımda olan, kendilerini bana vermiş bir lütuf olarak gördüğüm ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Betül KATMER

Haziran, 2025

ÖZET

DOKTORA TEZİ

KÜRLEME AJANI OLARAK PAZI TOZUNUN ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUĞUN UÇUCU BİLEŞİK PROFİLİ VE DİĞER KALİTATİF ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ Betül KATMER

Danışman: Prof. Dr. Mükerrerem KAYA

Amaç: Araştırmada alternatif kürleme ajanı olarak biyo dönüştürülmüş pazı tozunun ısıtıl işlem görmüş sucuğun uçucu bileşik profili ve diğer kalitatif özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yöntem: Isıl işlem görmüş sucuk üretimi için 3 formülasyon uygulanmıştır: kontrol (nitrit ilave edilmemiş), sentetik nitrit (SN, 150 mg/kg NaNO₂) ve pazı tozu kaynaklı nitrit (PTKN, 150 mg/kg NaNO₂ ye eşdeğer pazı tozu). Üretim kontrollü şartlarda gerçekleştirilmiştir. Üretim aşamalarında örneklerin fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri incelenmiştir. Son üründe ise uçucu bileşik, kalıntı nitrit ve duyuusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Bulgular: PTKN içeren grup diğer gruplara göre daha yüksek ortalama pH değeri vermiştir. Pazı tozu kullanımı a_w ve L* değerinde düşüşe neden olurken a* değeri üzerinde etkili olmamıştır. En düşük ortalama TBARS değeri SN grubunda belirlenmiştir. PTKN ile SN grupları arasında kalıntı nitrit açısından önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Duyusal parametreler açısından ise nitritli gruplar (PTKN ve SN) kontrol grubuna göre daha yüksek değerler vermiştir. Her 3 grupta da fermentasyon aşamasında laktik asit bakterileri iyi bir gelişme göstermiştir. Örneklerde 52 farklı uçucu bileşik tanımlanmıştır. PTKN grubunda SN grubuna göre daha yüksek seviyede etanol belirlenmiştir. Hem SN hem de PTKN hekzanal ve 3-hidroksi-2-bütanon seviyelerinde düşüşe neden olmuştur.

Sonuç: Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde pazı tozu kullanımı ürünün genel karakteristik özellikleri üzerinde genellikle olumsuz bir etki göstermemektedir. Ayrıca pazı tozunun pek çok uçucu bileşik üzerinde etkili olduğu ancak bu etkinin ürünün duyuusal özelliklerini etkileyecek düzeyde olmadığı ve pazı tozu kullanımının kalıntı nitrit açısından bir avantaj sağlamadığı kanaatine varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sucuk, pazı tozu, uçucu bileşik, kalıntı nitrit, duyuusal analiz

Temmuz 2025, 103 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE EFFECT OF SWISS CHARD POWDER AS A CURING AGENT ON VOLATILE COMPOUND PROFILE AND OTHER QUALITATIVE PROPERTIES OF HEAT TREATED SUCUK

Betül KATMER

Supervisor: Prof. Dr. Mürkerrem KAYA

Aim: The aim of the study was to determine the effect of bioconverted chard powder as an alternative curing agent on the volatile compound profile and other qualitative properties of heat-treated sucuk.

Method: Three formulations were applied for the production of heat-treated sucuk: control (no added nitrite), synthetic nitrite (SN, 150 mg/kg NaNO₂) and nitrite from swiss chard powder (SCPN, chard powder equivalent to 150 mg/kg NaNO₂). Production was carried out under controlled conditions. The physicochemical and microbiological properties of the samples were investigated during the production stages. The final product was analyzed for volatile compounds, residual nitrite, and sensory analyses.

Results: The group containing SCPN showed a higher mean pH value than the other groups. The use of chard powder caused a decrease in a_w and L values, but had no effect on a value. The lowest mean TBARS value was determined in the SN group. There was no significant difference in residual nitrite between SCPN and SN groups. In terms of sensory parameters, nitrite groups (SCPN and SN) showed higher values than the control group. Lactic acid bacteria showed good growth in the fermentation stage in all 3 groups. In the samples, 52 different volatile compounds were identified, Higher levels of ethanol were determined in the SCPN group than in the SN group. Both SN and SCPN caused a decrease in hexanal and 3-hydroxy-2-butanone levels.

Conclusion: The use of Swiss chard powder in heat-treated sucuk production does not generally have a negative effect on the general characteristics of the product. Although chard powder has a positive effect on many volatile compounds, this effect is not so strong that it affects the sensory properties of the product. The use of chard powder also provides no advantage in terms of residual nitrite.

Keywords: Sucuk, Swiss chard powder, volatile compounds, residual nitrite, sensory analysis

July 2025, 103 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
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
GİRİŞ.....	1
KAYNAK ÖZETLERİ.....	12
MATERYAL ve YÖNTEM	20
Materyal	20
Yöntem.....	20
<i>(IİG) Sucuk Üretimi</i>	20
<i>Analizler</i>	21
ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	25
pH.....	25
Su Aktivitesi (a_w)	28
Enstrümental Renk Değerleri.....	31
a^* değeri	34
b^* değeri.....	37
Kalıntı Nitrit İçeriği.....	39
TBARS (Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeler) Değeri	41
Duyusal parametreler	44
Mikrobiyolojik Analizler Ait Sonuçlar	46
<i>Laktik Asit Bakterileri</i>	46
<i>Micrococcus/Staphylococcus</i>	49
<i>Enterobacteriaceae</i>	51
Maya ve Küf.....	52
Uçucu Bileşikler.....	53
SONUÇ.....	66
KAYNAKLAR.....	72

ÖZGEÇMİŞ.....	88
---------------	----



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1. Deneme Planı.....	21
Tablo 2. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan pH Değerleri	25
Tablo 3. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	26
Tablo 4. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	26
Tablo 5. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan pH Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	27
Tablo 6. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan a_w Değerleri	28
Tablo 7. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	29
Tablo 8. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	29
Tablo 9. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan a_w Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	30
Tablo 10. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan L^* Değerleri.....	32
Tablo 11. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin L^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	32
Tablo 12. SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinin L^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	33
Tablo 13. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan L^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	33
Tablo 14. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan a^* Değerleri	34
Tablo 15. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a^* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	34
Tablo 16. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	35
Tablo 17. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	36

Tablo 18. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan b* Değerleri	37
Tablo 19. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin b* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	37
Tablo 20. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin b* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	38
Tablo 21. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan b* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	39
Tablo 22. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Miktarları (mg/kg)	40
Tablo 23. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	40
Tablo 24. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	41
Tablo 25. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan TBARS Değerleri (mg MDA/kg).....	42
Tablo 26. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları	42
Tablo 27. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	43
Tablo 28. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan TBARS Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	43
Tablo 29. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Analiz Değerleri.....	44
Tablo 30. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	45
Tablo 31. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Parametrelerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	46
Tablo 32. SN ve PTKN ile üretilen IİG Sucuk örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g).....	47
Tablo 33. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları.....	47
Tablo 34. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	48
Tablo 35. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan Laktik Asit Bakteri Sayılarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları.....	48

Tablo 36. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayıları (log kob/g)	50
Tablo 37. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları	50
Tablo 38. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	51
Tablo 39. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan <i>Micrococcus/Staphylococcus</i> Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları	51
Tablo 40. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan <i>Enterobacteriaceae</i> Sayıları (log kob/g)	52
Tablo 41. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan Maya-Küf Sayıları (log kob/g)	52
Tablo 42. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Uçucu Bileşikler (Aux10 ⁶).	54
Tablo 43. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Uçucu Bileşiklere Ait Varyans Analiz Sonuçları	56
Tablo 44. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Alkollerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	58
Tablo 45. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Aldehitlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	59
Tablo 46. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Ketonların Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	60
Tablo 47. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Asitlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	60
Tablo 48. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Sülfürlü Bileşiklerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	62
Tablo 49. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Terpenlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	63
Tablo 50. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Furanların Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	64
Tablo 51. SN ve PTKN ile Üretilen IİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Aromatik Hidrokarbonların Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları	65

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Nitrit ile kürlenmiş et renginin gelişme mekanizması (Sebranek 2009; Jo <i>et al.</i> 2020).	3
Şekil 2. Nitritin antioksidan aktivitesinin mekanizması (Jo <i>et al.</i> 2020).	4
Şekil 3. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi.....	28
Şekil 4. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi.....	31
Şekil 5. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerin a^* Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi.....	36
Şekil 6. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin b^* Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi.....	39
Şekil 7. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi	44
Şekil 8. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayısı Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi	49

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat Derece
kg	Kilogram
mg	Miligram
g	Gram
a _w	Su Aktivitesi
TBARS	Thiobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
İİG	Isıl İşlem Görmüş
NO	Nitrik Oksit
Fe	Demir
NO ₂	Azot Dioksit
H	Hidrojen
HNO ₂	Nitröz Asit
N ₂ O ₃	Dinitrojen Trioksit
H ₂ O	Su
NO	Nitrik Oksit
NDMA	N-nitrosodimetilamin
NDEA	N-nitrosodietilamin
NPIP	N-nitrosopiperidin
NPYR	N-nitrosopirrolidin
NMOR	N-nitrosomorfolin
NMEAN	N-nitrozometiletilamin
NDPA	N-nitroso-di- n -propilamin
NDBA	N-nitrosodibutilamin
SH	Siklohekzan
IARC	Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı
FS	<i>Flos Sophorae</i>
Kob	Koloni Oluşturan Birim
K	Kontrol
SN	Sentetik Nitrit
PTKN	Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

ml	Mililitre
TCA	Trikloroasetik asit
M	Molar
Rpm	Dakikadaki Devir Sayısı
Nm	Nanometre
MDA	Mlondialdehit
μm	Mikro metre
L	Litre
dak	Dakika
NK	Nitrit Kaynağı
ÜA	Üretim Aşaması

GİRİŞ

İnsanların sağlıklı ve daha kaliteli bir yaşam sürdürebilmeleri için dengeli beslenme büyük bir gerekliliktir ve besin ihtiyaçlarının eksiksiz karşılanması önemlidir (Judijanto and Solihah 2024). Dengeli beslenme ile insan vücudunun günlük yaşam fonksiyonlarını yerine getirmesi için ihtiyaç duyduğu tüm temel gıda maddeleri sağlanmaktadır (Ahmad *et al.* 2018). Bu gıda maddeleri içerisinde yağ asitleri, vitaminler ve minerallere ek olarak tüm temel amino asitleri içerdiğinden önemli bir protein kaynağı olarak kabul edilen et, insan beslenmesi açısından büyük bir öneme sahiptir (Toldra and Reig 2011, Rahman *et al.* 2023). Ancak et pH ve su aktivitesi değerinin yüksek olması ve zengin besin içeriği nedeniyle mikroorganizmalar için de iyi bir ortam oluşturmaktadır. Bundan dolayı et çeşitli muhafaza yöntemleri ile dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir (Rahman *et al.* 2023).

Gıda muhafazasında temel ilke, gıdanın bozulmasına neden olan mikroorganizmalar ile gıda kaynaklı patojenlerin gelişmesini engelleyen koşulların oluşturulmasıdır. Uygun muhafaza teknikleri uygulanmadığında, gıdalarda mikrobiyal faaliyetler, fiziksel değişimler, enzimatik tepkimeler ve kimyasal reaksiyonlar sonucunda bozulma meydana gelir (Rahman *et al.* 2023). Etin muhafazası ve işlenmesinde soğutma, dondurma, kürlenme, tütsüleme, ısıl işlem, kurutma, konserveleme, ışınlama ve yüksek hidrostatik basınç uygulaması gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Bouvard *et al.* 2015; Alahakoon *et al.* 2015; Norton *et al.* 2009; Zhou *et al.* 2010). Et ürünleri, uygulanan üretim yöntemlerine göre genellikle altı ana kategoriye ayrılmaktadır. Bu kategoriler; taze işlenmiş etler, fermente sosis türleri, emülsifiye edilmiş ürünler, pişirilmiş etler, çiğ ya da pişirilmiş parça etler olarak sınıflandırılmaktadır (Gökalg vd 2004; Kaya ve Kaban 2010). Türkiye’de ise fermente sosis kategorisinde yer alan sucuk ve ısıl işlem görmüş (İİG) sucuk olmak üzere iki temel ürün tipi yaygın olarak üretilmekte ve tüketilmektedir. Sucuk, fermentasyon ve kurutma olmak üzere iki ana işlem uygulanarak üretilen kuru fermente bir sosis çeşididir. İİG sucuk üretiminde ise 3 ana işlem basamağı (fermentasyon, ısıl işlem, kurutma) söz konusudur. Yarı kuru fermente bir sosis çeşidi olan İİG sucuk; Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği’nde “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 koşullarda fermentasyon ve kurutma işlemleri uygulanarak kesit yüzeyi mozaik görünümünde olan ısıl işlem uygulanmış et ürünü” olarak tanımlanmaktadır. Aynı tebliğe göre, İİG sucuğun temel özelliklerinin: pH değeri en fazla 5,6 olması, et kaynaklı toplam

protein oranının en az %14 düzeyinde bulunması, kolajen oranının toplam protein miktarının %25'ini aşmaması, nem oranının toplam protein miktarına göre 3,6'nın altında kalması ve yağ oranının da bu miktarın %2,5'inden düşük olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim 2019).

Et endüstrisinde gerek ürün güvenliği gerekse duyuusal özelliklerin geliştirilmesi bakımından pek çok ürünün üretiminde kürleme işlemine başvurulmaktadır. (Sebranek *et al.* 2007). Kürleme, et ürününde duyuusal özelliklerin iyileştirilmesi ve ürünün daha iyi korunması için ürün bileşimine tuz ve diğer bileşenlerle birlikte nitrit veya nitrat gibi katkı maddelerinin eklenmesiyle gerçekleştirilen bir işlemdir (Sebranek *et al.* 2007; Pegg and Shahidi 2008; Sindelar and Milkowski 2011). Et ürünlerinin işlenmesinde özellikle kürleme işlemi sırasında nitrat ve nitrit gibi katkı maddelerinin bir limit dahilinde formülasyona ilave edilmesine izin verilmektedir (Candan ve Bağdatlı 2018). İİG sucukta ise Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre nitrit limiti 150 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır (Anonim 2023).

Et ürünlerinde nitritin kürleme amacıyla kullanımı oldukça eski tarihlere dayanmaktadır. 1900'lü yıllarda gerçekleştirilen çeşitli araştırmalar, yalnızca tuz kullanımının et ürünlerinde arzu edilen kırmızı rene ulaşmak için yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Bu çalışmalarda, tuzla birlikte doğal olarak bulunan potasyum nitrat ve sodyum nitratın renk oluşumuna daha fazla katkı sağladığı saptanmıştır (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012). Tek başına tuzlama işlemi, etteki miyoglobinin oksidasyona uğramasını engelleyerek rengini korumada yeterli değildir. Miyoglobinin stabil kalması için ilave önlemler ve uygun muhafaza koşulları gereklidir. Bu sebeple et ürünlerinde istenen rengin oluşumu ve korunması için kürleme maddesi olarak nitrit veya nitratın sodyum ve potasyum tuzları kullanılmaktadır (Candan ve Bağdatlı 2018).

Nitrit, et kürlemede kullanılan katkı maddelerinin temel bileşenidir (Parthasarathy and Bryan, 2012, Jo *et al.* 2020). Nitrit, çeşitli kaynaklardan elde edilen saflaştırılmamış sofr tuzu kristallerinde bulunan inorganik tuz olup hem duyuusal hem de gıda güvenliği açısından et kürleme süreçlerinde önemli role sahiptir (Bernardo *et al.* 2021). Bu işlevler arasında en önemlisi, kürlenmiş ürünlerin karakteristik pembemsi-kırmızı renginin oluşumu ve stabilizasyonudur. Nitrit ayrıca kür lezzetinin geliştirilmesinde ve lipit oksidasyonunun önlenmesinde, *Clostridium botulinum* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojen mikroorganizmaların inhibisyonunda önemli rol oynamaktadır (Nollet and Toldrá 2006; Pegg and Shahidi 2006; Jo *et al.* 2020).

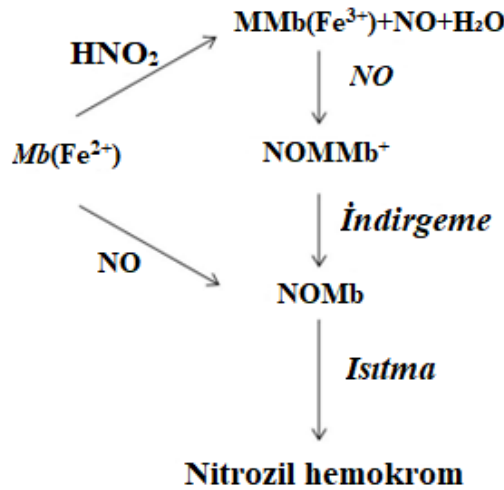
Kür edilmiş et ürünlerinde karakteristik pembemsi- kırmızı renk oluşumunda nitritin redüksiyonu sonucu oluşan nitrik oksit etkili olmaktadır. Nitrik oksit nitritin kür edilmiş et

ürünlerindeki fonksiyonundan sorumlu temel bileşiktir (Sebranek and Bacus 2007; Honikel 2008).



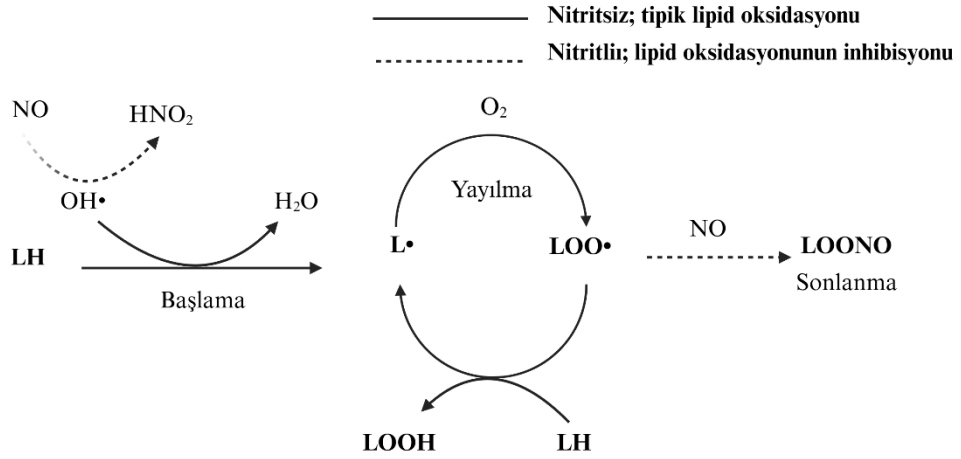
Nitrik oksit, miyoglobin (Fe^{2+}) ile birleşerek nitrozomiyoglobini (NO Miyoglobin) oluşturmaktadır (Şekil 1). NO-miyoglobin kararsız olup ısı işlemin uygulanması sonucu ürüne parlak pembemsi kırmızı renk veren nitrozilhemokroma dönüşmektedir. Ayrıca miyoglobinin (Fe^{2+}), nitroz asitle (HNO_2) reaksiyonu sonucu metmiyoglobin (Fe^{3+}) oluşmakta ve bu bileşik nitrik oksitle reaksiyona girerek NO-metmiyoglobin oluşturmaktadır. NO-metmiyoglobin indirgen koşullarda NO miyoglobine dönüşebilmektedir (Sebranek and Bacus 2007).

Şekil 1. Nitrit ile kürlenmiş et renginin gelişme mekanizması (Sebranek 2009; Jo *et al.* 2020).



Nitritin antioksidan aktivitesi, nitrik oksidin kürlenme işlemi sırasında molekülündeki demire- (Fe^{2+}) bağlanmasından ve onu stabilize etme potansiyelinden kaynaklanmaktadır. Oksijen ve diğer reaktif oksijen türleri nitrik oksitle hızla reaksiyona girmekte ve böylelikle nitrik oksit tarafından etkisiz hale getirilmektedir. Serbest bir radikal olan nitrik oksit, lipid otooksidasyonunu da engelleyebilmektedir (Alahakoon *et al.* 2015; Jo *et al.* 2020). Nitritin ve dolayısıyla nitrik oksitin antioksidan aktivite mekanizması Şekil 2’de gösterilmiştir (Jo *et al.* 2020).

Şekil 2. Nitritin antioksidan aktivitesinin mekanizması (Jo *et al.* 2020).



Kürlenmiş et ürünlerinin karakteristik lezzetinin oluşumunda nitritin kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonları önemli rol oynamaktadır. Kür edilmiş et ürünlerinde arzu edilen kür lezzeti için 50 mg/kg nitrit yeterli olmaktadır (Sindelar and Milkowski 2011).

Nitrit, et ürünlerinde hem bakterisidal hem de bakteriostatik etki göstererek, ürün güvenliğinin sağlanmasına katkıda bulunur. Aynı zamanda bozulmaya yol açan mikroorganizmaların gelişimini inhibe ederek raf ömrünü uzatır (Sindelar and Milkowski 2011; Gassara *et al.* 2016). Nitrit, tek başına ya da diğer tuzlarla kombinasyon halinde hem aerobik hem de anaerobik mikroorganizmaları inhibe edici etki göstermektedir (Alahakoon *et al.* 2015). Kürlenmiş et ürünlerinde nitritin en önemli özelliği *C. Botulinum*'un gelişiminin ve toksin üretiminin engellemesidir (Sindelar and Milkowski 2011; Herrmann *et al.* 2015, Majou and Christieans 2018). Nitrit, *L. monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens* gibi diğer gıda kaynaklı patojenlerin gelişimini de engelleyebilmektedir (Hospital *et al.* 2012; Parthasarathy and Bryan, 2012; Keto-Timonen *et al.* 2012; Hospital *et al.* 2014; Pradhan *et al.* 2009).

Nitrit yukarıda belirtilen özelliklerinin yanı sıra sekonder aminlerle reaksiyona girerek nitrozamin oluşumunda da etkili olmaktadır (Xie *et al.* 2023). Nitrozamin oluşumu oldukça karmaşık ve çeşitli faktörlerden kolaylıkla etkilenen bir dizi reaksiyona dayanmaktadır (Yurchenko and Mölder 2007). Pişirme yöntemi, pH değeri, kalıntı nitrit miktarı, a_w değeri, pişirme sıcaklığı ve süresi, kullanılan nitrit seviyesi, nitrozasyon katalisti ve inhibitörlerinin

mevcudiyeti, bakterilerin aminoasit dekarboksilaz aktivitesi, formülasyona giren baharat çeşitleri, fermentasyon, tütüleme, kurutma gibi proses aşamaları nitrozamin oluşumunda önemli rol oynamaktadır (Herrmann *et al.* 2015; Sallan *et al.* 2019, 2020).

Et ürünlerinde nitrozamin oluşumuna; uygulanan pişirme yöntemi, sıcaklık ve süre gibi termal işlemler ile ürünün pH düzeyi, nem oranı, redoks potansiyeli, kullanılan ve üründe kalan nitrit miktarı, nitrozasyon sürecini hızlandıran veya engelleyen maddeler, biyogen aminler, mikroorganizmaların aminoasit dekarboksilaz enzim aktivitesi, özellikle karabiber gibi baharatlar ve ürünün saklama koşulları gibi birçok unsur etki etmektedir (Gloria *et al.* 1997; Yurchenko and Mölder 2007; Wang *et al.* 2015; Sallan *et al.* 2019, 2020). N-nitrozaminler, uçucu N-nitrozaminler ve uçucu olmayan N-nitrozaminler olarak ikiye ayrılır. Uçucu N-nitrozaminler işlenmiş et ürünlerinde bulunan tipik olarak güçlü kanserojen nitrozaminlerdir ve bunlara NDMA (N-nitrosodimetilamin), NDEA (N-nitrosodietilamin), NPIP (N-nitrosopiperidin), NPYR (N-nitrosopirrolidin) ve NMOR (N-nitrosomorfolin), N-nitrozometiletilamin (NMEA), N-nitroso-di- n -propilamin (NDPA) ve N-nitrosodibutilamin (NDBA) dahildir. Uçucu olmayan N-nitrozaminler zayıf kanserojendir veya kanserojen olmadığı varsayılmaktadır (Herrmann *et al.* 2015; EFSA 2017).

N-nitrozo bileşiklerinin bir alt grubu olan N-Nitrozaminler güçlü mutajenler olarak bilinmekte olup vücuda alımları organa özgü tümörlere yol açabilmektedir (De Mey *et al.* 2017). Ayrıca et ürünlerinin tüketimiyle kalıntı nitrit bağırsakta hızla nitrik oksite dönüşebilmekte ve bu da gastrointestinal sistemde N-nitrozo bileşiklerinin (aminler ve amidler gibi) öncülleriyle reaksiyona girerek bazıları kanserojen olan endojen nitrozaminlerin oluşumuna neden olabilmektedir (Ansari *et al.* 2017; Karwowska and Kononiuk 2020; Stoica *et al.* 2022).

Nitritle ilişkili bir diğer olumsuz etki insan vücudunda hayatı tehdit eden çeşitli hastalıklara ve zehirlenmelere sebep olmasıdır (Ferysiuk and Wójciak 2020). Nitrit vücutta iki farklı zehirlenmeye sebep olmaktadır. Birincisi akut zehirlenme olup nitrit ile hemoglobin arasındaki reaksiyonla oluşan methemoglobinden kaynaklanmaktadır (Yan *et al.* 2008). Bu zehirlenme methemoglobin seviyesinin yaklaşık %10'u aştığında ortaya çıkmakta ve hayatı tehdit eden bir durum haline gelmektedir (Greer and Shannon 2005; Santamaria 2006; Ward *et al.* 2018). Bu durum çocuklar için tehlikeli olan mavi bebek sendromu olarak da bilinmektedir (Cemek *et al.* 2007). İkinci zehirlenme ise kronik olup nitritin aminlerle reaksiyonu sonucu oluşan potansiyel kanserojen, mutajen ve/veya teratojen bileşikler olan nitrozaminlerin sebep olduğu zehirlenmedir (Connolly and Paull 2001).

Nitritin sağlık üzerindeki tüm bu olumsuz özellikleri dikkate alındığında kr edilmiş et ürünleri tüketiciler için büyük endişe kaynağı oluşturmaktadır (Majou and Christieans 2018). Bu sebeple son yıllarda tüketicilerin doğal ve organik gıda ürünlerine olan farkındalığı ve talebi de büyük oranda artmıştır (Aschemann-Witzel *et al.* 2019; Jo *et al.* 2020). Bu kapsamda tüketiciler farkındalığıyla son zamanlarda özellikle "temiz etiketli" rnlere yönelik eğilim de artmıştır (Bernardo *et al.* 2021). "Temiz etiket" teriminin genel olarak kabul görmüş bir tanımı yoktur (Asioli *et al.* 2017). Ancak temiz etiketli ürünler, genellikle tüketicilerin içerik listesinde olumsuz algılanan içeriklerin bulunmaması nedeniyle tercih ettiği ürünler olarak tanımlanabilmektedir (Aschemann-Witzel *et al.* 2019). Diğer taraftan "temiz etiket, mümkün olduğuunca az bileşen kullanarak bir ürün üretmek ve bu bileşenlerin tüketicilerin tanıdığı ve sağlıklı olarak düşündüğü öğeler olduğuundan emin olmak" şeklinde de tanımlanmaktadır (Delgado-Pando *et al.* 2021).

Temiz etiket eğiliminin temel itici gücü, tüketicilerin zararlı içeriklerden kaçınma ve daha doğal ürünleri tercih etme eğilimidir (Aschemann-Witzel *et al.* 2019). Bu eğilim aynı zamanda tüketicilerin sertifikalı organik gıda (Janssen, 2018) ve herhangi bir katkı maddesi ilave edilmeyen, doğal gıda olarak tanımladıkları (Dalzini *et al.* 2022; Burdock and Wang 2017) rnlere yönelmesine neden olmaktadır. Bu kapsamda et ürünlerine katkı maddesi olarak ilave edilen nitrat ve nitritler de temiz etiket trendine bağlı olarak tüketiciler için büyük bir endişe kaynağı olarak görülmektedir (Bernardo *et al.* 2021). Bu sebeple gerek artan tüketiciler taleplerini karşılamak gerekse nitritin potansiyel sağlık tehlikelerini ortadan kaldırmak amacıyla fermente soslar dahil, kr edilmiş et ürünlerinde kullanılan nitritin miktarının düşürülmesi, nitritin belirli oranda diğer alternatif kr ajanları ile ikame edilmesi veya nitritin formülasyondan çıkarılarak doğal kürleme ajanlarının kullanılmasına yönelik çeşitli araştırmalar yrtlmeye başlanmıştır (De Mey *et al.* 2017; Kim *et al.* 2019; Jo *et al.* 2020; Dalzini *et al.* 2022). Ancak et ürünlerinde nitritin birden çok işlevi bulunan bir katkı maddesi olması nedeniyle, bu bileşiğin formülasyondan tamamen çıkarılması yerine, sağlık açısından oluşturabileceği riskleri azaltmak adına miktarının düşürülmesi ya da yerine alternatif maddelerin kullanılması daha uygun bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (ztrk vd 2015). Bu kapsamda özellikle nitrit alternatifi olarak çoğunlukla, doğal nitrat içeriğine sahip olan çeşitli bitkisel maddelerin ve doğal antimikrobiyal bileşiklerin (laktat, bakteriyosinler veya biyo-koruyucu laktik asit bakteri kültürlerinin doğrudan ilave edilmesi) kullanımı önerilmektedir (Hospital *et al.* 2015). Ancak nitrit yerine kullanılabilecek alternatif maddelerin bazı temel özellikleri taşıması beklenmektedir. Bu maddelerin doğal antioksidan ve antimikrobiyal etkilere sahip olması, ticari olarak kolay temin edilebilmesi, et ürünlerinde arzu edilen kr rengini oluşturabilmesi ve ürünün duyuusal niteliklerini olumsuz etkilememesi gerekmektedir (Candan ve Bağdatlı 2018;

Bernardo *et al.* 2021). Bazı sebzelerin bu özellikleri karşılayabilme potansiyeli ve nitrat açısından zengin olması sebebiyle et ürünlerinin işlenmesinde nitrite alternatif olarak kullanılmasına dair çeşitli çalışmalar yürütülmüştür (Eisinaite *et al.* 2020; Ozaki *et al.* 2021a). Özellikle kereviz, marul, turp ve ıspanak gibi yeşil yapraklı sebzelerin yüksek nitrat içerikleri nedeniyle et ürünleri formülasyonlarında sentetik nitrat ve nitritlerin yerini alabilecek potansiyel alternatifler olabileceği belirtilmektedir (Alahakoon *et al.* 2015). Ayrıca bu sebzelerin kg başına 2500 mg'dan fazla nitrat içerdiği bildirilmiştir (Santamaria 2006). Kürleme ajanı olarak nitratin kullanıldığı proseslerde bu sebzelerden hazırlanan suların ve tozların doğrudan kullanılması ile kürleme işlemini başarılı bir şekilde yürütmek mümkün olmaktadır. Buna karşın nitritin kullanıldığı üretim proseslerinde bu doğal ürünlerden doğrudan yararlanmak mümkün değildir. Bundan dolayı sebze ekstraktı ve ürünlerinde bulunan nitratin nitrite dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla nitrat redüktaz aktivitesine sahip (*Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve *Kocuria varians*) mikroorganizmalar kullanılarak nitrat nitrite dönüştürülmektedir. Bu dönüşümün etkin bir şekilde sağlanabilmesi için uygun sıcaklık ve süre büyük önem arz etmektedir. Nitrati nitrite dönüştürülmüş bu sebze ürünleri biyo dönüştürülmüş ürünler olarak adlandırılmakta ve alternatif nitrit kaynağı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu kapsamda kürlenmiş et ürünlerinin üretiminde sentetik nitrite alternatif olarak önceden dönüştürülmüş sebze suyu ve tozlarının daha yaygın olarak kullanıldığı belirtilmektedir (Sebranek and Bacus 2007; Krause *et al.* 2011; Djeri 2014; Jo *et al.* 2020).

Et ürünlerinde kereviz tozu ve kerevizin diğer formlarının kullanımına yönelik pek çok çalışma yürütülmüştür. Kereviz ürünlerinin duyu özellikleri üzerinde olumsuz etki göstermemesi kullanımını önemli ölçüde artırmıştır (Sebranek and Bacus 2007; Sindelar *et al.* 2007c; Sullivan *et al.* 2012; Horsch *et al.* 2014; Ruiz-Capiillas *et al.* 2015; Pennisi *et al.* 2020). Diğer taraftan kereviz alerjen özellik göstermektedir. Bundan dolayı yüksek oranda nitrat içeren pazı tozu ve pazıdan hazırlanan diğer ürünlerin alerjen madde içermemesi nedeniyle kürleme ajanı olarak kullanımı gündeme gelmiştir (Shin *et al.* 2017; Vanga *et al.* 2017).

Chenopodiaceae familyasına ait olan pazı (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*), yıl boyunca bulunabilmesi, maliyetinin düşük olması ve birçok farklı geleneksel yemekte kullanılabilir olması nedeniyle tüm dünyaya yayılmış otsu iki yıllık yeşil yapraklı bir sebzedir (Gao *et al.* 2009; Mzoughi *et al.* 2019). Yaprakları salatalarda çiğ olarak tüketilebildiği gibi ıspanak ve kereviz gibi sapları doğranarak da pişirilebilmektedir. Bununla birlikte pazı, ıspanak ve kerevizden daha dayanıklı olup yetiştirilmesi daha kolay şartlar altında gerçekleşmektedir (Zein *et al.* 2015; Gamba *et al.* 2021). Pazı yaprakları C, A ve B vitaminleri, fenolik asitler (siringik,

kafeik ve *p* -kumar), flavonoidler (kaempferol, kuersetin ve apigenin türevi glikozitler) ve demir, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve manganez gibi minerallerin çok iyi bir kaynağıdır (Pyo *et al.* 2004; Gennari *et al.* 2011; Ninfali and Angelino 2013). Bu sebeple pazı Akdeniz diyetinde önemli role sahip halofit bitki olarak nitelendirilmekte ve zengin içeriği sebebiyle de çeşitli geleneksel yemeklerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Gao *et al.* 2009). Pazı ayrıca düşük glikoz seviyesi ile kan şekerini düzenlemesi, yüksek miktarda diyet lifi, protein ve antioksidan içermesi açısından da önemli bir gıda maddesidir (Ivanović *et al.* 2019, Yang *et al.* 2014; Kolota *et al.* 2010). Ayrıca gerek *in vivo* gerekse *in vitro* çalışmalar sonucunda pazının antimikrobiyal kapasitesinin de yüksek olduğu belirlenmiştir (Ponce *et al.* 2003; Shin *et al.* 2017). Pazı hipoglisemik özelliklere sahip olmakla birlikte geleneksel tıpta karaciğer ve böbrek hastalıklarının tedavisinde, bağışıklık sisteminin uyarılmasında ve kanser tedavisinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Bolkent *et al.* 2000). Pazının ortalama nitrat içeriğinin 324-3407 mg/kg arasında değiştiği yapılan farklı çalışmalarla bildirilmiştir (Herencia *et al.* 2007; Authority 2008; Parks *et al.* 2008; Matallana Gonzalez *et al.* 2010). Yüksek nitrat içeriği sebebiyle pazının son zamanlarda yapılan çalışmalarda özellikle toz formunun kürlenmiş et ürünlerinde önceden dönüştürülmüş nitrit kaynağı olarak kullanımının uygun olabileceği belirtilmektedir (Shin *et al.* 2017; Kim *et al.* 2019). Ancak pazı tozunun kür edilmiş et ürünlerinin üretiminde %0,15-%0,30 konsantrasyonlarında kullanılması gerektiği, daha yüksek düzeylerde kullanımının ise ürünün duyuşal özellikleri üzerinde olumsuz etkiler oluşturabileceği belirtilmektedir (Sebranek *et al.* 2012). Aynı zamanda pazı yapraklarının kullanıldığı ürünün uçucu bileşik profili üzerinde etkili olduğu da bildirilmektedir (Mzoughi *et al.* 2019). Pazı başta olmak üzere birçok sebze ve bitkisel kaynaklı maddenin, yoğun aromatik özellikleri ve tat profiline katkıları nedeniyle kürlenmiş et ürünlerinde kullanımı önem arz etmektedir. Bu tür bitkisel bileşenlerin, ürüne kazandırdığı aroma ve lezzet açısından önemli bir rol üstlendiği ifade edilmektedir (Candan ve Bağdatlı 2017).

Kür edilmiş et ürünlerinde oluşan uçucu bileşikler bir dizi karmaşık reaksiyon sonucu meydana gelmektedir (Domínguez *et al.* 2019). Fermente sosislerde aroma oluşumu, olgunlaştırma (fermentasyon, kurutma) sırasında gerçekleşen fermentasyon, lipolisiz, lipid oksidasyonu ve proteolizis gibi farklı reaksiyonlarla ilişkilidir (Flores *et al.* 2004; Sidira *et al.* 2015; Leroy vd 2013; Montanari vd 2018; Domínguez *et al.* 2019). Bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan bileşikler (serbest yağ asitleri, peptitler, amino asitler vb.) et aromasının ve uçucu bileşiklerinin oluşumunda temel reaksiyonlar olan; Maillard reaksiyonu, lipid oksidasyonu, Strecker ve tiamin degradasyonu için substrat olarak görev almaktadır (Lorenzo and Carballo 2015; Petričević *et al.* 2018).

Maillard reaksiyonu et ürünlerinde uçucu bileşiklerin oluşumunda başlıca rol oynayan, belirli sıcaklık düzeyinde indirgen şekerler ve serbest amino bileşikleri arasında gerçekleşen enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonu olarak tanımlanmaktadır (Sohail *et al.* 2022; Sun *et al.* 2022). Üç aşamada tamamlanan reaksiyonun ilk aşaması; indirgen şekerler ile amino grupları arasındaki yoğunlaşma reaksiyonu sonucu bir glikozamin oluşumu ve ardından Amadori ve Heyns bileşikleri için yeniden bir düzenlemenin gerçekleşmesidir. (Moltram 1998; Flores *et al.* 2023; Bleicher *et al.* 2022). İkinci aşama ise Amadori ve Heyns yeniden düzenleme ürünlerinin deoksiozonlar aracılığıyla parçalanarak furanonlar ve dikarbonil bileşiklerinin oluşumunu içermektedir. Son aşama ise farklı reaksiyonlarla ketonlar, aldehitler, tiyofen, pirol, alkoller gibi çeşitli aromatik bileşikler oluşumuyla ilgilidir (Van Boekel 2006).

Lipit oksidasyonu et ürünlerinde aroma oluşumuna katkıda bulunan önemli reaksiyonlardan biridir. Lipitlerin farklı gıda işleme koşulları altında parçalanması sonucu oluşan yağ asitleri pek çok uçucu bileşiğin öncül maddesi olarak görev almaktadır (Khan *et al.* 2015; Ma *et al.* 2020). Fosfolipitlerin ve trigliseritlerin parçalanması sonucu oluşan doymamış yağ asitlerinden otooksidasyona uğrayarak hidroperoksitlere dönüşmektedir. Hidroperoksitler ise parçalanarak aldehit, keton, alkol ve furan gibi çeşitli uçucu bileşiklere dönüşmektedir (Sun *et al.* 2022).

Kür edilmiş et ürünlerinin uçucu bileşik profilinde kimyasal ve biyokimyasal reaksiyonlarının yanı sıra üretimde kullanılan baharat ve diğer katkı maddelerinden kaynaklanan uçucu bileşikler de yer almaktadır. (Rivas-Cañedo *et al.* 2009; Domínguez *et al.* 2019). Ancak bu tip et ürünlerine has karakteristik aromada kürlenme maddesi olarak kullanılan nitrit belirleyici olmaktadır. Nitritin protein ve lipitlerle bağlanması sonucunda çeşitli uçucu ve uçucu olmayan bileşikler oluşmakta ve bu bileşikler kür edilmiş etin lezzetine önemli katkıda bulunmaktadır. Et proteinlerindeki kükürt içeren amino asitlere nitritlerin bağlanması, özgün aroma ve lezzet özellikleri taşıyan SH (sülfidril) gruplarının oluşumuyla sonuçlanır. (Govari and Pexara 2015).

Kür edilmiş et ürünlerinde nitritin uçucu bileşik profili üzerine etkisinin araştırıldığı bazı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Olesen *et al.* 2004; Toldrá *et al.* 2009; Sindelar and Milkowski 2012; Thomas *et al.* 2013; Akköse *et al.* 2016). Ancak nitritin kürlenmiş et ürünlerinde karakteristik lezzet gelişimine ve diğer olumlu katkılarına rağmen potansiyel sağlık riskleri nedeniyle uluslararası gıda güvenliği otoriteleri tarafından gıda ürünlerinde kullanımının azaltılması gerektiği belirtilmiştir (Bakhtiary *et al.* 2018). Uluslararası Kanseri Araştırma Ajansı (IARC), vücuda alınan günlük nitritin kanser riskini %18 oranında artırdığını bildirmiştir (Hamdi *et al.* 2018). Ayrıca yüksek sıcaklıklarda nitritin aminlerle reaksiyonu sonucu oluşan

kanserojenik bileşikler olan nitrozaminler de et ürünleri için ciddi tehlike arz etmektedir (Bázan-Lugo *et al.* 2012; Hayes *et al.* 2013). Bu sebeple daha sağlıklı et ürünlerinin üretilmesinde yeni bir strateji olarak sentetik nitrit miktarının azaltılması ve doğal nitrit kaynaklarının kullanılması yoluna gidilmeye başlanmış ve bu amaçla farklı araştırmalar yürütülmüştür (Riel *et al.* 2017; Magrinyà *et al.* 2012; Liu *et al.* 2014; Saputro *et al.* 2016; Gallego Restrepo *et al.* 2013; Sindelar *et al.* 2007c; Horsch *et al.* 2014; Deda *et al.* 2007; Eyiler and Oztan 2011; Doolaeghe *et al.* 2012; Babaoğlu 2020). İİG sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada biyo dönüştürülmüş kereviz tozunun alternatif nitrit kaynağı olarak kullanılabilme imkânları araştırılmış ve 150 mg/kg dozu esas alınarak 4 farklı formülasyon uygulanarak üretilen ürünlerin mikrobiyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca biyo dönüştürülmüş kereviz tozunun ve pişirme derecesinin nitrozamin oluşumuna etkisi de incelenmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Biyo dönüştürülmüş kereviz tozu kullanılarak sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada ise kereviz tozunun alternatif kürlenme ajanı olarak kullanılabilme imkanları araştırılmıştır. Aynı araştırmada pişirme derecesi ve kereviz tozunun nitrozamin oluşumuna etkisi de araştırılmıştır (Yılmaz Oral 2023a). İİG sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada ise pazı tozu nitrit kaynağı olarak ürüne ilave edilmiş ve üretilen ürünlerin bazı özellikleri belirlenmiştir. Ancak bu çalışmada pazı tozunun ürünün uçucu bileşikleri ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi araştırılmamıştır (Öztürk Kerimoğlu and Serdaroğlu 2020). Pazı tozunun İİG sucukta nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek üzere yürütölen bir araştırmada ise 3 farklı formölasyon (150 mg/kg nitrit, 75 mg/kg nitrit + 75 mg/kg pazı tozu kaynaklı nitrit, 150 mg/kg pazı tozu kaynaklı nitrit) kullanılarak İİG sucuk üretilmiş ve elde edilen ürönlere nitrozamin analizinin yanı sıra mikrobiyolojik, fiziksel, kimyasal ve duyuşal analizler uygulanmıştır (Yılmaz Oral 2023b). Chorizo adı verilen fermente sosis türü üzerinde yürütölen bir araştırmada portakal, pazı, roka, marul, sarımsak, pancar, su teresi, ıspanak gibi meyve ve sebzelerden elde edilen doğal ekstraktlardan hazırlanan karışımların ürünün uçucu bileşik profiline etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada pazı tozu diğör ekstraktlarla birlikte kullanıldığından pazının doğrudan uçucu bileşik profiline etkisi ortaya çıkarılamamıştır (Martinez *et al.* 2019). Sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada ise nitrat kaynağı olarak dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozları kullanılmış ve üretilen ürünlerin fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve duyuşal özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada pazı tozunun uçucu bileşik profiline etkileri ise yine incelenmemiştir (Babaoğlu 2020). Bu açıklamalardan da anlaşılaçağı üzere İİG sucuk da dahil fermente sosislerde pazı tozu kullanımının uçucu bileşik profiline etkisi incelenmemiştir. Bu durum bu çalışmanın en önemli özğün değörini oluşturmaktadır. Mevcut bu araştırmada pazı tozunun İİG sucuğın uçucu bileşik profiline ve diğör kalitatif özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 150 mg/kg nitrit kullanım dozu

esas alınarak sentetik nitrit ve pazı tozu kaynaklı nitrit ile 2 farklı formülasyonla İİG sucuk üretimi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada nitrit kullanılmadan da İİG sucuk üretilmiş ve bu grup kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Deneme desenine uygun olarak hazırlanan İİG sucuk hamurları dolumdan sonra fermentasyon, ısıtma işlemi ve kurutma işlemlerine tabii tutulmuştur. Sucuk hamuru ve fermentasyon, ısıtma işlemi ve kurutma işlemlerinden sonra alınan örnekler pH, a_w , enstrümental renk ve tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (TBARS) analizleri ile mikrobiyolojik sayımlara (laktik asit bakterileri, mikrokok/stafilokok, maya ve küf, *Enterobacteriaceae*) tabii tutulmuştur. Ayrıca her bir gruba ait örnekler kalıntı nitrit, duyusal ve uçucu bileşik yönünden de analiz edilmiştir. Elde edilen veriler varyans analiziyle incelenmiş ve anlamlı bulunan ana varyasyon kaynaklarının ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak değerlendirilmiştir.



KAYNAK ÖZETLERİ

Kür edilmiş et ürünlerinde teknolojik açıdan önem arz eden nitrat ve nitrit aynı zamanda nitrozamin oluşumunda da rol oynamaktadır. Nitrozamin riskini azaltmak veya ortadan kaldırmak için kereviz, ıspanak, turp, pazı ve marul gibi sebzelerin nitrat kaynağı olarak kullanılabilme imkanları üzerine araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca bu sebzelerden hazırlanan ürünlerdeki nitrat nitrite dönüştürülerek biyo dönüştürülmüş ürünler de elde edilmiş ve araştırmalar yürütülmüştür. Kür edilmiş et ürünlerinde alternatif kürleme maddesi olarak kereviz tozu veya kereviz suyu tozu (Sindelar *et al.* 2007c; Yıldız Turp vd 2010; Horsch *et al.* 2014; Yılmaz Oral 2023a; Yılmaz Oral *et al.* 2024) domates püresi ve tozu (Deda *et al.* 2007; Eyiler and Oztan 2011), biberiye ekstraktı (Doolaege *et al.* 2012), pazı (Hwang *et al.* 2016; Shin *et al.* 2017; Kim *et al.* 2019; Yılmaz Oral 2023b) ve pancar tozu (Sucu and Yıldız Turp 2018) üzerine araştırmalar yapılmıştır.

Pişmiş jambon üzerinde yapılan bir araştırmada hem sıvı besiyerinde hem de pişmiş jambon örneklerinde farklı nitrit seviyelerinde kereviz suyu konsantresinin *Listeria monocytogenes*'in gelişimi üzerine etkisi incelenmiştir (Horsch *et al.* 2014). Konu ile ilgili diğer bir çalışmada ise *Staphylococcus carnosus* mevcudiyetinde, kereviz tozunun jambon örneklerinde TBARS değerini artırdığı ancak kalıntı nitrit miktarını düşürdüğü rapor edilmiştir (Sindelar *et al.* 2007c). Sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada ise kereviz tozu oranının oksidasyon üzerinde etki göstermediği ancak duyuşal özellikler açısından gruplar arasında önemli farklılıkların olmadığı rapor edilmiştir (Yıldız Turp *et al.* 2010).

Pancar tozunun kürleme ajanı olarak kullanıldığı ve depolama ile ürünün bazı kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada, 4 farklı formülasyonda sosis hamuru hazırlanmış ve yapılan analizler sonucunda pancar tozu ilave edilerek üretilen örneklerin a * değerinde artışa sebep olduğu ve depolama süresince istenen kırmızı rengin korunmasını sağladığı, soğukta muhafaza sırasında kalıntı nitrit açısından formülasyonlar arasında önemli farklılıkların olmadığı ve pazı tozu ile üretilen numunelerin duyuşal değerlendirme puanlarının kontrol grubuna benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Sucu and Yıldız Turp 2018).

Et emülsiyonlarında kırmızı pancar ekstraktı ve askorbik asit kullanımının ürünün kalite özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, kırmızı pancar ekstraktı ile hazırlanan örneklerde ekstrakt miktarı arttıkça pH değerinin azaldığı, en düşük kalıntı nitrit miktarının kontrol gurubu örneklerde olduğu ve pancar ekstraktı-askorbik asit kombinasyonu ile üretilen

örneklerde ise diğerlerine oranla daha düşük miktarda kalıntı nitrit tespit edildiği, kırmızı pancar ekstraktı ve askorbik asit kombinasyonunun renk gelişimini en iyi seviyede koruduğu ve sentetik nitrit yerine alternatif olarak kullanılabilirliğinin mümkün olduğu rapor edilmiştir (Choi *et al.* 2017).

Shin *et al.* (2017) tarafından domuz eti kullanılarak üretilen köftelerde sentetik nitrit yerine nitratı mikroorganizmalar aracılığıyla nitrite dönüştürülmüş pazı tozu (%1, %2) ve kereviz tozu (%2) kullanımının ürünün renk stabilitesi, diğer kalitatif özellikleri ve raf ömrü üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen araştırmada, pazı tozu oranı arttıkça pH ve TBARS değerinin azaldığı, kırmızı renk yoğunluğunun azaldığı ve pazı tozunun lezzet ve genel kabul edilebilirlik açısından bu üründe kullanılabilme potansiyelinin yüksek olduğu bildirilmiştir.

Doğal nitrit kaynağı olarak farklı oranlarda fermente edilmiş pazı tozu suyu ile kür edilen ve ‘cured pork loin’ adlandırılan bir et ürünü üzerinde yapılan bir çalışmada, pazı tozu suyunun ürünün kalite özellikleri üzerine etkisi incelenmiş ve yapılan analizler sonucunda, pazı tozunun ilave oranındaki artışa bağlı olarak pH ve TBARS değerlerinin azaldığı, sarı renk yoğunluğunun ölçüsü olan b değerinin düştüğü, uçucu bazik azot içeriğinin arttığı, kalıntı nitrit seviyesinin düştüğü, örnek gruplarının pişirme kaybı açısından benzer sonuçlar verdiği ve duyuusal parametreler açısından örnekler arasında önemli farklılıkların olmadığı ancak pazı tozu kullanım oranının artışına paralel olarak renk puanında artış olduğu rapor edilmiştir (Kim *et al.* 2019). Yine aynı üründe nitrit kaynağı olarak doğal bir kürleme maddesi olarak ıspanak tozunun kullanılabilme imkanının araştırıldığı bir çalışmada, ıspanak tozu *Lactobacillus farciminis* ile muamele edilerek nitratın nitrite indirgenmesi sağlanmıştır. Yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda, nitrit ilavesi olmaksızın üretilen grubun pH değerinin fermente ıspanak tozu ekstraktı ilave edilerek üretilen gruba göre daha yüksek olduğu ancak ilave edilme oranındaki artışa bağlı olarak pH değerinde az da olsa bir düşüş olduğu, renk bakımından ıspanak tozu ile muamele edilen grubun L* ve b* değerlerinin kontrol grubuna göre daha yüksek değerler verdiği, en düşük uçucu bazik azot içeriği ve TBARS değerinin kontrol grubunda gözlendiği ve ıspanak tozu ilavesinin kalıntı nitrit miktarını artırdığı rapor edilmiştir. Aynı araştırmada sonuç olarak ıspanak tozunun alternatif kürleme maddesi olarak kullanılabileceği ve bu doğal kürleme ajanının ürün özelliklerini olumlu yönde etkilediği kanaatine varılmıştır (Kim *et al.* 2017).

Mortadella tipi salam üretiminde alternatif kürleme maddesi olarak maydanoz tozu kullanımının ürünün mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyuusal özelliklerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir araştırmada, maydanoz tozu ile kür edilen örnek grubunun

pH değerinin diğer örneklerle göre daha düşük olduğu, bu doğal kütleme ajanının kullanım dozundaki artışın pH değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, maydanoz tozu ilavesinin örneklerin L* değeri üzerinde dikkate değer bir etkiye sahip olmadığı ve depolama sonuna kadar tüm gruplarda a* değerinin azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca maydanoz tozu kullanımı ile kalıntı nitrit seviyesinin düştüğü, kullanım dozundaki artışın tüketici kabulünü etkilemediği ve ıspanak tozunun doğal nitrit kaynağı olarak kullanımının uygun olduğu rapor edilmiştir (Riel *et al.* 2017).

Ozaki *et al.* (2021a) tarafından yapılan çalışmada fermente kuru sosis üretiminde, yüksek oranda nitrat içeriğine sahip olan pancar ve turp tozu kullanımının ürünün bazı kalite özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 5 farklı sosis formülasyonu (150 mg/kg sodyum nitrit + 150 mg/kg sodyum nitrat, sodyum nitrit/nitrat içermeyen kontrol, %0,5 turp tozu, %1 turp tozu, %0,5 pancar tozu, %1 pancar tozu) kullanılarak üretim gerçekleştirilmiş ve üretilen ürünler depolama süresince çeşitli analizlere tabi tutulmuştur. Analizler sonucunda sebze tozu ilavesinin örneklerin ağırlık kaybı, nem içeriği, su aktivitesini etkilediği ve pancar tozu ilavesinin L* ve b* değerlerini düşürdüğü rapor edilmiştir. Ayrıca pancar tozu ilavesinin kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değerini artırdığı, sebze tozu ilaveli ürünlerin kontrol gurubuna göre daha düşük TBARS değeri verdiği, %1 turp tozu ilavesinin kalıntı nitrit içeriği, pH ve renk değerleri ile laktik asit bakterilerinin gelişimi bakımından doğal nitrit ikamesi olarak en iyi sonucu verdiği rapor edilmiştir.

Çin tipi kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada *Flos Sophorae* (FS) ve acı biber tozunun ürünün bazı kalitatif özelliklerine etkileri incelenmiştir. Analizler sonucunda FS ve acı biber tozu kombinasyonu ile hazırlanan örnek gruplarının daha düşük pH ve TBARS değeri gösterdiği, FS ilave edilen gurubun FS ve acı biber kombinasyonundan farklı olarak b* değerinde artışa, a* değerinde ise düşüşe sebep olduğu, FS ve acı biber tozu ilaveli örneklerin nem içeriğinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir. Araştırmada sonuç olarak FS acı biber kombinasyonunun nitritin yerine doğal bir kütleme alternatifi olarak kullanılabileceği de belirtilmiştir (Tang *et al.* 2021).

Turp tozu ve kitosanın pişmiş fermente sosis üretiminde kullanılabilirliğini araştırmak üzere yürütülen bir çalışmada 3 farklı formülasyon (0,15 g/kg sodyum nitrit, %0,25 kitosan + %0,5 turp tozu, %0,5 kitosan + %0,5 turp tozu) uygulanmış ve üretilen ürünler bütün halinde veya dilimlenmiş olarak soğukta muhafaza süresince fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve duyusal yönden değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Soğukta depolama süresince yapılan analizler sonucunda kitosan ve turp tozu ilavesinin ürünün nem içeriğini ve ağırlık kaybını önemli ölçüde artırdığı, kitosan ilavesinin a* değerinde düşüşe sebep olduğu ancak pişirme

işleminden sonra gruplar arasında a^* değeri açısından önemli farklılıkların olmadığı, kitosan ile hazırlanan ürünlerde kitosanın ürünün a_w değerini artırdığı ve olgunlaşma sırasında pH değerini etkilemediği rapor edilmiştir. Ayrıca %0,5 turp tozu ve %0,25 kitosan ilavesi ile hazırlanan ürünlerin mikrobiyolojik ve fizikokimyasal stabilite açısından nitrit yerine kullanılabileceği ileri sürülmüştür (Ozaki *et al.* 2020).

Jeong *et al.* (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada, Çin lahanasından hazırlanan toz halindeki preparat ile kereviz suyu tozunun domuz sosislerinin renk ve diğer bazı kalitatif özelliklerine etkileri incelenmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesi neticesinde lahana ve kereviz suyu tozu kullanımının ürünün renk gelişimi üzerinde önemli ölçüde etki gösterdiği, lahana tozu ve kereviz suyu tozu kullanılarak üretilen örneklerin sentetik nitrit kullanılarak üretilen kontrol grubuna göre daha düşük pH ve pişirme kaybı gösterdiği, lahana tozu ve kereviz suyu tozu kullanımının renk üzerinde önemli etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca lahana tozu ve kereviz suyu tozunun kalıntı nitrit içeriğini düşürdüğü ve bu doğal ürünlerin sosis üretiminde alternatif kürleme ajanı olarak kullanılabileceği bildirilmiştir.

Sebze tozlarının kür edilmiş et ürünlerinin duyu özelliklerine etkisinin belirlenmesi, bu modifiye ürünlerin genel kabul edilebilirliği açısından önem arz etmektedir. Sindelar *et al.* (2007) tarafından emülsifiye pişmiş sosislerde yapılan bir çalışmada nitrit alternatifi olarak farklı oranlarda (%0,20-0,40) sebze suyu tozu ilavesinin ve sebze tozlarındaki nitratin *Staphylococcus carnosus* mevcudiyetinde nitrite indirgenmesi için uygulanan sürenin (30, 120 dakika) ürünün fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada sebze suyu tozu ilavesiyle üretilen ürünlerle kontrol grubu arasında depolama süresince lipid oksidasyonu açısından herhangi bir farklılık olmadığı, sebze suyu tozu içeren örneklerle uygulanan inkübasyon süresindeki artışa paralel olarak kalıntı nitrit seviyesinin arttığı ve duyu açıdan %0,20 sebze suyu tozu ile üretilen örnek grubu hariç diğer grupların kontrol grubuna benzer sonuçlar verdiği rapor edilmiştir.

Posthuma *et al.* (2018) tarafından kürlenmiş et model sistemde, iki farklı nitrit kaynağı (sodyum nitrit ve kültürlü kereviz suyu tozu), indirgen bileşik (kiraz tozu kaynaklı askorbik asit) ve pişirme işleminden önce uygulanan inkübasyon süresinin ürünün bazı kalite özellikleri üzerine etkisini belirlenmek amacıyla yürütülen bir çalışmada, indirgen bileşiğin model sistemde kür pigmentini ve kalıntı nitrit içeriğini artırdığı, sentetik nitrit ilaveli grubun kereviz suyu tozu ilaveli gruba göre daha yüksek a^* değeri ve daha düşük b^* değeri verdiği rapor edilmiştir.

Soğuk tütülenmiş fermente sosislerde doğal nitrat kaynağı olarak dondurularak kurutulmuş kereviz tozu kullanımının, ürünün kalite ve güvenliğini sağlanabilirliğine etkisini

belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada fermente soslar fizikokimyasal ve mikrobiyolojik analizlere tabii tutulmuştur. Tüm muamele gruplarında pH değerinin azaldığı, 0,954-0,959 arasında değişen başlangıç a_w değerinin 0,936-0,939'a kadar düştüğü, fermentasyon sırasında koagülaz negatif stafilkoklar ile laktik asit bakterilerinin sayılarının artış gösterdiği, bu mikroorganizmaların sayılarında kurutma aşamasında azalmalar görüldüğü, kereviz tozunun *Enterobacteriaceae* gelişimini önemli ölçüde azalttığı, sadece sentetik nitrit veya sadece kereviz tozu kullanılarak üretilen örneklerin diğer gruplara göre daha düşük kalıntı nitrat verdiği ve bu uygulamaların a^* değerinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Eisinaité *et al.* 2020).

Sucuk üretiminde farklı sebze tozlarının nitrit alternatifi olarak kullanılabilme imkanının araştırıldığı bir çalışmada, 6 farklı formülasyon uygulanarak üretilen sucuk gruplarına hem üretim aşamasında hem de depolama süresince yapılan analizler neticesinde, ıspanak tozu ile üretilen örnek gruplarının en yüksek pH değerine sahip olduğu, en düşük pH ve su aktivitesi değerini pazı tozu içeren grupların verdiği ve bu grupların olgunlaştırmanın 7. gününde en yüksek laktik asit değerine sahip olduğu bildirilmiştir. Ayrıca tüm gruplara kıyasla ıspanak tozunun en düşük TBA değerini verdiği ve depolamanın ilerlemesine bağlı olarak tüm sucuk gruplarının TBA değerinde artış gözlemlendiği, olgunlaştırma süresince 3.20 mg/kg ile en düşük kalıntı nitrit içeriğini sadece sentetik nitrit içeren kontrol grubunun gösterdiği ve bu grubu 3.81 mg/kg değeri ile pazı grubunun takip ettiği, kontrol grubu ile pazı tozu içeren gruplarda diğer gruplara göre kesit yüzeyi a^* değerinin daha yüksek düzeyde olduğu ve L^* değerinin olgunlaştırma süresi ilerledikçe arttığı rapor edilmiştir. Bunun yanı sıra olgunlaştırma süresince maydanoz tozu içeren grupların diğer gruplara göre daha yüksek laktik asit bakteri sayısına sahip olduğu ve duyusal parametreler açısından en yüksek puanları pazı tozu ile üretilen sucuk gruplarının verdiği belirtilmiştir (Babaoğlu 2020).

Yüzlü (2018) tarafından yürütülen bir araştırmada sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak ıspanak ve maydanoz tozu kullanılabilme imkanları araştırılmıştır. Çalışmada yanıt yüzey yöntemi kullanılarak nitrit alternatifi olarak sebze tozlarının kullanım oranları belirlenmiş ve 24 farklı formülasyon hazırlanmıştır. Analizler neticesinde ıspanak ve maydanoz tozlarının askorbik asit içeriklerinin yüksek olması sebebiyle bu tozların kullanım dozu arttıkça peroksit değerinde düşüşe neden olduğu, sebze tozu ilavesinin lipid oksidasyonun göstergesi olan TBA değeri üzerinde çok önemli etki gösterdiği, sucuğun kesit yüzey L^* ve a^* değerlerinin ıspanak tozundan önemli ölçüde etkilendiği, ıspanak tozunun b^* değeri üzerinde ise herhangi bir etkisinin olmadığı bildirilmiştir. Diğer taraftan aynı araştırmada maydanoz tozu kullanım oranındaki artışa bağlı olarak NH_4^+ değerinin arttığı, maydanoz tozu ilaveli numunelerin NO_3^-

değerini azalttığı ve SO_4^{-2} değeri üzerine hem sentetik nitrit hem de doğal kaynaklı nitrit ilavesinin herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Yüzlü 2018).

Pazı tozunun ısıl işlem görmüş (İİG) sucuk üretiminde doğal nitrat kaynağı olarak kullanımının ürünün fizikokimyasal özellikleri ve kalıntı nitrit içeriği üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada, pazı tozu kullanım oranındaki artışa bağlı olarak pH değerinin arttığı, L^* , a^* ve b^* değerlerinin ise azaldığı, sucuk hamuru ve fermentasyon aşamalarında kalıntı nitrit içeriğinin en yüksek değerinin kontrol grubunda belirlendiği ve pazı tozu kullanımının İİG sucuk üretiminde nitrat alternatifi olarak kullanılabilme potansiyelinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır (Öztürk Kerimoğlu and Serdaroğlu 2020).

Kereviz ve siyah havuç suyu konsantresinin sucuk ve İİG sucuk üretiminde doğal nitrat kaynağı olarak kullanım imkanının araştırıldığı bir çalışmada, 7 farklı formülasyonda sucuk hamuru hazırlanmış ve üretimi tamamlanan sucuklar ambalajlanarak (vakum) 4 °C sıcaklıkta 3 ay süre ile depolanmıştır. Yapılan analizler neticesinde her iki sucuk tipinde de kereviz ve siyah havuç suyu tozu kullanımının son üründe pH değerini etkilemediği ancak depolama sonunda pH değeri üzerinde çok önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının sucuğun L^* değeri üzerinde çok etkili olduğu, İİG sucuğun ise a^* ve b^* değeri üzerinde etki gösterdiği, doğal nitrit kaynağı kullanılan sucuk gruplarının üretim ve depolama sonunda kontrol grubuna göre daha yüksek nitrat içerdiği ve kontrol grubunun üretimin tüm aşamalarında en düşük kalıntı nitrit içeriğini verdiği rapor edilmiştir. Ayrıca her iki fermente sosis tipinde de tüm muamele gruplarında hem üretim hem de depolama aşamasında biyojen amin miktarının arttığı, aroma oluşumunda doğal nitrit kaynağından ziyade formülasyona ilave edilen baharat karışımlarının etkili olduğu, doğal nitrit kaynağı kullanımının laktik asit bakterileri ile mikrokok/stafilokoklar üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ve her iki tip üründe de sentetik nitrit ve doğal nitrit kaynağı kullanımının duyuşal özellikler açısından bir farklılığa sebep olmadığı rapor edilmiştir (Işıksal 2021).

Pennisi *et al.* (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada İtalyan tipi kuru fermente bir sosis çeşidinin üretiminde ıspanak ve kereviz tozu ile pancar tozu kombinasyonunun nitrit alternatifi olarak kullanımının ürünün bazı kalite özellikleri üzerine etkisi araştırılmış ve 5 farklı formülasyon (CN: nitrat eklenmemiş, CP: 150 mg/kg potasyum nitrat, GSe: 3 g/kg kereviz tozu, GSeB: sırasıyla 3 g/kg kereviz ve pancar tozu, GspB: sırasıyla 3 g/kg ıspanak ve pancar tozu) uygulanarak üretim gerçekleştirilmiştir. Üretim sonunda fermente sosis örnekleri çeşitli analizlere tabi tutulmuş ve bu analizler neticesinde, sosis grupları arasında pH ve kalıntı nitrit açısından önemli farklılıklar olmadığı, nitrat ile hazırlanan sosis örneklerinin diğer örneklerle oranla daha düşük a_w değerine sahip olduğu, tüm gruplarda laktik asit bakteri sayısının benzerlik

gösterdiği, nitrat eklenmemiş kontrol grubunun (CN) duyusal olarak diğer gruplara oranla daha düşük genel kabul edilebilirlik değeri gösterdiği ve ıspanak tozu ile kür edilen örnek gruplarının renk parametreleri açısından ıspanağın renginden dolayı daha düşük değerler verdiği rapor edilmiştir.

Fermente et ürünlerinde uçucu bileşik profiline alternatif nitrit kaynaklarının etkilerinin belirlenmesi bu ürünlerin tipik karakteristik aromalarının korunması açısından büyük önem arz etmektedir. Yarı kuru fermente bir sosis çeşidi olan İİG sucuk üretiminde nitrit alternatifi kürlleme maddesi olarak kereviz tozu kullanımının ve farklı pişirme sürelerinin nitrozamin oluşumuna, kalite özelliklerine ve uçucu bileşik profili üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, kereviz tozu kullanımının ürünün pH değerini artırdığı ancak a_w değerini azalttığı, kalıntı nitrit içeriğinin kereviz tozu kullanımından etkilenmediği, kereviz tozu kullanım oranındaki ve pişirme süresindeki artışa bağlı olarak nitrozopiperidin içeriğinin arttığı, tanımlanan 49 farklı uçucu bileşikten sadece 4 bileşiğin (etanol, alil merkaptan, α -terpinolen ve kamfen) kereviz tozu kullanımından etkilendiği, alil merkaptan seviyesinin sadece sentetik nitrit ilavesiyle hazırlanan grupta diğer 3 gruba oranla daha yüksek değer verdiği, kereviz tozunun hekzanal dahil tanımlanan 5 aldehit bileşiği üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, kereviz konsantrasyonu arttıkça kamfen içeriğinin arttığı rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024).

İspanyol tipi fermente bir sosis çeşidi olan Chorizo üzerinde yapılan bir araştırmada portakal, pazı, roka, marul, sarımsak, pancar, su teresi, ıspanak gibi meyve ve sebzelerden elde edilen doğal ekstraktlardan hazırlanan karışımların ürünün uçucu bileşik profiline etkileri araştırılmıştır (Martinez *et al.* 2019).

Sucuk üzerinde yürütülen bir araştırmada, siyah havuç konsantresinin doğal nitrit kaynağı olarak kullanım imkanları araştırılmış, 9 farklı formülasyonda sucuk hamurları hazırlanmış ve 12 günlük fermentasyondan sonra elde edilen sucuk örnekleri çeşitli analizlere tabii tutulmuştur. Yapılan analizler neticesinde siyah havuç konsantresi seviyesi arttıkça pH değerinin düştüğü, sentetik nitrit ilavesiyle hazırlanan sucuk gruplarında fermentasyon süresince kalıntı nitrit içeriğinin azalarak 7,25-8,51 mg/kg seviyesine düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca siyah havuç konsantresi ilavesinin sucuk örneklerinin maya ve küf sayısını önemli ölçüde etkilediği, toplam aerobik mezofilik bakteri ile laktik asit bakteri sayıları üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı, *Enterobacteriaceae* sayısının ise tespit limitlerinin altında kaldığı bildirilmiştir. Diğer taraftan kontrol grubu örneklerinde siyah havuç konsantresinin seviyesindeki artışa bağlı olarak dış yüzey L^* , a^* ve b^* değerlerinin azaldığı, sucuk formülasyonuna siyah havuç konsantresi ilavesinin örneklerin toplam fenolik madde içeriğini

önemli ölçüde artırdığı, örneklerin aroma profilinin sentetik nitrit ve siyah havuçtan önemli ölçüde etkilendiği ve belirlenen 78 uçucu bileşik içerisinde terpenlerin önemli bir paya sahip olduğu rapor edilmiştir. Terpenler içerisinde yer alan limonenin kontrol grubu hariç diğer tüm gruplarda tespit edildiği, örneklerin n- heksadekanoik asit, propanoik asit, tetradekanoik asit ve oktadekanoik asit gibi çeşitli asitleri ve alkolleri (benzil alkol, fenetil alkol ve feniletil alkol) içerdiği ve örneklerin sülfürlü bileşik olarak sadece diallil sülfür içerdiği bildirilmiştir (Ekici *et al.* 2015).

Biyo dönüştürülmüş kereviz tozunun alternatif nitrit kaynağı olarak sucuğun bazı kalite özelliklerine ve pişirme sırasında nitrozamin oluşumuna etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada, 4 farklı sucuk hamuru (T1: 100 mg/kg sentetik sodyum nitrit, T2: 150 mg/kg sentetik sodyum nitrit, T3: 100 mg/kg nitrite eşdeğer kereviz tozu, T4: 150 mg/kg nitrite eşdeğer kereviz tozu) hazırlanmış ve hazırlanan örnekler 7 günlük olgunlaşma periyodu sonunda fizikokimyasal, mikrobiyolojik ve istatistiki analizlere tabii tutulmuştur. Analizler sonucunda 150 mg/kg nitrite eşdeğer kereviz tozu ile üretilen sucuk grubunun sentetik nitrit ile kür edilen sucuk grubuna göre daha yüksek pH değeri gösterdiği, kereviz tozu ilave edilen sucuk gruplarının a_w değerinin diğer gruplara göre daha düşük olduğu, muamele grupları arasında TBARS, kalıntı nitrit, N-nitrosodimetilamin (NDMA) ve N-nitrosodietilamin (NDEA) değerleri açısından önemli farklılıkların olmadığı, N-nitrosopiperidin (NPIP) açısından 150 mg/kg nitrite eşdeğer kereviz tozu grubunun en yüksek değeri verdiği ve 3 dakikalık pişirme süresinin ise nitrozamin oluşumunda önemli artışa sebep olduğu sonucuna varılmıştır (Yılmaz Oral 2023a).

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Isıl işlem görmüş (İİG) sucuk üretiminde hammadde olarak kullanılan sığır eti Erzurum Et ve Süt Kurumundan temin edilmiştir. 24 saat 4 °C’de dinlendirilen sığır karkaslarından çıkarılan etlerin fazla yağ ve bağ dokuları trimming işleminin ardından kuşbaşı şeklinde doğranmıştır. Et yağı da yine Erzurum Et ve Süt Kurumundan temin edilmiş ve 3 mm’lik aynadan geçirilerek kıyma haline getirilmiştir. Her iki hammadde de -18 °C’de üretimde kullanılıncaya kadar muhafaza edilmiştir. Üretim 3 kez gerçekleştirildiğinden 3 farklı karkastan elde edilen et ve yağ kullanılmıştır.

Üretimde kullanılan baharat, tuz ve sarımsak yerel bir marketten, sodyum nitrit medikal bir firmadan, pazı tozu (Vegstable® 531) (nitrit içeriği 14700 mg/kg) ticari bir kuruluştan (Florida-Food Products, Amerika Birleşik Devletleri) sağlanmış ve dolumda kolajen kılıf (Naturin Darm, Almanya) kullanılmıştır. İİG sucuk hamurlarında starter olarak *Latilactobacillus sakei* S15 ve *Staphylococcus xylosus* GM92 olmak üzere iki farklı suş kullanılmıştır (Kaban and Kaya 2008; Kaya vd 2015). Laktik asit bakteri suşu ile koagülaz negatif *Staphylococcus* suşu sırasıyla de Man Rogosa Sharpe (Merck) ve Tryptic Soy (Merck) sıvı besiyerlerinde çoğaltılmıştır (30±1°C’de 24 saat). *L. sakei* S15 ve *S. xylosus* GM92 sırasıyla 10⁷ kob/g, 10⁶ kob/g düzeyinde sucuk hamurlarına ilave edilmiştir.

Yöntem

(İİG) Sucuk Üretimi

Üretimde 80: 20 (yağsız et: et yağı) oranına göre Armutçu *et al.* (2020) tarafından verilen formülasyon esas alınmış ve her bir kg et + yağ karışımı için 20 g tuz, 9 g kimyon, 10 g sarımsak, 7 g kırmızı biber, 5 g karabiber, 2,5 g yenibahar, 4 g sakkaroz kullanılmıştır. Her bir üretim denemesinde 3 farklı sucuk hamuru hazırlanmıştır. Birinci grup İİG sucuk hamurunun hazırlanmasında sentetik nitrit (SN) veya pazı tozu kaynaklı nitrit (PTKN) ilave edilmemiş ve bu grup kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. İkinci grup sucuk hamurunda ise 150 mg/kg düzeyinde sodyum nitrit kullanılmıştır. Üçüncü grupta ise 150 mg/kg sodyum nitrite eşdeğer pazı tozu nitrit kaynağı olarak formülasyona dahil edilmiştir. Araştırma 3 farklı hammadde ile tekrar edilmiş ve toplamda 9 İİG sucuk hamuru hazırlanmıştır. Araştırmanın deneme planı Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme Planı

Nitrit Kaynağı	Blok (Tekerrür)		
	1	2	3
Kontrol (Nitrit İlave Edilmemiş)			
Sentetik Nitrit (150 mg/kg NaNO ₂)			
Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit (150 mg/kg NaNO ₂ ye Eşdeğer Pazı Tozu)			

Hamurlar laboratuvar tipi kuter (MTK 662, Mado, Almanya) kullanılarak hazırlanmıştır. Ardından hazırlanan hamurlar pistonlu bir doldurucu (Mado MTK-591, Almanya) ile kolajen bazlı suni kılıflara doldurulmuş ve klima ünitesinde (Reich, Almanya) 24°C’de 24 saat (%92±2 nispi nem) fermentasyon işlemine tabii tutulmuştur. Bu aşamadan sonra örnekler pişirme fırınında (Mauting, Çekya) 64 °C’ lik iç sıcaklık esas alınarak pişirilmiştir. Bu işlemin ardından örnekler klima ünitesinde kurutulmuştur (16 °C, %86- 88 nispi nem, 4 gün). Üretimden sonra aşağıdaki analizler uygulanmıştır.

Analizler

Fizikokimyasal Analizler

Su Aktivitesi (a_w)

Örneklerin su aktivitesi ölçümü için a_w cihazı (Novasina, TH/500) kullanılmıştır. Cihaz kalibre edildikten sonra analiz edilecek örneklerden alınan eşit dilimler ölçüme ait özel plastik kaplara konulup cihaz içerisine yerleştirilerek ölçme işlemi gerçekleştirilmiştir.

pH

Üretilen her bir gruptaki sucuk hamuru ve nihai ürün grubundan pH ölçümü amacıyla 10 gram numune alınmış, üzerine 100 ml saf su eklenmiştir. Numune-saf su karışımı, 1 dakika

boyunca ultra turrax cihazı (IKA Werk T25, Almanya) ile homojenizasyona tabii tutulmuş ve pH değeri pH metre (Mettler Toledo, İsviçre) ile saptanmıştır (Gökalp vd. 2012).

Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler (TBARS)

TBARS değerini belirlemek için Kılıç ve Richards (2003) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Analiz için 2 gram numune üzerine TCA çözeltisi eklenmiş ve ardından 15–30 saniye süreyle homojenizasyon yapılmıştır. Elde edilen karışım, filtre kâğıdından (Whatman 1) süzöldükten sonra filtrat (3 ml) bir tüpe alınmış ve bu tüpe tiyobarbitürik asit (3 ml 0.02M) çözeltisi eklenmiştir. Kaynar su banyosunda uygulanan 40 dakikalık işlemden sonra soğutma 5 dakika süreyle yapılmıştır. Ardından 2000 rpm hızında 5 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. İşlem sonunda örneklerin absorbansı (532 nm) ölçülmüştür. Sonuçlar mg MDA/kg cinsinden verilmiştir.

Renk

İİG sucuk örneklerinin kesit yüzeyinin renk yoğunlukları (L^* / a^* / b^* değerleri), renk ölçüm cihazı (CR-400, Minolta Co., Osaka, Japonya) ile ölçülmüştür. Her bir muamele grubunda en az üç farklı ölçüm yapılmış ve bu ölçümlerden elde edilen ortalamalar kullanılarak örneklerin L^* , a^* ve b^* değerleri hesaplanmıştır (Armutçu *et al.* 2020).

Kalıntı Nitrit

Analiz için her bir grup örneğinden 10 g tartılmış 50 ile 60 °C arasında sıcaklığa sahip 50 ml ultra saf su ilave edilerek homojen bir karışım elde edilmiştir. Bu karışım, 200 ml'lik balon jojeye aktarılmıştır. Homojenize edilen örneğe 50 ml asetonitril eklenip 15 dakika süreyle karıştırılmış, ardından karışım saf su (ultra) ile 200 ml'ye tamamlanmıştır. Süzme işlemi için nitrit ve nitrat içermeyen filtre kâğıdı (MN 640 de, Macherey-Nagel) kullanılarak filtrasyon işlemi tamamlanmış ve 0,45 µm'lik filtre kâğıdından geçirilerek süzüntü viallere aktarılmıştır. Vialler, -18 °C'de saklanmış ve kalıntı nitrit düzeylerini belirlemek amacıyla HPLC/DAD cihazına (Agilent 1100, ABD) yerleştirilmiştir. Cihazın akış hızı 2 ml/dakika olarak ayarlanmış ve sonuçlar mg/kg cinsinden raporlanmıştır (NMKL 165, 2000). Analiz metodu için LOD 1,01 mg/L olarak, LOQ değeri ise 3,06 mg/L olarak saptanmıştır.

Uçucu Bileşik Analizi

Homojenize edilen örneklerden her biri 5 g alınıp viallere yerleştirilmiş ve -20°C’de muhafaza edilmiştir. Uçucu bileşiklerin ekstraksiyonu için vialler termal blokta (Supelco, Bellefonte PA, USA) 30°C’de 1 saat bekletilmiş, böylelikle bileşiklerin tepe boşlukta yoğunlaşması sağlanmıştır. Bu işlemin ardından, bileşenlerin ekstraksiyonu için CAR/PDMS fiber (Supelco, 75 µm, USA) vial içine enjekte edilmiş ve 2 saat için bekletilmiştir. Fiber, ardından gaz kromatografisi (GC) cihazına enjekte edilip, bileşikler kütle spektrometrisi (MS) kullanılarak tanımlanmıştır. Sistemde taşıyıcı gaz olarak helyum, kolon olarak ise DB624 kullanılmıştır. Gaz kromatografisinin fırın sıcaklığı başlangıçta 40°C’de 5 dakika, ardından sırasıyla 110°C (3°C/dak hızla), 150°C (4°C/dak hızla) ve 210°C’ye (10°C/dak hızla) yükseltilmiş ve son olarak bu sıcaklıkta 12 dakika bekletilmiştir. Tanımlama aşamasında, kütle spektrometrisinin veri tabanları (NIST, WILEY, FLAVOR) ve standart karışım (Supelco 44585-U, Bellefonte PA, USA) kullanılmıştır (Kaban 2009).

Duyusal Analiz

Her bir sucuk grubunun duyuşal değerdendirmeş, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliğı Bölümü’nden 25 eğitilmiş panelist tarafından gerçekteşirilen laboratuvar paneliyle yapılmıştır. Numara verilerek hazırlanan her örnek, eşit kalınlıkta (5 mm) dilimlenmiş ve plastik tabaklarda sunulmuştur. Panelistler arasında örnekler arasında nötrale edilmesi amacıyla su ve ekmek verilmiştir. Değerdendirme, her bir örneğın renk (9: kırmızımsı kahverengi; 1 : açık soluk), koku (9 : çok iyi; 1 : çok kötü), tat (9 : tipik İİG sucuk tadı; 1 : tipik olmayan İİG sucuk tadı), tekstür (9 : çok İyi; 1 : çok kötü) ve genel kabul edilebilirlik (9 : çok iyi; 1 : çok kötü) gibi parametreler üzerinden hedonik skala (1-9) ile yapılmıştır (Gökalp vd 2012). Duyusal analiz için Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bilim Etik Kurul Başkanlığı’ndan onay alınmıştır.

Mikrobiyolojik analizler

Laktik asit bakterileri

İİG sucuk örneklerinde laktik asit bakteri sayımı için de Mân Rogosa Sharpe Agar (Merck) plaklarına hazırlanan dilüsyonlardan yüzeye yayma metoduyla ekimler yapılmış ve plaklar, 30°C’de 48 saat anaerobik koşullarda inkübe edilmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

Micrococcus/Staphylococcus

İİG sucuk örneklerinde *Micrococcus/Staphylococcus* sayımı yapmak için Mannitol Salt Phenol Red Agar (Merck) kullanılmıştır. Yüzeye yayma metoduyla ekimler yapılmış, inkübasyon ise aerobik koşullarda (30°C'de 48 saat) gerçekleştirilmiştir (Kaya ve Gökalp 2004).

Enterobacteriaceae

Enterobacteriaceae sayısını belirlemek için uygun dilüsyonlardan Violet Red Bile Dextrose Agar (Merck) plaklarına yüzeye yayma metodu ile ekimler yapılmış ve plaklar anaerobik koşullarda (30°C, 48 saat) inkübe edilmiştir (Baumgart *et al.* 1993).

Maya ve küf

İİG sucuk örneklerinde maya küf sayımı için Rose Bengal Chloroamphenicol agar (Merck) plaklarına yayma yöntemiyle ekimler yapılmıştır. İnkübasyondan (25°C, 5 gün) sonra sayım işlemi gerçekleştirilmiştir (Gökalp vd 2012).

İstatistik Analizler

Araştırma, üç farklı muamele grubu (K: Sentetik veya pazı tozu kaynaklı nitrit eklenmemiş grup, SN: 150 mg/kg NaNO₂, PTKN: 150 mg/kg NaNO₂ ye eşdeğer pazı tozu) dikkate alınarak tasarlanmıştır. Denemeler, faktöriyel düzende ve şansa dayalı tam bloklar deneme planı ile 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, iki yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiş, istatistiksel olarak anlamlı bulunan varyasyon kaynakları ve interaksiyona ait ortalamalar, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

pH

Fermente sosis üretiminde ürünün tipik karakteristik aroma ve lezzetinin gelişiminde önemli rol oynayan parametrelerden biri pH değeridir (Vignolo *et al.* 2010). Sentetik nitrit (SN) ve pazı tozu kaynaklı nitrit (PTKN) ilave edilerek hazırlanan ısıl işlem görmüş (İİG) sucuk gurupları ile kontrol grubunda üretim aşamalarında saptanan pH değerleri Tablo 2’de sunulmuştur. Sucuk hamurunda 5,70-5,90 arasında değişen pH fermentasyondan sonra 4,80-5,27, ısıl işleminden sonra 4,83-5,35 ve kurutma işleminden sonra ise 4,82-5,44 arasında değişim göstermiştir. PTKN içeren örnekler üretim süresince diğer gruplara göre daha yüksek pH değeri vermiştir.

Tablo 2. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan pH Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	5,74	4,81	4,83	4,82
	2	5,77	4,84	4,86	4,91
	3	5,70	4,91	4,96	4,97
SN	1	5,72	4,83	4,85	4,93
	2	5,78	4,81	4,86	4,96
	3	5,71	4,80	4,96	5,02
PTKN	1	5,81	5,22	5,29	5,36
	2	5,90	5,20	5,35	5,37
	3	5,86	5,27	5,34	5,44

SN ve PTKN ilavesi ile üretilen İİG sucuk guruplarında üretim süresince belirlenen pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 3’te verilmiştir. Sucuk guruplarının pH değeri üzerine farklı nitrit kaynağı kullanımı ve üretim aşamasının çok önemli ($P<0,01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksyonu da istatistiki açıdan çok önemli bulunmuştur ($P<0,01$).

Tablo 3. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	0,50	326,42**
Üretim aşaması (ÜA)	3	1,28	839,21**
Blok	2	0,01	7,29**
NK x ÜA	6	0,03	17,21**
Hata	22	0,002	
Genel	36		

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

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde üretim aşamalarında saptanan pH değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Buna göre kontrol gurubu ve SN içeren guruba ait ortalama değerler arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir ($P > 0,05$). Buna karşın PTKN gurubu en yüksek ortalama pH değerini vermiştir ($P < 0,05$). Bu verilere göre sucuk üretiminde pazı tozu kullanımının pH değerinde artışa sebep olduğu belirlenmiş ve pazı tozu içeren son ürünlerin diğer guruplara oranla daha yüksek pH değeri vermesi bu doğal nitrit kaynağının alkali özellikte olmasından ileri geldiği düşünülmektedir. İİG sucukta doğal nitrat kaynağı olarak pazı tozu kullanılan ürünün fizikokimyasal özellikleri ve kalıntı nitrit miktarının belirlenmesine yönelik yürütülen bir çalışmada da pazı tozu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak pH değerinin arttığı belirtilmiştir (Öztürk Kerimoğlu and Serdaroğlu 2020). Benzer olarak İİG sucukta pazı tozu ilavesinin ürünün kalite özellikleri ve nitrozamin oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, en yüksek pH değerinin pazı tozu ilaveli örneklerde belirlendiği bildirilmiştir (Yılmaz Oral 2023b). Diğer taraftan emülsifiye et ürünleri üzerinde yapılan bir çalışmada da sebze suyu tozu kullanımının pH değerini artırdığı bildirilmiştir (Sindelar *et al.* 2007a). Benzer bir çalışmada yine sebze suyu tozu kullanılarak üretilen jambonlarda pH değerinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Sindelar *et al.* 2007b).

Tablo 4. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	pH
K	12	5,09±0,39b
SN	12	5,10±0,45b
PTKN	12	5,45±0,25a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P < 0,05$) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

İİG sucuk 3 farklı aşama (fermantasyon, ısıl işlem ve kurutma) uygulanarak üretimi gerçekleştirilen yarı kuru fermente bir sosis çeşididir (Armutçu 2020). Bu tür sosislerde ilk aşama olan fermentasyon aşamasında meydana gelen asit oluşumu, arzu edilen duyusal özelliklerin gelişimi ve çeşitli patojenler ile üründe bozulmaya sebep olan diğer

mikroorganizmaların kontrol altına alınabilmesi açısından oldukça önemlidir (Lücke 1985; Lücke 1998, 2000; Martínez 2007; Kaya ve Kaban 2019). Fermantasyon aşamasında temel hedef mikrobiyal gelişimin ve pH düşüşünün kontrollü olarak sağlanmasıdır (Toldrá 2001). Bu aşamada laktik asit bakterileri laktik asit üreterek pH değerinin düşmesine sebep olmaktadır (Talon and Leroy 2011; Eisinaité *et al.* 2020). Mevcut bu çalışmada Tablo 5’te verilen sonuçlara göre sucuk hamurunda ortalama pH değeri 5,78 iken fermantasyon işleminde meydana gelen asit oluşumu ile bu değer 4,96 ya düşmüştür. Fermantasyonu müteakiben ısıtma işlemi sonucunda pH değerinde bir artış görülmüştür. Bu artışın proteinlerin denatürasyonuna bağlı olarak oluşan serbest amino asitlerin dekarboksilasyona ve deaminasyona uğraması sonucu üretilen alkali özellikteki bileşiklerden (amin, NH₃ vb.) kaynaklandığı belirtilmektedir (Toldrá *et al.* 2001; Gimeno *et al.* 2001; Poulanne *et al.* 2001; Ercoşkun 2006). Bununla birlikte kurutma aşamasında bir miktar artış ile pH değeri 5,09 olarak belirlenmiştir. Kurutma aşamasında belirlenen ortalama pH değeri ısıtma işlemi aşamasında belirlenen ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Elde edilen verilere göre İİG sucukta fermentasyon sırasında düşen pH değeri ısıtma işlemi uygulaması ve kurutmadan sonra az da olsa artış göstermektedir. Benzer veriler İİG sucuk üzerinde yürütülen diğer araştırmalarda da rapor edilmiştir (Ercoşkun *et al.* 2010; Çakır *et al.* 2013; Öz *et al.* 2018). Mevcut bu çalışmada son üründe belirlenen ortalama pH değeri Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği’nde verilen limit değerin (en çok 5,6) altında bulunmuş ve böylelikle söz konusu tebliğe uygunluk göstermiştir.

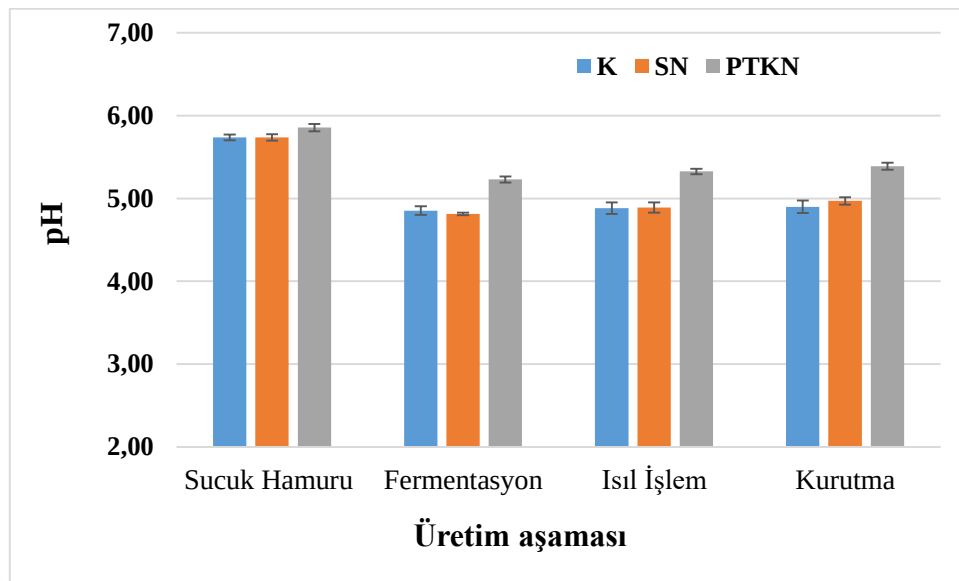
Tablo 5. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan pH Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	pH
Sucuk hamuru	9	5,78±0,07a
Fermantasyon	9	4,96±0,20d
Isıtma işlemi	9	5,03±0,22c
Kurutma	9	5,09±0,23b

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PT kaynaklı nitrit ile üretilen İİG sucuk örneklerinin pH değeri üzerine P<0,01 düzeyinde etkisi belirlenen nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksyonu Şekil 3’te verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere sucuk hamurunda pH değeri açısından kontrol ve SN grubu yakın değerler vermiştir. Üretimin diğer aşamalarında da bu iki gruba ait değerler birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Her bir üretim aşamasında da en yüksek pH değeri PTKN grubunda tespit edilmiştir. Ancak Şekil 3’ten de görüldüğü üzere fermentasyon, ısıtma işlemi ve kurutma aşamalarında sucuk hamuruna göre PTKN grubunda daha belirgin bir farklılık gözlemlenmiştir.

Şekil 3. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin pH Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi



Su Aktivitesi (a_w)

Sucuk üretiminde engel etkenlerden biri olan su aktivitesi ürün çeşidine ve üretim prosesine göre farklılık gösterebilmektedir. a_w değeri fermente-kuru sosislerde 0,90'ın altında iken yarı-kuru fermente sosislerde 0,90-0,95 arasında değişim göstermektedir (Kaya ve Kaban 2016). SN ve PTKN ilavesi ile üretilen sucuk örneklerinin üretim aşamasında belirlenen a_w değerleri Tablo 6' da verilmiştir. Bu sonuçlara göre üretim aşamalarında belirlenen a_w değerleri sırasıyla 0,970-0,961, 0,968-0,960, 0,962-0,952, 0,934-0,914 arasında değişim göstermiştir. Tablodan da görüldüğü üzere tüm aşamalarda kontrol gurubu ve SN kaynaklı nitrit kullanılarak üretilen gruplar a_w değeri açısından benzer sonuçlar vermiştir. PTKN grubunda ise daha yüksek a_w değeri belirlenmiştir.

Tablo 6. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan a_w Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	0,970	0,965	0,960	0,934
	2	0,968	0,964	0,959	0,932
	3	0,969	0,965	0,958	0,933
SN	1	0,969	0,965	0,960	0,930
	2	0,970	0,968	0,962	0,933
	3	0,970	0,965	0,957	0,931
PTKN	1	0,963	0,962	0,954	0,917
	2	0,963	0,961	0,953	0,914
	3	0,961	0,960	0,952	0,918

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk gruplarının a_w si için belirlenen varyans analiz sonuçları Tablo 7’ de verilmiştir. Bu verilere göre nitrit kaynağı kullanımı ve üretim aşması a_w değeri üzerinde $P<0,01$ düzeyinde etkili olmuştur. Bunun yanı sıra nitrit kaynağı x üretim aşması interaksyonu istatistiki açıdan a_w değerinde $P<0,01$ düzeyinde etki göstermiştir.

Tablo 7. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2		149,431**
Üretim aşaması (ÜA)	3		1615,832**
Blok	2		1,242*
NK x ÜA	6		14,534**
Hata	22		
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Tablo 8’ de SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarının a_w değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre kontrol grubu ile SN grubu arasında istatistiki açıdan bir fark görülmezken PTKN grubunda diğer gruplara oranla a_w ortalaması istatistiki olarak farklılık göstermiştir. Bu sonuca göre İİG sucukta pazı tozu kullanımı ürünün a_w değerinde az da olsa bir düşüşe sebep olmaktadır. Bu sonucun pazı tozunun su tutma kapasitesinin yüksek olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Yılmaz Oral 2023b). Buna karşın kırmızı karamuk ekstraktı ve roka ekstraktı içeren grupların a_w değerinin bu ekstraktları içermeyen gruplara göre daha yüksek olduğu ve sucuk gruplarına kırmızı karamuk ekstraktı ilavesinin a_w değerini artırdığı rapor edilmiştir (Burcu 2021). Benzer şekilde doğal nitrit alternatifi olarak pancar ve turp tozu ile üretimi gerçekleştirilen fermente kuru sosislerde de turp ve pancar tozu içeren grupların, sentetik kürleme ajanı içeren gruplara göre daha düşük a_w değeri verdiği rapor edilmiştir (Ozaki *et al.* 2021a).

Tablo 8. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	a_w
K	12	0,956±0,01a
SN	12	0,957±0,01a
PTKN	12	0,948±0,02b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Fermente et ürünlerinde a_w nin düşürülmesi *L. monocytogenes* ve *C. botulinum* gibi gıda kaynaklı patojen mikroorganizmaların inhibisyonu ve diğer mikrobiyal gelişimleri önlemeye katkıda bulunması bakımından oldukça önemlidir (Toldra 2007; Ozaki *et al.* 2021b). Fermente sosislerde önemli engel etkenlerden biri olan su aktivitesi olgunlaştırma/kurutma süresi ilerledikçe düşmektedir (Kaya ve Kaban 2016). Mevcut bu çalışmada İİG sucuk üretiminde

Tablo 9’da verilen sonuçlara göre başlangıçta 0,967 olarak saptanan ortalama a_w değeri, fermantasyon işleminin ardından 0,964, ısıt işlemin ardından ise 0,957 olarak belirlenmiştir. Üretimin son aşamasında ise a_w değeri 0,927 ye kadar düşmüştür. Yarı kuru fermente bir sosis çeşidi olan İİG sucuk üzerine yapılan bir araştırmada da sucuk hamurunda 0,967 olarak saptanan a_w değeri son üründe 0,919’a düşmüştür (Armutçu *et al.* 2020). Kuru fermente bir sosis çeşidi üzerinde yürütülen çalışmada ise başlangıçta 0,95-0,96 arasında olan a_w değerinin olgunlaştırma sürecinin (7.gün) sonunda 0,88’e düştüğü belirtilmiştir (Zhao *et al.* 2011). Sucuk üzerinde yürütülen bir başka çalışmada ise sucuk üretiminin başlangıcında a_w değeri 0,94-0,95 olarak belirlenirken olgunlaştırma sürecinin sonunda 0,80-0,82 olarak belirlendiği rapor edilmiştir (Kargozari *et al.* 2014).

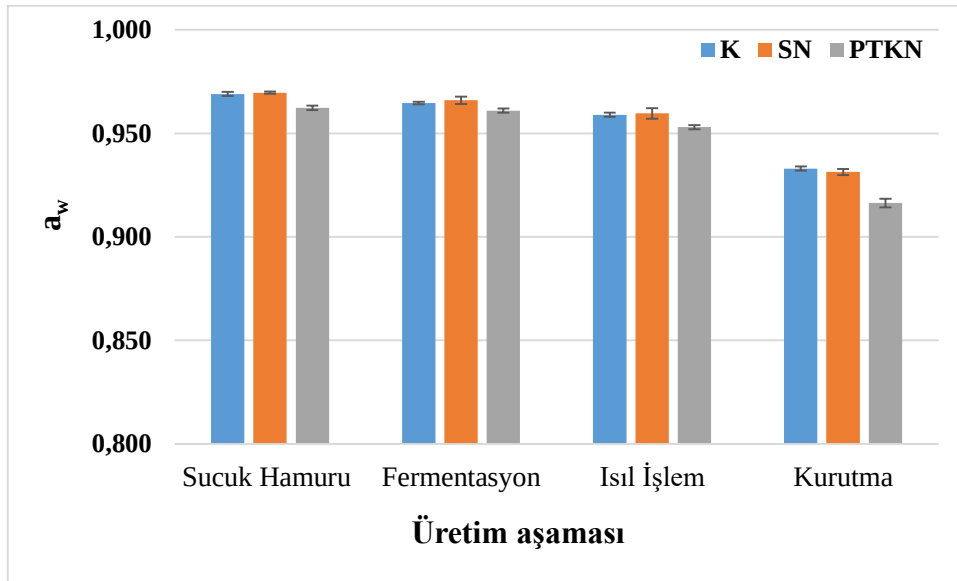
Tablo 9. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan a_w Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	a_w
Sucuk hamuru	9	0,967±0,00a
Fermantasyon	9	0,964±0,00b
Isıl işlem	9	0,957±0,00c
Kurutma	9	0,927±0,01d

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Üretilen örneklerin a_w değeri üzerinde çok önemli etkisi belirlenen nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksiyonuna ait grafik Şekil 4’te verilmiştir. Hem sucuk hamurunda hem de üretim aşamalarında PTKN ile üretilen İİG sucuk örnekleri diğer gruplara oranla daha düşük a_w değeri vermiştir. Ancak Şekil 4’ten de görüldüğü üzere kurutma aşamasında diğer aşamalara göre PTKN grubu ile diğer gruplar arasındaki fark daha fazla olmuştur. İİG sucukta farklı oranlarda pazı tozu kullanımı üzerinde yürütülen bir araştırmada ise pazı tozu oranı arttıkça a_w değerinin düştüğü rapor edilmiştir (Yılmaz Oral 2023b). Kereviz tozunun İİG sucukta kütleme ajanı olarak kullanılabilme imkanlarının araştırıldığı çalışmada da kereviz tozu kullanım oranı arttıkça son üründe a_w değerinin düştüğü rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Sucuk üzerinde yürütülen bir çalışmada da kereviz tozu kullanılarak üretilen sucuk örneklerinin kontrol grubuna göre daha düşük a_w değeri verdiği bildirilmiştir (Yılmaz Oral 2023a). Fermente sosislere olgunlaşma süresi boyunca azalan su aktivitesi değeri, pH değerindeki azalmayla birlikte etki göstererek daha güvenilir ve daha uzun raf ömrüne sahip ürünlerin üretilmesinde önemli rol oynamaktadır (Kurćubić *et al.* 2004).

Şekil 4. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a_w Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi



Enstrümental Renk Değerleri

Et rengi tüketici tercihi üzerinde büyük ölçüde etkili olan ve et ürünlerinin görsel ve temel kalite özelliklerinden sorumlu en önemli faktörlerden birisidir. Et renginden sorumlu olan miyoglobin başta olmak üzere etin rengi; hemoglobin, oksimiyoglobin ve metmiyoglobin gibi diğer hem molekül pigmentlerinin de oranına bağlı olarak gelişmektedir (De Maere *et al.* 2018; Eisinaite *et al.* 2020; Masuda *et al.* 2013). Et ürünlerine özellikle fermente edilerek üretilen kuru sosislere ilave edilen nitrat ve nitritler, bu ürünlere özgü karakteristik kırmızı kür rengini veren temel katkı maddeleridir (Møller *et al.* 2014). Formülasyona ilave edilen nitrit miyoglobin ile reaksiyona girerek nitrosomiyoglobin ve nitrosohemokrom oluşumu ile kürlenmiş kırmızı veya pembemsi renk oluşumuna sebep olmaktadır (de Oliveira *et al.* 2012; Hayes *et al.* 2013; De Maere *et al.* 2016). Bu renk oluşum reaksiyonları et ürünlerinde fermentasyon sırasındaki redoks potansiyeli, pH, pigment konsantrasyonu, sıcaklık, et matrisinde bulunan nitrit/nitrat dağılımı, nitrit veya nitratın indirgeme aktivitesi ile ilave edilen mikroorganizmaların türü gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak gelişim göstermektedir (Hammes 2012). Nitrit kaynağı olarak SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde üretim aşamalarında belirlenen L^* değerlerine ait sonuçlar Tablo 10’ da verilmiştir. Parlaklığın bir göstergesi olan L^* değeri her bir üretim aşamasında sırasıyla 39,21-44,43/ 35,83-42,80/ 46,45-51,55/ 44,22-49,58 arasında değişim göstermiştir.

Tablo 10. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan L* Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	40,66	40,31	47,97	48,21
	2	41,86	39,90	49,56	49,58
	3	40,76	35,83	46,34	47,63
SN	1	39,21	40,28	51,43	45,86
	2	46,24	41,17	49,83	46,48
	3	42,21	42,80	51,55	48,15
PTKN	1	41,27	40,79	46,45	44,22
	2	44,43	42,16	47,71	44,50
	3	40,75	37,35	46,69	45,40

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk gruplarının ortalama L* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 11’ de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere nitrit kaynağı L* değeri üzerinde $P<0,05$ seviyesinde etki gösterirken, üretim aşaması faktörü çok önemli seviyede ($P<0,01$) etki göstermiştir. Bununla birlikte İİG sucuğun L* değeri üzerinde nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksyonunun $P>0,05$ seviyesinde etkili olduğu belirlenmiştir.

Tablo 11. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin L* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	12,150	4,592*
Üretim aşaması (ÜA)	3	143,300	54,154**
Blok	2	8,401	3,175
NK x ÜA	6	6,256	2,364
Hata	22	2,646	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Tablo 12’ de SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları verilmiştir. Elde edilen verilere göre en yüksek L* değeri SN kullanılan grup, en düşük değeri ise pazı tozu kaynaklı nitrit ile üretilen muamele grubu vermiştir. Bu durumun pazı tozunda bulunan renk pigmentlerinin koyuluğuna bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Kontrol grubunun ise SN grubuna oranla daha düşük bir L* değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kereviz tozunun da İİG sucuğun L* değerinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Fermente kuru sosislerde nitritin potansiyel alternatifi olarak turp ve pancar tozu kullanımının ürün özellikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada kontrol grubuna oranla pancar ve turp tozu kullanılarak hazırlanan fermente sosis gruplarında belirlenen L* değerinin daha düşük olduğu rapor edilmiştir (Ozaki *et al.* 2021a). Benzer olarak kereviz suyu konsantresinden elde edilen nitritin

jambon dilimleri üzerinde *Listeria monocytogenes*'in gelişimi ve ürünün kalite özellikleri üzerine etkisinin incelendiği bir araştırmada, kereviz suyu konsantresinin seviyesindeki artışa paralel olarak L* değerinde bir düşüş meydana geldiği bildirilmiştir (Horsch *et al.* 2014). Benzer şekilde Frankfurter üzerinde yapılan bir araştırmada ise biyo dönüştürülmüş kereviz tozunun L* değerinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir (Xi *et al.* 2011). Hindi salam üzerinde yapılan bir araştırmada da kereviz tozu kullanımının L* değerinde düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Djeri and Williams 2014).

Tablo 12. SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinin L* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	L*
K	12	44,05±4,65b
SN	12	45,43±4,29a
PTKN	12	43,48±3,05b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ilavesi ile üretilen İİG sucuk örneklerinde saptanan L* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 13' de verilmiştir. Verilen sonuçlara göre başlangıçta 41,93 olarak saptanan ortalama L* değeri fermentasyon aşamasında az da olsa düşüş göstermiştir. Sucuk üretiminde fermentasyon aşamasında L* değerindeki azalmanın, bu aşamada gerçekleşen esmerleşmeye bağlı koyu renk oluşumundan kaynaklandığı belirtilmektedir (Kayaardı and Gök 2004; Bozkurt and Bayram 2006; Ercoşkun and Özkal 2011). Benzer olarak Ercoşkun (2006) tarafından yapılan çalışmada fermentasyon süresince sucukların L* değerinde azalma olduğu ifade edilmiştir. Diğer taraftan İİG sucukta yürütülen bir araştırmada fermentasyon aşamasında L* değerinde önemli bir değişim olmadığı ancak ısıtma işlem ve kurutmanın L* değerini artırdığı bildirilmiştir (Yılmaz Oral an Kaban 2021). Mevcut bu araştırmada da ısıtma işlem ve kurutma aşamalarında L* değerinde önemli ölçüde bir artış gözlemlenmiştir (Tablo 13). İİG sucukta uygulanan termal işlem sonucunda oluşan nitrozohemokrom ürüne parlaklık kazandırmaktadır (Honikel 2008).

Tablo 13. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan L* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	L*
Sucuk hamuru	9	41,93±2,15c
Fermentasyon	9	40,06±2,21d
Isıl işlem	9	48,61±2,05a
Kurutma	9	46,67±1,84b

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

a* değeri

SN ve PTKN ile hazırlanan İİG sucuk örneklerinin üretim aşamalarında saptanan a* değerlerine ait veriler Tablo 14’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre sucuk hamurunda SN ve PTKN grubundaki örnekler kontrol grubuna oranla daha düşük a* (kırmızılık) değeri vermiştir. Fermantasyon, ısıtma işlem ve kurutma aşamalarında ise kontrol grubuna oranla nitrit kaynaklı sucuk gruplarının a* değerinin, fermantasyon aşamasında hızla yükseldiği, ısıtma işlem ve kurutma aşamasında ise düşüş gösterdiği tespit edilmiştir.

Tablo 14. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan a* Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıtma İşlem	Kurutma
K	1	15,28	15,48	8,87	12,48
	2	16,92	15,18	10,64	11,53
	3	17,55	14,64	11,13	10,92
SN	1	11,04	18,69	14,54	15,46
	2	10,42	17,30	16,37	16,65
	3	11,29	16,59	16,07	15,82
PTKN	1	11,82	18,66	15,75	15,10
	2	12,20	17,10	15,40	15,40
	3	11,01	19,38	17,25	16,02

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin a* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 15’ te verilmiştir. Elde edilen verilere göre örneklerin a* değeri üzerinde hem nitrit kaynağı hem de üretim aşaması çok önemli düzeyde etkili olmuştur. Kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a* değeri üzerinde nitrit kaynağı x üretim aşaması etkileşimi de $P<0,01$ seviyesinde etki göstermiştir.

Tablo 15. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	13,990	17,582**
Üretim aşaması (ÜA)	3	25,659	32,248**
Blok	2	0,425	0,534
NK x ÜA	6	24,170	30,376**
Hata	22	0,796	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin a* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına ait veriler tablo 16’da verilmiştir. En düşük ortalama a* değeri kontrol grubunda, en yüksek değer ise PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk grubunda belirlenmiştir. Ancak SN kaynaklı nitrit içeren grup ile PTKN ilavesi ile hazırlanan grup

arasında istatistiki açıdan önemli bir fark bulunmamıştır. Bu sonuç İİG sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak doğal nitrit içeriğine sahip olan pazı tozunun ürünün kırmızı renk yoğunluğu açısından olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Buna karşın İİG sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada üretimde kütleme ajanı olarak 150 mg/kg nitrite eşdeğer miktarda kereviz tozu kullanımının ürünün a^* değerinde az da olsa düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir. Ancak aynı çalışmada sentetik nitrit ve kereviz tozu kaynaklı nitritin birlikte kullanımının ise a^* değerini etkilemediği bildirilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Fermente bir sosis çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada da pancar tozunun L^* ve b^* değerlerini düşürdüğü, a^* değerinde ise artışa neden olduğu belirlenmiştir. Araştırmada bu sonucun pancarda bulunan renk pigmentlerinden (betalain) ileri geldiği de vurgulanmıştır (Ozaki *et al.* 2021a). Endüstriyel olarak hazırlanmış olgunlaştırılmış sosilerin fizikokimyasal ve duyu özellikleri üzerine nitrit ve nitrat alternatifi olarak zeytin yaprağı özütünün etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada en düşük a^* değerinin nitrit ve nitrat olmadan hazırlanan örneklerde (F1 ve F3), en yüksek a^* değerinin ise nitrat/nitrit ve zeytin yaprağı ekstraktı kullanılarak hazırlanan örneklerde belirlendiği rapor edilmiştir (Totaro *et al.* 2024). Diğer taraftan pişirilmiş sosilerde nitrite alternatif olarak bitkisel nitrit kaynaklarının etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ise taze turp ilaveli sosilerde belirlenen a^* değerinin SN ilaveli numunelerden daha düşük olduğu rapor edilmiştir. (Ko *et al.* 2017).

Tablo 16. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	a^*
K	12	13,38±2,79b
SN	12	15,02±2,67a
PTKN	12	15,42±2,62a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarının üretim aşamalarında saptanan a^* değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına ait veriler Tablo 17’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük a^* değeri (13,06) sucuk hamuru aşamasında belirlenmiş olup, fermentasyon ile bu değer 17,00’a yükselmiştir. Üretimin diğer aşamaları olan ısıtma işlem ve kurutma aşamalarında ise a^* değeri tekrar azalmış ancak istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Sucuk üretiminde fermentasyon aşamasında a^* değerinin arttığı, diğer aşamalarda ise azaldığı belirtilmektedir (Soyer *et al.* 2005; Bozkurt and Bayram 2006). Sucuğun fermentasyon aşamasında a^* değerindeki artışın miyoglobinin nitrik oksit ile reaksiyona girmesi sonucu oluşan nitrozomiyoglobinden ve ilerleyen aşamalarda görülen düşüşün ise nitrosomiyoglobinin denatüre olmasından ileri geldiği belirtilmektedir (Işıksal 2021). Ayrıca fermentasyon aşamasında a^* değerinde görülen artış üzerinde nem kaybının da

etkisi olduğu belirtilmektedir (Pérez-Alvarez *et al.* 1999, Ozaki *et al.* 2021a). İİG sucuk üzerinde yapılan bir araştırmada ise a^* değerinin fermentasyon aşamasında önemli ölçüde arttığı, ısıl işlem ve kurutma aşamalarında ise azaldığı tespit edilmiştir (Yılmaz Oral and Kaban 2021).

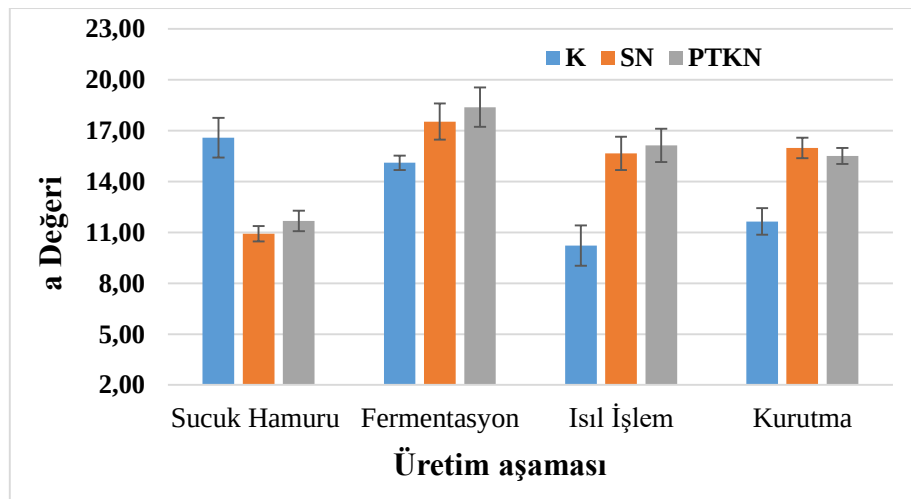
Tablo 17. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan a^* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	a^*
Sucuk hamuru	9	13,06±2,75c
Fermentasyon	9	17,00±1,68a
Isıl işlem	9	14,00±2,99b
Kurutma	9	14,37±2,13b

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır ($P<0,05$) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

İİG sucuk örneklerinin üretim aşamalarında belirlenen a^* değeri üzerine nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre SN veya PTKN kullanılmayan kontrol grubu İİG sucuk hamurunda diğer grup hamurlarına göre a^* değeri daha yüksek bulunmuştur. Fermentasyon, ısıl işlem ve kurutma aşamalarında ise SN veya PTKN içeren gruplar daha yüksek a^* değeri vermiştir. Bu sonuç fermentasyon aşamasında nitritin miyogloblin ile reaksiyonu sonucu oluşan nitrosomiyoglobinden ileri geldiği düşünülmektedir (Honikel 2008). Benzer sonuç alternatif kürleme maddesi olarak sucuk üretiminde çeşitli sebze tozlarının kullanılabilme imkanının araştırıldığı bir çalışmada, üretim sürecinin başlangıcında a^* değerinde önemli bir değişiklik görülmediği fermentasyon aşamasında bir miktar artış olduğu ancak üretimin 7. gününde düşüş gözlemlendiği, bununla birlikte en yüksek a^* değerinin kontrol grubu ve pazı tozu ilavesi ile hazırlanan sucuk gruplarında, en düşük a^* değerinin ise maydanoz tozu ve dereotu tozu içeren sucuk gruplarında belirlendiği rapor edilmiştir (Babaoğlu 2020).

Şekil 5. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerin a^* Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşamaları İnteraksiyonunun Etkisi



b* değeri

SN ve PTKN ilavesi ile hazırlanan İİG sucuk gruplarının b* değerleri Tablo 18' de verilmiştir. Verilen sonuçlara göre sucuk hamuru, fermentasyon, ısıtma ve kurutma aşamalarında belirlenen b* değerleri sırasıyla 20,00-25,27/ 15,87-22,23/ 15,50-18,58/ 14,53-16,74 arasında değişim göstermiştir. Bu sonuçlara göre sucuk hamurunda diğer aşamalara göre daha yüksek b* değerleri söz konusu olmuştur.

Tablo 18. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan b* Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	20,94	19,19	16,37	15,98
	2	20,30	19,22	18,58	16,74
	3	20,12	16,68	16,92	16,23
SN	1	20,05	17,61	15,50	14,66
	2	23,26	17,88	16,03	14,53
	3	23,23	15,87	16,49	14,54
PTKN	1	22,23	20,29	16,85	15,27
	2	25,27	22,23	17,09	14,86
	3	20,00	18,08	16,66	15,16

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin b* değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 19'da verilmiştir. Nitrit kaynağı b* değeri üzerinde önemli bir etki göstermezken, üretim aşaması $P<0,01$ seviyesinde etkili olmuştur. Nitrit kaynağı x üretim aşaması etkileşimi ise $P<0,05$ düzeyinde etkili bulunmuştur.

Tablo 19. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin b* Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	4,290	3,270
Üretim aşaması (ÜA)	3	68,477	52,192**
Blok	2	5,598	4,266*
NK x ÜA	6	3,408	2,598*
Hata	22	1,312	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin b* değerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 20' de verilmiştir. Bu sonuçlardan da anlaşıldığı gibi nitrit kaynağına ait ortalamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıkların belirlenmediği görülmüştür ($P>0,05$).

Tablo 20. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin b* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	b*
K	12	18,10±1,81a
SN	12	17,47±3,13a
PTKN	12	18,66±3,33a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

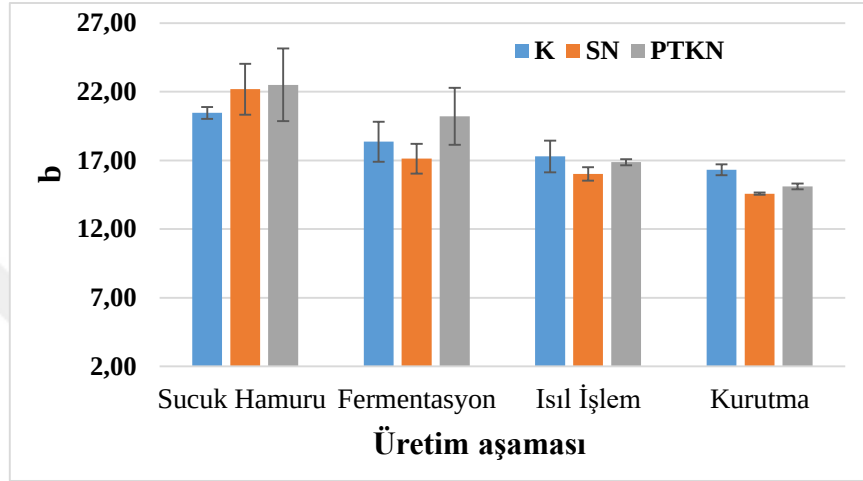
SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde üretim aşamalarında belirlenen b* değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına ait veriler Tablo 21’de verilmiştir. Başlangıçta 21,71 olarak saptanan ortalama b* değeri diğer tüm aşamalarda kademeli olarak düşüş göstererek son aşama olan kurutma aşamasında 15,33 olarak belirlenmiştir. Benzer veriler İİG sucuk üzerinde yapılan diğer araştırmalarda da tespit edilmiştir (Armutçu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021). Mevcut bu araştırmada İİG sucuğun b* değeri üzerinde nitrit kaynağı x üretim aşması interaksyonu önemli (P<0,05) seviyede etkili olmuştur (Şekil 6). İİG sucuk hamurunda sentetik ve doğal nitrit içeren gruplar kontrol grubuna oranla b* değerinin daha yüksek olmasına sebep olmuştur. Fermentasyon aşamasında her üç grupta da b* değeri düşüş göstermiştir (Şekil 6). Pérez-Alvarez *et al.* (1999) fermente sosislerde fermentasyon aşamasında b* değerinde meydana gelen düşüşün mikroorganizmaların eksponansiyel fazda çoğalmaları sırasında oksijen tüketmeleri ve bunun sonucu olarak oksimiyogloblin içeriğindeki azalmadan ileri geldiğini belirtmişlerdir. Şekil 6’dan da görüldüğü üzere fermentasyon aşamasında PTKN grubu daha yüksek ortalama bir değer göstermiştir. Kurutmanın sonunda ise kontrol grubu diğer iki gruba oranla daha yüksek bir ortalama değer vermiştir. PTKN içeren grup ise SN içeren gruptan daha yüksek bir ortalama değer vermiştir. Bu sonuç pazı tozu kullanımının İİG sucuğun b* değeri üzerinde az da olsa bir artışa neden olduğunu göstermektedir. Buna karşın Yılmaz Oral *et al.* (2024) ise kereviz tozunun kullanım oranı arttıkça b* değerinin düştüğünü ancak farklılıkların istatistiki açıdan önemli olmadığını rapor etmişlerdir. Jambon üzerinde yapılan bir araştırmada ise kereviz suyu konsantresinin seviyesine bağlı olarak b* değerinin artış gösterdiği, sentetik nitritin ise en düşük b* değerini verdiği rapor edilmiştir (Horsh *et al.* 2014). Arıca çiğ ve pişmiş sosisler üzerinde yapılan bir araştırmada üretimde fermente ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar ekstraktlarının sentetik nitrite göre daha yüksek b* değeri verdiğini bildirmişlerdir (Hwang *et al.* 2018). Benzer şekilde mortadella tipi salamlar üzerinde yapılan bir araştırmada da maydanoz ekstraktının sentetik nitrite göre daha yüksek b* değeri verdiğini bildirilmiştir (Riel *et al.* 2017). Köfteler üzerinde yürütülen bir çalışmada da pazı tozu seviyesi arttıkça b* değerinin arttığı belirtilmiştir (Shin *et al.* 2017).

Tablo 21. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan b* Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	b*
Sucuk hamuru	9	21,71±1,88a
Fermentasyon	9	18,56±1,92b
Isıl işlem	9	16,72±0,85c
Kurutma	9	15,33±0,80d

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Şekil 6. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin b* Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi



Kalıntı Nitrit İçeriği

Çeşitli fonksiyonlarından (antimikrobiyal aktivite, renk oluşumu, lezzet gelişimi ve antioksidan aktivite) dolayı et ürünlerine ilave edilen nitrit, farklı reaksiyonlara girebilen reaktif bir madde olması sebebiyle kontrol altına alınması gerekmektedir. Kalıntı nitrit, et matrisinde mevcut bulunan ve etin renk pigmenti olan miyoglobine reaksiyona girmeyen nitrit miktarıdır (Hayes *et al.* 2013). Et ürünlerindeki kalıntı nitrit ve nitrat düzeyi fermentasyon, pişirme ve kurutma gibi prosesler, pH değeri, oksidasyon reaksiyonları ve indirgen maddelerin varlığından önemli ölçüde etkilenmektedir (Ozaki *et al.* 2021a; Totaro *et al.* 2024).

SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen kalıntı nitrit miktarları (mg/kg) Tablo 22’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre son üründe belirlenen kalıntı nitrit miktarları 4,01-15,58 arasında değişim göstermektedir.

Tablo 22. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Miktarları (mg/kg)

Nitrit Kaynağı	Blok	Nitrit
K	1	4,01
	2	5,75
	3	3,98
SN	1	10,91
	2	12,90
	3	14,54
PTKN	1	12,96
	2	10,87
	3	15,58

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerinin varyans analiz sonuçlarına ait veriler Tablo 23’ de verilmiştir. Buna göre nitrit kaynağı faktörü kalıntı nitrit miktarı üzerine $P<0,01$ seviyesinde etkili olmuştur.

Tablo 23. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	70,318	21,849**
Blok	2	3,464	1,076
Hata	4	3,218	
Genel	9		

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

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin kalıntı nitrit değerlerine ait ortalamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 24’ de verilmiştir. Buna göre en yüksek ortalama kalıntı nitrit değeri pazı tozu kaynaklı nitrit ile üretilen muamele grubunda belirlenmiştir. Ancak bu gruba ait ortalama değer SN grubuna ait ortalama değerden istatistiki olarak farklılık göstermemiştir ($P>0,05$). Benzer sonuç Yılmaz Oral (2023b) tarafından da rapor edilmiştir. Tablo 24’ten de görüldüğü üzere en düşük ortalama kalıntı nitrit değeri ise kontrol grubunda belirlenmiştir. Kontrol grubunda herhangi bir nitrit kaynaklı bileşen ve sentetik nitrit ilavesi olmadığından diğer numunelere oranla daha düşük kalıntı nitrit içeriği tespit edilmiştir. Bu kalıntı nitrit içeriğinin baharat kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Sallan *et al.* 2020). Baharattan gelen nitrat üretim sırasında nitrite dönüşebilmektedir (Honikel 2008).

Kereviz suyu konsantresi kullanılarak jambon üzerinde yapılan bir araştırmada da nitrit kullanılmadan üretilen örneklerin diğer gruplara göre daha düşük kalıntı nitrit içeriğine sahip olduğu rapor edilmiştir. Aynı araştırmada sentetik nitrit ilave edilerek üretilen örneklerin kereviz suyu konsantresi ile üretilen örneklere göre daha düşük kalıntı nitrit içerdiği de bildirilmiştir (Horsh *et al.* 2014). Diğer taraftan İİG sucuk üzerinde yapılan bir çalışmada pazı tozu kaynaklı nitritin sentetik nitrite kıyasla daha yüksek kalıntı nitrit miktarına sahip olduğu rapor edilmiştir (Öztürk Kerimoğlu and Serdaroğlu 2020). Aynı ürün zerinde yürütülen bir

araştırmada ise biyo dönüştürülmüş kereviz tozunun kalıntı nitrit içeriği üzerinde önemli bir etkisini olmadığı rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Model et sisteminde yürütülen bir çalışmada ise sentetik nitrit grubunun kereviz ve kiraz suyu tozu grubuna göre daha yüksek kalıntı nitrit verdiği rapor edilmiştir (Posthuma *et al.* 2018). Mevcut bu araştırmada hem SN grubunda hem de PTKN grubunda 150 mg/kg nitrit dozu kullanılmıştır. Türk Gıda Kodeksi Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde de bu üründe nitritin kullanımı için verilen sınır değer 150 mg/kg'dır (Anonim 2023). Diğer taraftan et ürünlerinde arzu edilen tipik renk ve kür lezzetinin oluşumu için formülasyona 40-50 mg/kg seviyesinde nitrit miktarının dahi yeterli olduğu belirtilmektedir (Sebranek and Bacus 2007).

Tablo 24. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Kalıntı Nitrit Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	Nitrit
K	3	4.58± 1.01b
SN	3	12.78±1.82a
PTKN	3	13.14±2.36a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazi Tozu Kaynaklı Nitrit

TBARS (Tiyobarbütirik Asit Reaktif Maddeler) Değeri

Lipid oksidasyonu doymamış yağ asitlerinin doymamışlık derecesine bağlı olarak gelişen bir reaksiyon türüdür (Xiong *et al.* 2020). Lipid oksidasyonu et ürünlerinin raf ömrünü belirleyen ve üründe tat kaybı, renk bozulması ve besin değeri kaybindan sorumlu olan temel reaksiyonlardan biridir (Lorenzo and Gómez 2012; Zamuz *et al.* 2018; Domínguez *et al.* 2019; de Carvalho *et al.* 2020; Cao *et al.* 2020). Et ürünlerinde lipid oksidasyonunu belirlemenin en yaygın metodu malonaldehit (MDA) oluşumunu ölçmektir (Domínguez *et al.* 2019). Et ürünlerinde lipit oksidasyonun derecesi toplam lipid miktarı, yağ asidi bileşimi, demir türü ve miktarı, çeşitli indirgen bileşikler, doğal antioksidanlar gibi endojen faktörler ile oksijen, tuz ve baharat ilavesi, uygun olmayan taşıma koşulları ve depolama süresi gibi ekzojen faktörlerde etkilenmektedir (Min *et al.* 2008). Genel anlamda renk, lezzet, koku ve doku gibi çeşitli duyuşal özellikler et ürünlerindeki lipid oksidasyonundan etkilenmektedir (Devatkal *et al.* 2010). Lipid oksidasyonu ürünün duyuşal profili ile doğrudan ilişkili olduğundan TBARS değeri ne kadar yüksek ise üründeki arzu edilmeyen ransiditenin derecesinin o kadar fazla olabileceği anlamına gelmektedir (Hoffman *et al.* 2014). Nitrit et ürünlerinde tipik renk ve lezzet oluşumunda rol oynayan ve antioksidan özellik gösteren reaktif bir maddedir (Tompkin 2005).

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde belirlenen TBARS değerlerine ait sonuçlar Tablo 25'te verilmiştir. TBARS değeri her bir üretim aşamasında sırasıyla 0,28-0,37/0,27-0,41/0,32-0,57/0,45/0,73 mg MDA/kg arasında değişim göstermiştir. Tablodan da

görüldüğü üzere sucuk hamuru ve fermentasyon aşamalarında daha düşük olan TBARS değeri ısıtma işlem ve kurutma aşamalarında belirli bir artış göstermiştir.

Tablo 25. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan TBARS Değerleri (mg MDA/kg)

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	0,37	0,37	0,57	0,73
	2	0,29	0,33	0,41	0,56
	3	0,34	0,35	0,49	0,65
SN	1	0,34	0,33	0,38	0,51
	2	0,36	0,27	0,32	0,45
	3	0,28	0,30	0,41	0,54
PTKN	1	0,35	0,41	0,47	0,64
	2	0,33	0,36	0,38	0,55
	3	0,36	0,34	0,48	0,60

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin TBARS değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 26’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre nitrit kaynağı, üretim aşaması, nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksiyonunun TBARS değeri üzerinde çok önemli ($P<0,01$) seviyede etki gösterdiği belirlenmiştir.

Tablo 26. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değerlerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	0,022	18,057**
Üretim aşaması (ÜA)	3	0,119	97,582**
Blok	2	0,016	12,863**
NK x ÜA	6	0,003	2,692**
Hata	22	0,001	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin TBARS değerlerinin Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına ait veriler Tablo 27’ de verilmiştir. En yüksek ortalama TBARS değeri kontrol grubunda belirlenmiştir. Ancak bu değer PTKN grubuna ait ortalama TBARS değerinden istatistiki olarak bir farklılık göstermemiştir. En düşük TBARS değeri ise sentetik nitrit ilaveli muamele grubunda tespit edilmiştir. Bu sonuçlar sentetik nitritin lipid oksidasyonunu önlemesi açısından önemli bir dış faktör olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan Tablo 27’de verilen Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarından da görüldüğü üzere fermentasyon aşamasında lipid oksidasyonu açısından önemli bir değişim gözlenmezken ısıtma işlem ve kurutma aşamasında TBARS değerinde artış tespit edilmiştir. Armutçu *et al.* (2020) farklı iç sıcaklık uygulamalarının İİG sucuğun bazı özelliklerine etkilerini araştırmak amacıyla

yürüttükleri çalışmada ise TBARS değerinde istatistiki açıdan önemli artışın kurutma aşamasında gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Köseoğlu (2014) ise İİG sucuk üretiminde sucuk hamurunda 0,18 MA/kg olarak belirlenen TBARS değerinin üretimin diğer aşamalarında kademeli olarak arttığını ve 12 günlük üretim sonunda bu değer 1,13 MA/kg'a ulaştığını bildirmiştir. Fermente sosislerde üretim aşaması ilerledikçe TBARS değerinin arttığı diğer bazı çalışmalarda da tespit edilmiştir. (Liaros *et al.* 2009; Olivares *et al.* 2011, Soyer ve Ertaş 2007; Lorenzo *et al.* 2012).

Tablo 27. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değerlerinin Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	TBARS
K	12	0,46±0,14a
SN	12	0,38±0,09b
PTKN	12	0,43±0,12a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Tablo 28. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında saptanan TBARS Değerlerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	TBARS
Sucuk hamuru	9	0,33±0,03c
Fermentasyon	9	0,34±0,04c
Isıl işlem	9	0,43±0,07b
Kurutma	9	0,58±0,08a

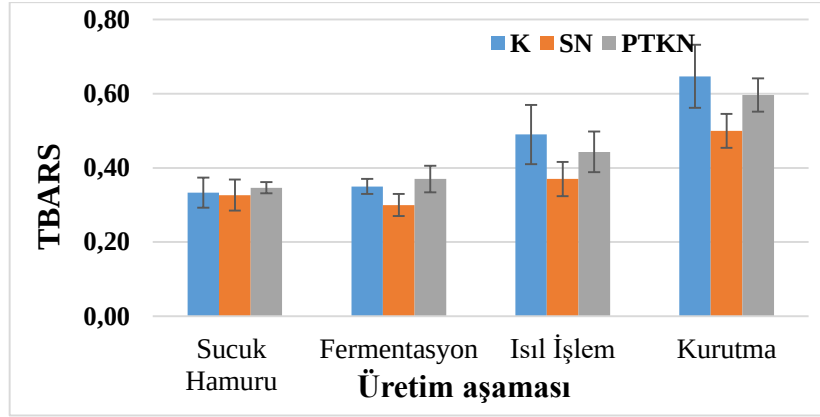
a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Farklı nitrit kaynağı ile üretilen İİG sucuk örneklerinin üretim aşamalarında saptanan TBARS değeri üzerine nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksyonunun etkisi Şekil 7'de verilmiştir. İİG sucuk hamurunda muamele grupları TBARS değeri açısından birbirine oldukça yakın değerler vermiştir. Fermentasyondan sonra ise gruplar arasında farklılıklar gözlenmiş ve SN grubu daha düşük değer vermiştir. Hem ısıtma işlemi hem de kurutma sonunda da SN grubu diğer gruplara göre daha düşük TBARS değeri göstermiştir. Bu aşamalarda PTKN grubunda kontrol grubuna göre daha düşük TBARS değeri tespit edilmiştir. Bu sonuç muhtemelen pazı tozundaki bazı antioksidan bileşiklerden ileri gelmektedir (Shin *et al.* 2017; Kim *et al.* 2019). Emülsifiye bir et ürünü olan sosis üzerinde yapılan bir çalışmada ise kereviz tozunun TBARS değerini düşürdüğü ve %0,8 oranındaki kereviz tozu ilavesinin lipid oksidasyonunun engellemesi açısından uygun doz olduğu rapor edilmiştir (Jin *et al.* 2018).

Sucuk üretiminde kereviz tozunun kürlleme ajanı olarak kullanıldığı çalışmada ise kereviz tozunun TBARS değeri üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Yılmaz Oral 2023a). İİG sucukta ise en düşük TBARS değerini sentetik nitritin verdiği, kereviz tozu

kullanımının az da olsa bu değeri artırdığı ancak tüm gruplarda TBARS değerinin 1 mg MDA /kg altında olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024).

Şekil 7. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin TBARS Değeri Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi



Duyusal parametreler

Fermente et ürünlerinin yeniden formüle edilmesiyle ilgili en büyük zorluklardan biri duysal kabul edilebilirliktir (Devatkal *et al.* 2010). SN ve PTKN ilavesi ile hazırlanan sucuk örneklerine ait duysal analiz değerleri Tablo 29’da verilmiştir. Her bir gruba ait örnekler eğitimli panelistler tarafından koku, renk, tat, tekstür ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından değerlendirilmiş ve puanlandırılmıştır. Tablodan da görüldüğü üzere en yüksek değerler renk ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde sırasıyla 8,44 ve 8,04 olarak pazı tozu ilaveli İİG sucuk gruplarında, en düşük değer ise renk, tat ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde sırasıyla 4,60-5,24-5,24 olarak kontrol gruplarında belirlenmiştir. Ayrıca her bir duysal parametre için en düşük değere sahip olan İİG sucuk örnekleri nitrit ilavesi olmadan hazırlanan kontrol grubu olarak belirlenmiştir.

Tablo 29. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Analiz Değerleri

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları				Genel Kabul Edilebilirlik
		Koku	Renk	Tat	Tekstür	
K	1	5,80	4,60	5,56	5,44	5,80
	2	5,68	4,56	5,52	5,72	5,40
	3	5,36	4,60	5,24	5,60	5,24
SN	1	6,92	7,64	7,12	7,28	7,24
	2	7,00	7,48	7,00	6,96	6,96
	3	7,24	7,96	7,24	7,68	7,56
PTKN	1	6,48	7,72	7,56	6,92	6,88
	2	6,80	7,84	7,16	6,84	7,08
	3	7,64	8,44	7,84	7,96	8,04

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinin duyuşal parametrelerinin ait varyans analiz sonuçlarına ait veriler Tablo 30’da verilmiştir. Elde edilen verilere göre nitrit kaynağı faktörü renk, tat, tekstür parametreleri üzerinde çok önemli seviyede ($P<0,01$) etki gösterirken koku ve genel kabul edilebilirlik parametreleri açısından $P<0,05$ düzeyinde etki göstermiştir.

Tablo 30. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Parametrelerine Ait Varyans Analiz Sonuçları

		Koku	
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	1,965	11,495*
Blok	2	0,097	0,565
Hata	4	0,171	
Genel	9		
		Renk	
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	10,698	271,068**
Blok	2	0,130	3,297
Hata	4	0,039	
Genel	9		
		Tat	
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	3,654	60,370**
Blok	2	0,041	0,670
Hata	4	0,061	
Genel	9		
		Tekstür	
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	2,848	24,460**
Blok	2	0,307	2,640
Hata	4	0,116	
Genel	9		
		Genel Kabul Edilebilirlik	
Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	3,293	16,924*
Blok	2	0,169	0,867
Hata	4	0,195	
Genel	9		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinin duyuşal parametrelerinin Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 31’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm duyuşal parametrelerde kontrol grubu ile SN ve PTKN grupları arasındaki farklılıklar istatistiki açıdan önemli bulunmuş ($P<0,05$) ancak SN ilaveli numuneler ile pazı tozu ilaveli numuneler arasında istatistiki açıdan herhangi bir fark bulunmamıştır ($P>0,05$). En düşük duyuşal puanlar kontrol grubunda belirlenmiştir. Bu sonuç et ürünlerinde renk ve tat başta olmak üzere arzu edilen duyuşal özelliklerin gelişimi açısından nitritin elzem bir katkı maddesi olduğunu göstermektedir. Mevcut bu araştırmada da SN grubu ile PTKN grubu arasında

duyusal özellikler açısından bir farklılık olmaması bu doğal ürünün İİG sucukta alternatif kürlleme ajanı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Yine pazı tozuyla yürütülen bir çalışmada pazı tozunun İİG sucuğun tat ve genel kabul edilebilirlik parametrelerinde artışa neden olduğu rapor edilmiştir (Yılmaz Oral 2023). Diğer taraftan sosis üzerinde yapılan bir çalışmada paprika tozu/yaban mersini ve kereviz tozu kullanımının ürünün duyusal özelliklerini olumlu yönde etkilediği ve bu doğal ürünlerin sosis üretiminde kürlleme ajanı olarak kullanılabilme potansiyeline sahip olduğu ortaya konulmuştur (Jin *et al.* 2018).

Tablo 31. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Duyusal Parametrelerine Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	Koku	Renk	Tat	Tekstür	Genel Kabul Edilebilirlik
K	3	5,61±0,23b	4,59±0,02b	5,44±0,17b	5,59±0,14b	5,48±0,29b
SN	3	7,05±0,17a	7,69±0,24a	7,12±0,12a	7,31±0,36a	7,25±0,30a
PTKN	3	6,97±0,59a	8,00±0,38a	7,52±0,34a	7,24±0,62a	7,33±0,62a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Mikrobiyolojik Analizler Ait Sonuçlar

Laktik Asit Bakterileri

Fermente sosislerin üretiminde mikroorganizmalar önemli role sahiptir. Bu ürünlerde mikroflora ürünün mikrobiyolojik kalitesini belirlemektedir. Olgunlaştırma (fermentasyon ve kurutma) sırasında teknolojik açıdan önem arz eden laktik asit bakterileri ile Gram pozitif-katalaz pozitif kokların faaliyetleri sonucu gerçekleşen biyokimyasal reaksiyonlar aroma, renk, lezzet ve tekstür gibi duyusal özellikler açısından büyük öneme sahiptir (Drosinos *et al.* 2005; Erdoğan ve Ergün 2005; Dalmış 2007; Essid and Hassouna 2013; Kaya ve Kaban 2019; Çalışkan *et al.* 2024).

Mevcut bu araştırmada İİG sucuk hamuruna laktik starter kültür *Latilactobacillus sakei* S15 10⁷kob/g düzeyinde ilave edilmiştir. SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk örneklerinin laktik asit bakteri sayılarına ait veriler Tablo 32’de verilmiştir. Verilen sonuçlara göre her bir üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayısı sırasıyla 7,08-7,54/8,66-8,86/3,80-4,92/3,36-4,52 arasında değişim göstermiştir.

Tablo 32. SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinin Üretim Aşamalarında saptanan Laktik Asit Bakteri Sayıları (log kob/g)

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	7,32	8,83	4,50	4,52
	2	7,44	8,69	4,92	3,48
	3	7,54	8,78	4,60	4,46
SN	1	7,20	8,82	4,70	4,46
	2	7,36	8,79	4,43	3,94
	3	7,23	8,86	3,80	3,85
PTKN	1	7,18	8,66	4,81	3,54
	2	7,08	8,76	4,80	3,36
	3	7,16	8,72	4,85	3,60

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN kullanılarak üretilen İİG sucuk gruplarının laktik asit bakteri değerlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 33’ de verilmiştir. Bu sonuçlara göre laktik asit bakteri sayısı üzerinde nitrit kaynağı önemli bir etki göstermezken ($P>0,05$), üretim aşaması faktörü çok önemli ($P<0,01$) seviyede etki göstermiştir. Nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksyonu ise $P<0,05$ düzeyinde etki göstermiştir.

Tablo 33. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	0,14	2,176
Üretim aşaması (ÜA)	3	46,60	723,498**
Blok	2	0,050	0,769
NK x ÜA	6	0,176	2,727*
Hata	22	0,064	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Üretilen örneklerin laktik asit bakteri sayılarının Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 34’ de verilmiştir. En yüksek ortalama değer nitrit ilavesi olmadan hazırlanan kontrol grubunda en düşük ortalama değer ise pazı tozu ilavesi ile hazırlanan sucuk gruplarında belirlenmiş ancak istatistiki açıdan tüm sucuk grupları arasında önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Benzer bir sonuç İİG sucukta kereviz tozu kullanım imkanının araştırıldığı bir çalışmada da rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024).

Tablo 34. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	Laktik Asit Bakteri Sayısı (log kob/g)
K	12	6,26±2,01a
SN	12	6,12±2,11a
PTKN	12	6,04±2,11a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazi Tozu Kaynaklı Nitrit

İİG sucukta üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri değerlerine ait Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 35’te verilmiştir. Bu sonuçlara göre sucuk hamurunda 7,28 log kob/g olarak belirlenen ortalama sayı fermentasyon aşamasında 8,77 log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu sonuca göre starter kültür olarak ilave edilen *L. sakei* S15 fermentasyon ortamına iyi adapte olmuş ve iyi bir gelişme göstermiştir. Fermentasyondan sonra uygulanan ısıl işleminden sonra ise laktik asit bakteri sayısında 4 logaritmik birim civarında bir azalma gözlemlenmiştir. Kurutma aşamasında ise su aktivitesindeki düşüşten dolayı laktik asit bakteri sayısında 1 logaritmik birimden daha düşük düzeyde bir redüksiyon gerçekleşmiştir (Tablo 34). Mevcut bu çalışmada 64 C ‘lik bir iç sıcaklık uygulamasını esas alan bir termal işlem programı uygulanmıştır. İç sıcaklık olarak 64 C ‘nin uygulandığı diğer bir çalışmada da laktik asit bakteri sayısında benzer bir redüksiyon tespit edilmiş ve son üründe laktik asit bakteri sayısı 2,72-3,18 log kob/g arasında değişim göstermiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). İİG sucukta bakteri sayısındaki redüksiyonun derecesi starter kültür olarak kullanılan suşun ısıl direncine bağlı olarak da değişiklik göstermektedir. Nitekim İİG sucuk üretiminde *Pediococcus acidilactici* S147 suşunun starter kültür olarak kullanıldığı bir araştırmada, bu suşun ısıl direncinin yüksek olmasından dolayı ısıl işlem uygulanmasında laktik asit bakteri sayısında çok az bir redüksiyon gerçekleştiği rapor edilmiştir (Öz *et al.* 2018).

Tablo 35. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Üretim Aşamalarında Saptanan Laktik Asit Bakteri Sayılarının Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

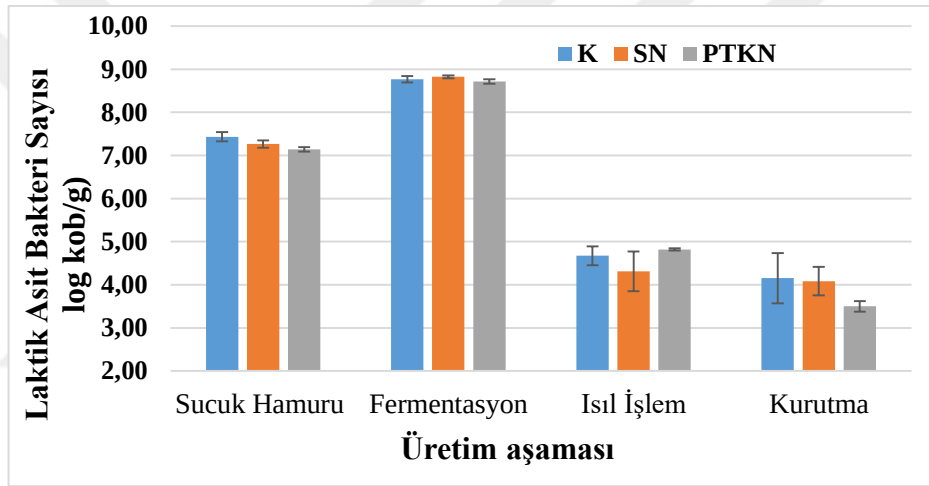
Üretim Aşamaları	N	Laktik Asit Bakteri Sayısı (log kob/g)
Sucuk hamuru	9	7,28±0,15b
Fermantasyon	9	8,77±0,07a
Isıl işlem	9	4,60±0,34c
Kurutma	9	3,91±0,46d

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

SN ve PTKN içeren İİG gruplarının üretim aşamalarında belirlenen laktik asit bakteri sayısı üzerine nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksiyonunun etkisi Şekil 8’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere ısıl işlem ve kurutma aşamasında diğer aşamalara göre daha belirgin farklılıklar gözlemlenmiştir. Fermentasyon aşamasında her 3 grupta da laktik asit bakterileri iyi bir gelişim göstermiştir. Isıl işlem aşamasında SN grubunda daha fazla bir redüksiyon gözlenmiştir. Son üründe ise PTKN içeren grup yaklaşık 0,5 logaritmik birimlik bir

azalma saptanmıştır. Benzer şekilde Yılmaz Oral *et al.* (2024) da 150 mg/kg sodyum nitrite eşdeğer miktarda kereviz tozu kullanılan İİG sucuk örneklerinde kontrol grubuna göre daha düşük laktik asit bakteri sayısı rapor etmişlerdir. Laktik asit bakteri sayısındaki bu farklılıkların pH, a_w gibi faktörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut bu araştırmada laktik asit bakterileri tüm gruplarda arzu edilen ölçüde gelişme göstererek pH da düşüşe neden olmuşlardır. İİG sucuk gibi fermente sosislerde fermentasyon aşamasında gerçekleşen pH değerindeki azalma gerek ürün güvenliği gerekse duyuusal özelliklerin gelişimi bakımından büyük öneme sahiptir. (Erkkilä and Petäjä 2000; González *et al.* 2002; Leroy and De Vuyst 2004; Lorenzo *et al.* 2016; Armutçu *et al.* 2020; Eisinaite *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021).

Şekil 8. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Laktik Asit Bakteri Sayısı Üzerine Nitrit Kaynağı x Üretim Aşaması İnteraksiyonunun Etkisi



Micrococcus/Staphylococcus

Et ürünlerinde nitratin nitrite indirgenmesi bakteriyel faaliyet dışında kolaylıkla gerçekleşmemektedir (Sebranek 2009). Bu reaksiyon ette mevcut olan bakteriyel flora ile ya da ürün formülasyonuna nitratin nitrite dönüşümünü sağlayabilen özellikteki starter kültürlerin ilavesiyle mümkün olmaktadır (Sindelar and Milkowski 2011; Majou and Christienas 2018). Mikrokok ve stafilokoklar karakteristik renk oluşumunda önemli bir reaksiyon olan nitrati nitrite dönüştürme potansiyeline sahip olmalarına ilaveten lipolitik ve proteolitik enzimlerin başlıca kaynağı olarak et ürünlerinin karakteristik lezzet üretimine katkıda bulunmaktadır (Visessanguan *et al.* 2004). Mevcut bu araştırmada yerel bir suş olan *Staphylococcus xylosus* GM92 sucuk hamurlarına 10^6 kob/g seviyesinde ilave edilmiştir.

SN ve PTKN ilavesi ile üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı her bir üretim aşamasında farklılık göstermiştir. Sucuk hamurunda 6,20-6,60 arasında belirlenen değer, fermentasyon aşamasında çok az bir artış

göstermiş ancak ısıtma işlem ve kurutma aşamalarında önemli ölçüde reduksiyona uğramıştır. (Tablo 36).

Tablo 36. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan *Micrococcus/Staphylococcus* Sayıları (Log kob/g)

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	6,39	6,98	5,32	4,89
	2	6,60	6,95	5,30	3,48
	3	6,56	7,17	5,32	2,48
SN	1	6,41	6,99	5,28	4,45
	2	6,54	6,84	5,48	4,63
	3	6,38	6,89	5,43	4,00
PTKN	1	6,20	6,73	4,81	3,28
	2	6,26	6,86	4,80	3,70
	3	6,28	6,94	4,85	2,48

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Tablo 37’de verilen *Micrococcus/Staphylococcus* değerlerine ait varyans analiz sonuçlarına göre *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerine nitrit kaynağı $P<0,05$ düzeyinde etki göstermiştir, Üretim aşaması faktörünün etkisi ise çok önemli ($P<0,01$) düzeyde olmuştur. Buna karşın nitrit kaynağı x üretim aşaması interaksiyonunun *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır ($P>0,05$).

Tablo 37. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin *Micrococcus/Staphylococcus* Sayılarına Ait Varyans Analiz Sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	KO	F
Nitrit kaynağı (NK)	2	0,822	5,024*
Üretim aşaması (ÜA)	3	18,448	112,770**
Blok	2	0,220	1,347
NK x ÜA	6	0,223	1,361
Hata	22	0,164	
Genel	36		

* $P<0,05$; ** $P<0,01$

Micrococcus/Staphylococcus sayılarına ait Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına (Tablo 38) göre en yüksek ortalama sayı SN ilaveli grupta, en düşük ortalama sayı ise PTKN içeren grupta belirlenmiştir. Ancak kontrol grubu ile SN grubu arasında *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Bu sonuç İİG sucuk üretiminde pazı tozu kullanımının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Benzer sonuç dondurularak kurutulmuş kereviz tozu kullanılarak üretilen soğuk tütsülenmiş sosislerde kereviz tozu kullanımının kalite özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmada da belirlenmiş, kereviz tozu

kullanımının sosis örneklerinde *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında düşmeye sebep olduğu rapor edilmiştir (Eisinaite et al. 2020).

Tablo 38. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin *Micrococcus/Staphylococcus* Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Nitrit Kaynağı	N	<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> (Log kob/g)
K	12	5,62±1,47a
SN	12	5,78±1,04a
PTKN	12	5,27±1,51b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Örneklerin üretim aşamalarındaki *Micrococcus/Staphylococcus* sayılarının Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 39’da verilmiştir. İİG sucuk hamurunda ortalama 6,40 log kob/g olarak belirlenen *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı, fermentasyon aşamasında artış göstererek 6,93 log kob/g seviyesine ulaşmıştır. Bu sonuçtan anlaşıldığı üzere bu mikroorganizma grubu İİG sucukta fermentasyon aşamasında oldukça yavaş bir gelişme göstermiştir. Aside hassas olan bu mikroorganizmaların fermente sosislerde fermentasyon aşamasında ya çok az geliştiği ya da gelişmediği daha önce yapılan araştırmalarda da ortaya konulmuştur (Öz et al. 2018; Armutçu et al. 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021). Tablo 38’den de görüldüğü üzere ısıtma işlem uygulaması sırasında *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında yaklaşık 2 logaritmik bir reduksiyon gerçekleşmiş ve ortalama sayı 5,18 log kob/g olarak belirlenmiştir. Kurutma aşamasında ise reduksiyon devam etmiş ve ortalama sayı 3,71 log kob/g düzeyine kadar düşmüştür. İİG sucuk üzerinde yapılan diğer araştırmalarda da benzer sonuçlar görülmüştür (Armutçu et al. 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021).

Tablo 39. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan *Micrococcus/Staphylococcus* Sayılarına Ait Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Üretim Aşamaları	N	<i>Micrococcus/Staphylococcus</i> (Log kob/g)
Sucuk hamuru	9	6,40±0,14
Fermentasyon	9	6,93±0,12
Isıl işlem	9	5,18±0,27
Kurutma	9	3,71±0,88

a-d: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Enterobacteriaceae

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk grupları için belirlenen *Enterobacteriaceae* sayısına ait sonuçlar Tablo 40’ta verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre tüm sucuk gruplarında üretim aşamasında *Enterobacteriaceae* sayısı limit seviyenin (<10² log kob/g) altında bulunmuştur. Benzer sonuç ısıtma işlem uygulanmış sucuk üzerinde yürütülen diğer çalışmalarda da görülmüştür (Armutçu et al. 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021). İİG sucukta

Enterobacteriaceae grubu mikroorganizmaların inhibisyonunda düşük pH ve su aktivitesi önemli engel etkenlerdir (Lücke 1985; Ekici *et al.* 2015; Kaban and Bayrak 2015).

Tablo 40. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan *Enterobacteriaceae* Sayıları (Log kob/g)

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	<2	<2	<2	<2
	2	<2	<2	<2	<2
	3	<2	<2	<2	<2
SN	1	<2	<2	<2	<2
	2	<2	<2	<2	<2
	3	<2	<2	<2	<2
PTKN	1	<2	<2	<2	<2
	2	<2	<2	<2	<2
	3	<2	<2	<2	<2

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Maya ve Küf

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde üretim aşamalarında saptanan maya-küf sayıları Tablo 41’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre maya-küf sayısı İİG sucuk hamurunda ve fermentasyon aşamasında sırasıyla 2,78-3,48/2,00-3,83 log kob/g arasında değişmiş ancak ısıtma işlemi ve kurutma aşamalarında bu değeri tespit edilebilir sınırın (<10² log kob/g) altında bulunmuştur.

Tablo 41. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinin Üretim Aşamalarında Saptanan Maya-Küf Sayıları (Log kob/g)

Nitrit Kaynağı	Blok	Üretim Aşamaları			
		Sucuk Hamuru	Fermentasyon	Isıl İşlem	Kurutma
K	1	3,08	3,80	<2	<2
	2	2,78	3,40	<2	<2
	3	2,95	3,83	<2	<2
SN	1	3,20	2,90	<2	<2
	2	3,48	2,78	<2	<2
	3	3,30	3,45	<2	<2
PTKN	1	3,00	2,70	<2	<2
	2	2,90	2,00	<2	<2
	3	2,85	2,78	<2	<2

K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

Uçucu Bileşikler

Aroma, tüketicilerin bir gıda maddesini satın alma kararını etkileyen en önemli kriterlerden biridir (Bosse *et al.* 2017). Aroma algısı ise basit bir uyarana değil, genellikle her aromanın belirli sayıda temel uçucu maddenin farklı bileşimleriyle karakterize edildiği karmaşık bir süreçtir (García-González *et al.* 2008). Bir et ürününün aroması ise temsil eden uçucu bileşiklerin bir karışımı olarak tanımlanmaktadır (Kosowska *et al.* 2017). Et ürünlerinde tipik aroma, işleme teknikleri ve olgunlaştırma koşulları gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak gelişmektedir (Domínguez *et al.* 2019). Bununla birlikte et ürünlerindeki aromanın; koku eşik değerine, uçucu bileşiklere ait gaz fazı konsantrasyonu üzerine etki eden çeşitli et bileşenlerine (yağ ve protein) ve bu uçucu bileşiklerin etkileşimlerine de bağlı olduğu belirtilmektedir (Adhikari *et al.* 2006; Oliveras *et al.* 2009).

Fermente et ürünlerinde uçucu bileşiklerin oluşumunda olgunlaşma sırasındaki proteolizis, lipolizis, karbonhidrat fermentasyonu, lipid oksidasyonu, amino asit katabolizması gibi çeşitli enzimatik ve kimyasal reaksiyonlar etkili olmaktadır (Kaban Kaya and 2024; Öz *et al.* 2018; Dominguez *et al.* 2019). Bu reaksiyonlar, ürünün fermentasyon ve olgunlaşma aşamasındaki mikroorganizma faaliyeti ve çeşitli endojen enzimlerin aktivitesi sonucu gerçekleşmektedir. Karbonhidrat fermentasyonu sonucu oluşan asitler pH değerini düşürürken aroma üzerinde de etkili olabilmektedir. Fermente ürünlerde lipolizis sonucu oluşan serbest yağ asitleri otooksidasyona uğrayarak çeşitli uçucu bileşiklere dönüşmekte ve böylelikle aroma üzerinde dolaylı olarak etkili olmaktadır. Bununla birlikte bu tip ürünlerin pH ve a_w değerinin düşük, tuz konsantrasyonunun yüksek olması sebebiyle proteolizis reaksiyonları ise sınırlı seviyede gerçekleşmekte ve uçucu bileşik profilinde daha az oranda yer (Gökalp vd. 1998). Fermente et ürünlerinde tüm bu aroma oluşum reaksiyonlarına ek olarak ürün formülasyonuna ilave edilen baharat ve kürlleme işlemi de uçucu bileşik oluşumuna önemli katkı sağlamakta ve üründe başlıca terpenler olmak üzere fenoller, çeşitli kükürt bileşikleri ve hidrokarbonlar gibi farklı uçucu bileşenlerin oluşumuna sebep olmaktadır (Flores 2017).

Fermente sosislerin aroması tek bir bileşikten değil belirli miktardaki çeşitli uçucu bileşiklerin karışımından kaynaklanmakta ve bu ürünlerde yüzlerce uçucu bileşik tanımlandığı bildirilmektedir (Olivares *et al.* 2009). Bu tip et ürünlerinde yaygın olarak bulunan uçucu bileşikler esterler, asitler, aldehitler, ketonlar, azotlu bileşikler, hidrokarbonlar, sülfürlü bileşikler ve terpenlerdir (Ercoşkun ve Ertaş 2003). Mevcut bu çalışmada üretilen İİG sucuk gruplarında 5 alkol, 4 aldehit, 1 keton, 1 asit, 10 sülfürlü bileşik, 26 terpen, 1 furan, 4 aromatik hidrokarbon olmak üzere 8 farklı kimyasal gruba ait 52 farklı uçucu bileşik tanımlanmıştır (Tablo 42). Tablodan da görüldüğü üzere uçucu bileşikler içerisinde en önemli kimyasal grubu

terpenler oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalarda da İİG sucukta uçucu bileşik olarak en büyük paya sahip olan kimyasal grubun terpenler olduğu bildirilmiştir (Armutcu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; YılmazOral *et al.* 2024; Öz *et al.* 2018; Kaban and Bayrak 2015).

Tablo 42. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Uçucu Bileşikler (Aux10⁶).

Nitrit Kaynağı	Blok	Asetaldehid	Etanol	1-propen-2-ol	2-Propanetiylol	2-Propen-1-ol	Alil merkaptan	Asetik asit	Alil metil sülfid	1-metiltiyo-1-propen
K	1	1,56	2,7	0	0	0	11,23	2,39	4,9	1,93
	2	2,7	3,21	0	0	0	24,93	1,46	5,74	2,32
	3	2,11	4,4	0	0	0	19,95	0,69	3,72	0,32
SN	1	3,08	2,28	0,69	0,36	0,44	32,72	1	2,89	0,65
	2	1,8	2,35	0,56	0,39	0,45	22,26	1,09	2,92	0,79
	3	2,82	3,13	0,51	0,67	0,48	29,16	0,91	2,57	0,6
PTKN	1	2,68	3,67	0,85	0,57	0,6	18,6	1,2	2,52	0,46
	2	2,7	6,84	0,75	0,6	0,57	19,65	0,71	3,45	0,49
	3	3,58	4,07	0,89	0,5	0,67	16,92	1,19	1,95	0,33
Nitrit Kaynağı	Blok	Dimetil disülfid	3-hidroksi-2-bütanon	1-metil,1-H-pirrol	Hekzanal	3,3'-ütyobis-1-Propen	1-Hekzanol	α -Thujen	Heptanal	α -Pinen
K	1	0	0,96	0,35	0,4	6,02	1,06	1,17	0,19	6,3
	2	0	1,64	0,54	0,45	5,46	1,25	1,38	0,19	6,94
	3	0	1,32	1,08	0,47	4,56	0,89	1,31	0,15	3,66
SN	1	0,14	0,45	0,23	0,28	8	0,18	1,11	0,22	4,61
	2	0,16	0,43	0,29	0,27	8,32	0,21	1,19	0,27	4,98
	3	0,18	0,57	0,34	0,4	9,66	0,27	1,21	0,44	4,91
PTKN	1	0,26	0,23	0,15	0,3	10,52	0,15	0,82	0,17	2,57
	2	0,38	0,27	0,19	0,26	9,67	0,18	1,26	0,2	3,71
	3	0,14	0,41	0,14	0,34	9,73	0,18	0,76	0,15	3,26
Nitrit Kaynağı	Blok	Metil 2-propenil disülfid	Kamfen	Sabinen	β -Pinen	β -Mirisen	2-pentil-furan	α -Fellandren	3-karen	α -Terpinen
K	1	4,44	0,42	2,61	10,2	18,28	0,77	5,81	3,62	1,15
	2	5,93	0,3	1,54	23,78	24,08	0,83	6,68	3,76	1,2
	3	5,45	0,57	1,07	19,13	25,6	0,9	7,91	4,15	1,84
SN	1	4,78	0,46	0,89	28,12	9,38	0	1,68	3,82	1,08
	2	4,51	0,59	0,85	21,8	18,27	0	4,59	3,5	1,08
	3	3,62	0,57	0,87	27,49	11,76	0	4,74	3,79	1,78
PTKN	1	6,45	0,36	0,91	25,76	6,14	0,89	1,63	2,64	0,8
	2	5,27	0,35	0,66	24,34	6,2	0,41	1,14	3,15	0,8
	3	4,34	0,31	0,77	22,73	6,66	0,4	3,22	2,83	1,14

Tablo 42. (Devamı)

Nitrit Kaynağı	Blok	D-Limonen	o-Simen	β -Fellandren	Eucaiptol	gamma-Terpinen	α -Terpinolen	1-Oktanol	Benzenene tanol	p-simen
K	1	10,32	66,32	0,28	3,1	36,88	2,1	0,86	0	0
	2	9,83	66,42	0,27	2,81	54,53	1,85	0,7	0	0
	3	5,84	69,33	0,565	2,84	56,18	0,96	0,83	0	0
SN	1	6,28	67,58	0,86	1,67	38,67	0,48	1,09	0,77	1,1
	2	7,98	45,77	1,47	1,45	45,18	0,65	0,98	0,55	1,35
	3	8,39	64,1	1,91	1,96	40,28	0,66	1,04	0,6	1,4
PTKN	1	4,86	55,5	0,34	1,5	26,77	0,37	0,9	0,29	0,85
	2	5,95	55,3	0,37	1,55	24,91	0,41	0,9	0,37	1,31
	3	5,13	60,23	0,38	1,56	36,59	0,38	1,08	0,5	1,04
Nitrit Kaynağı	Blok	Dialil disülfid	Metil alil tiyoasetat	Linalool	Nonanal	Metil 2-propenil trisülfid	Kamfor	4-Terpineol	α -Terpieol	Kumik aldehid
K	1	29,15	0	24,13	4,78	1,81	0,6	2,49	2,81	115,73
	2	34,44	0	19,74	3,73	2,43	0,75	2,31	2,02	105,94
	3	36,01	0	19,16	3,82	0,7	0,73	1,87	2,24	117,28
SN	1	27,57	0,86	17,15	4,01	1,16	0,75	1,17	1,12	139,23
	2	25,92	1,11	15,09	4,41	1,06	0,63	1,11	1,1	122,18
	3	27,56	0,91	13,47	3,03	0,93	0,6	1,28	1,2	151,74
PTKN	1	31,7	0,64	16,48	2,83	1,27	0,63	0,97	1,2	143,94
	2	31,3	0,83	17,01	3,38	1,05	0,53	1,08	1,72	147,5
	3	27,1	0,51	12,12	2,06	1,09	0,5	1,17	1,74	133,56
Nitrit Kaynağı	Blok	Fellandral	4-(1-metiletil)-benzene metanol	2-Karen-10-al	Eugenol	1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen	trans-Karyofillen	Karyofillen		
K	1	1,57	4,15	23,95	4,64	2,06	0,96	6,5		
	2	1,07	3,49	23,2	3,69	1,75	0,46	5,42		
	3	1,18	1,99	22,26	4,2	3,21	0,61	6,18		
SN	1	0,92	3,27	22,79	2,62	1,24	1,13	4,21		
	2	0,51	3,05	21,4	2,68	1,88	1,06	3,72		
	3	1,69	4,17	21,76	3,33	2,18	1,23	4,65		
PTKN	1	0,9	2,49	18,98	1,27	1,31	0,81	2,62		
	2	0,95	2,25	19	1,52	1,44	0,83	2,65		
	3	1,37	2,61	21,08	1,2	1,49	0,85	2,87		

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen uçucu bileşiklerin analiz sonuçlarına ait veriler Tablo 43'te verilmiştir. Elde edilen verilere göre nitrit kaynağı faktörü

belirlenen 52 bileşikten 30'u üzerine istatistiki açıdan çok önemli seviyede ($P<0,01$) etki gösterirken, 8'i üzerine ise $P<0,05$ düzeyinde etki etmiştir.

Tablo 43. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Uçucu Bileşiklere Ait Varyans Analiz Sonuçları

Uçucu Bileşikler	Grup			Blok		
	SD	KO	F	SD	KO	F
Asetaldehid	2	1,123	1,124	2	0,352	0,353
Etanol	2	7,904	7,569**	2	2,596	2,486
1-propen-2-ol	2	1,101	50,132**	2	0,008	0,374
2-propanetiyol	2	0,546	43,873**	2	0,011	0,885
2-propen-1-ol	2	0,615	89,574**	2	0,003	0,415
Alil merkaptan	2	180,647	4,437*	2	3,461	0,085
Asetik asit	2	0,495	1,066	2	0,581	1,251
Alil metil sülfid	2	8,613	9,838**	2	2,501	2,857
1-metiltiyo-1-propen	2	1,980	8,793**	2	1,011	4,490*
Dimetil disülfid	2	0,105	18,585**	2	0,008	1,339
3-hidroksi-2-bütanon	2	1,733	43,156**	2	0,104	2,586
1-metil,1-H-pirrol	2	0,399	7,848**	2	0,117	2,303
Hekzanal	2	0,034	5,153*	2	0,011	1,694
3,3'-tiyobis-1-Propen	2	34,083	19,540**	2	0,200	0,115
1-Hekzanol	2	1,529	97,965**	2	0,016	1,026
α -Thujen	2	0,176	2,328	2	0,099	1,310
Heptanal	2	0,036	3,811	2	0,004	0,446
α -Pinen	2	9,368	5,560*	2	2,426	1,440
Metil 2-propenil disülfid	2	2,066	2,025	2	1,153	1,130
Camfen	2	0,059	1,808	2	0,009	0,279
Sabinen	2	1,683	11,587**	2	0,537	3,698
β -Pinen	2	111,117	3,548	2	6,924	0,221
β -Mirisen	2	403,186	31,626**	2	38,031	2,983
2-pentil-furan	2	1,096	24,383**	2	0,035	0,790
α -fellandiren	2	35,616	19,855**	2	7,584	4,228*
3-karen	2	1,653	4,024*	2	0,078	0,191
α -Terpinen	2	0,401	3,942*	2	0,641	6,293*
D-Limonen	2	17,498	3,904*	2	3,236	0,722
o-simen	2	178,921	0,801	2	131,432	0,589
β -fellandiren	2	2,202	33,036**	2	0,311	4,673*
Eukaliptol	2	3,420	23,529**	2	0,058	0,402
gama-terpinen	2	594,835	13,427**	2	168,018	3,793*
α -terpinolen	2	2,706	17,900**	2	0,192	1,267
1-oktanol	2	0,089	5,656*	2	0,025	1,568
Benzenemetanol	2	0,627	38,809**	2	0,006	0,354
p-simen	2	2,845	144,740**	2	0,088	4,481*
Dialil disülfid	2	57,424	1,585	2	1,833	0,051
Metil alil tiyoasetat	2	1,461	96,208**	2	0,052	3,398
Linalool	2	66,992	7,391**	2	28,286	3,121
Nonanal	2	3,025	7,353**	2	1,580	3,841*
Metil 2-propenil trisülfid	2	0,627	3,141	2	0,642	3,216
Kamfor	2	0,033	1,368	2	0,004	0,154
4-terpineol	2	2,417	10,639**	2	0,015	0,066
α -Terpieol	2	2,290	15,856**	2	0,022	0,153

Tablo 43. (Devamı)

Kumik aldehit	2	1450,183	6,912**	2	142,517	0,679
Fellandral	2	0,096	0,643	2	0,487	3,260
4-(1-metiletil)-benzene metanol	2	1,765	2,018	2	0,283	0,323
2-karen-10-al	2	18,504	3,307	2	0,789	0,141
Eugenol	2	12,143	45,009**	2	0,130	0,480
1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen	2	1,317	4,644*	2	0,957	3,374
trans-karyofillen	2	0,337	8,725**	2	0,050	1,299
Karyofillen	2	16,549	149,546**	2	0,685	6,193*

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

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde saptanan alkollerin Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 44'te verilmiştir. Tablodan da görüldüğü üzere etanol, 1-propen-2-ol, 2-propen-1-ol, 1-hekzanol ve 1-oktanol olmak üzere 5 farklı alkol bileşiği belirlenmiş ve her bir bileşik açısından muamele grupları arasında istatistiki açıdan farklılıklar gözlemlenmiştir. Et ürünlerinde bulunan alkoller, yağlı, otsu ve odunsu tat özellikleriyle etin aroma profilini zenginleştiren önemli bileşikler arasında yer almaktadır (Luna *et al.* 2006). Fermente et ürünlerinde bu bileşiklerin oluşumu; metil ketonların indirgenmesi, amino asitlerin parçalanması ve lipidlerin oksidasyonu gibi çeşitli biyokimyasal süreçler sonucunda gerçekleşmektedir (Sidira *et al.* 2015; Yılmaz Oral and Kaban 2021). Bu grup içinde en yaygın tespit edilen alkol olan etanol, karbonhidrat metabolizmasının temel ürünlerinden biridir (Sidira *et al.* 2015). Tüm İİG sucuk gruplarında etanol açısından istatistiki açıdan farklılıklar söz konusu olmuş ve pazı tozu kullanımı etanol seviyesinin artmasına sebep olmuştur. Ancak Tablo 44'ten de görüldüğü üzere PTKN grubuna ait ortalama değer kontrol grubundan farklılık göstermemiştir. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukta kürtleme maddesi olarak kereviz tozunun kullanıldığı bir araştırmada ise 100 ve 150 mg/kg nitrite eş değer miktarda kereviz tozu içeren grupların sentetik nitrit (150 mg/kg) ile sentetik nitrit ve kereviz tozu kaynaklı nitrit (50 + 100 mg/kg) gruplara göre daha yüksek etanol içerdiği rapor edilmiştir. Aynı araştırmada muamele gruplarında belirlenen diğer alkoller (1-pentanol, 1-hexanol, 1-oktanol, 4-(1-methylethyl) benzenemethanol) açısından ise önemli farklılıkların olmadığı bildirilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). Diğer taraftan pazı tozu kullanımı 1-propen-2-ol ve 2-propen-1-ol bileşiklerinin seviyesinde de artışa neden olmuştur (Tablo 44). Bu bileşikler kontrol grubunda ise belirlenmemiştir. Bu sonuç bu bileşiklerin ancak sentetik veya doğal kaynaklı nitrit mevcudiyetinde oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca bu sonuç fermente ürünlerde et aromasının oluşumunda nitritin önemine de işaret etmektedir (Honikel 2008).

Tablo 44. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Alkollerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Alkoller	K	SN	PTKN
Etanol	3,44±0,82ab	2,59±0,60b	4,86±1,65a
1-propen-2-ol	0,00±0,00c	0,59±0,19b	0,83±0,14a
2-propen-1-ol	0,00±0,00c	0,46±0,11b	0,62±0,75a
1-hekzanol	1,07±0,21a	0,22±0,05b	0,17±0,03b
1-oktanol	0,80±0,12b	1,04±0,14a	0,96±0,13a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinde saptanan aldehitlerin Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 45'te verilmiştir. Mevcut bu çalışmada tüm İİG sucuk gruplarında 4 farklı aldehit bileşiği tanımlanmış, bu bileşiklerden asetaldehit ve heptanal bileşikleri açısından muamele grupları arasında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık söz konusu olmamıştır. Buna karşın en yüksek hekzanal kontrol grubunda belirlenmiştir. Hekzanal hem SN hem de PTKN mevcudiyetinde düşüş göstermiştir (Tablo 45). Ayrıca SN ve PTKN gruplarına ait ortalama değerler istatistiki açıdan önemli bir farklılık göstermemiştir. Çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olan nitritin en önemli özelliklerinden biri antioksidan aktivite göstererek lipid oksidasyonunu geciktirmesidir (Honikel 2008; Sebranek *et al.* 2007). Mevcut bu araştırmada elde edilen sonuçlara göre nitrit kaynağından bağımsız olarak lipid oksidasyonun göstergesi olan hekzanalın seviyesinde düşüşe neden olmaktadır. Bununla birlikte mevcut bu çalışmada son üründe en yüksek TBARS değerini kontrol grubu verirken en düşük değer SN mevcudiyetinde tespit edilmiştir. PTKN grubu kontrolden düşük ancak SN den daha yüksek TBARS değeri vermiştir. Lipid oksidasyonu sonucu oluşan nonanalın seviyesi ise pazı tozu mevcudiyetinde düşüş göstermiş ve en düşük ortalama değer PTKN grubunda belirlenmiştir (Tablo 45). Bu sonuç muhtemelen pazı tozunda bulunan bazı antioksidan bileşiklerden kaynaklanmaktadır (Ivanović *et al.* 2019; Yang *et al.* 2014; Kolota *et al.* 2010). Kereviz tozu kullanılarak üretilen İİG sucuk üzerinde yürütülen bir araştırmada ise hekzanal, heptanal, oktanal, nonanal ve 2-metil-3-fenil-propanal olmak üzere 5 farklı aldehit bileşiği belirlenmiş ve bu bileşikler üzerinde kereviz tozunun önemli bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024).

Aldehitler düşük koku eşiği nedeniyle kuru kürlenmiş et ürünlerinin aromasında önemli role sahiptirler (Ramírez and Cava 2007; Martínez-Onandi *et al.* 2017; Petričević *et al.* 2018). Bu bileşikler genel olarak tatlı, çiçeksi, çimenli ve meyveli notalarla et ürünlerinin genel aromasına katkıda bulunmaktadır (Sánchez-Peña *et al.* 2005). Et ürünlerinde yaygın olarak rastlanan uçucu bileşik gruplarından biri olan aldehitler, genellikle birincil otooksidasyon ürünleri olan hidroperoksitlerin parçalanmasıyla meydana gelmektedir. Geniş bir aroma

aralığına sahip olan bu bileşiklerin bazıları, oldukça düşük konsantrasyonlarda bile ürünün genel aromatik profilini önemli ölçüde etkileyebilmektedir (Ordóñez *et al.* 1999). Bu bileşiklerden hekzanal, pentanal ve heptanal lipit oksidasyonu sonucu oluşan başlıca bileşikler oluşturmakta (Marco *et al.* 2008) ancak hekzanal bileşiğinin üründeki artışının ransid tat gelişimine neden olduğu (Pérez Shahidi and Pegg 1994; Fonseca *et al.* 2013; Sidira *et al.* 2015) ve yüksek seviyelerde oluşumunun hoş olmayan bir tat verdiği, düşük miktarlarda ise hoş çimensi bir aroma verdiği bilinmektedir (Lorenzo *et al.* 2014; Benet *et al.* 2015; Petričević *et al.* 2018). Bunun yanı sıra hekzanal, lipit oksidasyonu neticesinde en fazla oluşan bileşik olması sebebiyle otooksidasyonun göstergesi olarak da bilinmektedir (Sidira *et al.* 2015). Heptanal ve nonanal gibi oleik asit oksidasyonu ile oluşan aldehitler, hoş olmayan tat ve koku ile ilişkilendirilmektedir (Carrapiso *et al.* 2002; Andrade *et al.* 2010; Benet *et al.* 2015). Nonanal ise tatlı ve meyvemsi bir aroma oluşumuna sebep olmaktadır (Nunes *et al.* 2008).

Tablo 45. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Aldehitlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Aldehitler	K	SN	PTKN
Asetaldehid	2,13±1,08a	2,57±0,87a	2,99±0,91a
Hekzanal	0,44±0,10a	0,32±0,09b	0,30±0,06b
Heptanal	0,18±0,05a	0,31±0,15a	0,17±0,04a
Nonanal	4,11±0,68a	3,82±0,88a	2,76±0,68b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde saptanan ketonların Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 46'da verilmiştir. İİG sucuk gruplarında 3-hidroksi-2-bütanon olmak üzere sadece bir keton bileşiği belirlenmiştir. İİG sucuk üzerinde yapılan birçok çalışmada da 3-hidroksi-2-bütanon bileşiği tespit edilmiştir (Çakir *et al.* 2013; Kaban and Bayrak 2015; Öz *et al.* 2018; Yılmaz Oral and Kaban 2021). Fermente et ürünlerinde yaygın olarak rastlanan 3-hidroksi-2-bütanon (asetoin), laktik asit bakterilerinin metabolik faaliyetleri sırasında ortaya çıkan 2,3-bütandiolün kimyasal oksidasyonu sonucunda meydana gelmektedir. (Marco *et al.* 2006; Sidira *et al.* 2015). Ayrıca asetoin pirüvat metabolizması ve asparaginden oksalasetat yoluyla da oluşabilmektedir (Bartowsky and Henschke 2004; Ardö 2006; Gutsche *et al.* 2012). Asetoin, oldukça düşük duyuşal eşik değeriine sahip karakteristik tereyağımsı ve tatlımsı bir kokuya sahip olan diasetile (2,3-bütandion) oksitlenebilmekte ve bu nedenle fermente sosis aroması için büyük önem arz etmektedir (Sidira *et al.* 2015; Wen *et al.* 2021). Üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen keton bileşiği olan 3-hidroksi-2-bütanon en yüksek değeriini kontrol grubunda vermiştir. SN ve PTKN grupları arasında ise istatistiki açıdan herhangi bir fark görülmemiştir (Tablo 46). Bu sonuç nitritin bu bileşiğin oluşumunu baskıladığını göstermektedir. Benzer şekilde Yılmaz Oral *et al.* (2024) de sentetik nitrit ve/veya

kereviz tozu kaynaklı nitrit mevcudiyetinde bu bileşiğin önemli bir farklılık göstermediğini tespit etmişlerdir.

Tablo 46. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Ketonların Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Ketonlar	K	SN	PTKN
3-hidroksi-2-bütanon	1,31±0,35a	0,48±0,09b	0,30±0,12b

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen asitlere ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçları Tablo 47’de verilmiştir. Üretilen İİG sucuk gruplarında asit olarak sadece asetik asit belirlenmiştir. Bu bileşik açısından en yüksek değer kontrol grubunda belirlenmiştir. Nitrit (sentetik veya pazı tozu kaynaklı) mevcudiyetinde ise asetik asitin değeri düşüş göstermiş ve SN ile PTKN grupları arasında bu bileşik açısından önemli bir farklılık belirlenmemiştir. (Tablo 47). Bu sonuca göre doğal veya sentetik nitrit kullanımı asetik asit oluşum reaksiyonları üzerinde etkili olmaktadır. Asetik asit sucuk ve diğer kuru fermente sosislerde de tespit edilmiştir (Ansorena *et al.* 2001; Flores *et al.* 2004; Di Cagno *et al.* 2008; Kaban ve Kaya 2009a,b; Kaban 2010; Kaban ve Kaya 2010). Yarı kuru bir fermente sosis çeşidi olan ısıtılmış sucuk üzerinde yapılan bazı araştırmalarda asetik asit tespit edilemezken (Öz *et al.* 2018; Yılmaz Oral *et al.* 2024) yine bu ürün üzerinde yürütülen bazı çalışmalarda asetik asit rapor edilmiştir (Kaban and Bayrak 2015; Armutçu *et al.* 2020). Bu farklılıkların İİG sucukta uygulanan ısıtılmış işlem koşullarına ve mikrofloraya bağlı olarak değişiklik gösterdiği düşünülmektedir. Nitekim Armutçu *et al.* (2020) İİG sucukta 60°C’lik sıcaklık uygulamasında 68°C’ye göre daha yüksek asetik asit tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Çakır *et al.* (2013) de ısıtılmış sucuk uygulamasıyla asetik asit miktarında azalma olduğunu bildirmişlerdir. Fermente sosislerde asitler içerisinde aroma üzerinde etkili önemli bileşiklerden biri olan asetik asit laktik asit bakterileri ve stafilokoklar tarafından oluşturulmakla birlikte lipid oksidasyonu ve alanin katabolizması reaksiyonları sonucunda da oluşabilmektedir (Montel *et al.* 1998; Spaziani *et al.* 2009).

Tablo 47. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Asitlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Asitler	K	SN	PTKN
Asetik asit	1,51±1,13a	1,00±0,11a	1,03±0,38a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG Sucuk örneklerinde saptanan sülfürlü bileşiklerin Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 48’de verilmiştir. Mevcut bu çalışmada 2-propanetiyol, allil merkaptan, allil metil sulfid, 1-metiltiyol-1-propen, dimetil-disulfid, 3-3’-

tiyobis-1-propen, metil-2-propenil-disülfid, diallil disülfid, metil allil tiyoasetat, metil-2-propenil-trisülfid olmak üzere 10 sülfürlü bileşik belirlenmiştir. Bu bileşiklerden metil-2-propenil-disülfid, diallil disülfid ve metil-2-propenil-trisülfid açısından gruplar arasında istatistiki açıdan bir farklılık söz konusu olmamıştır (Tablo 48). Yılmaz Oral *et al.* (2024) de kereviz tozunun diallil disülfid üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını rapor etmiştir. Dimetil disülfid ve 3-3'-tiyobis-1-propen açısından en düşük değerler kontrol grubunda belirlenmiştir. SN ve PTKN grupları arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu sonuç nitritin bu bileşiklerin oluşumunu arttırdığını göstermektedir. Buna karşın doğal veya sentetik nitrit allil metil sülfid ve 1-metiltiyo-1-propen bileşiklerinin seviyelerinde düşüşe neden olmuştur. Nitritli gruplar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Alil merkaptan açısından ise SN grubu en yüksek değeri vermiştir. Bu bileşik İİG sucukta da rapor edilmiştir (Öz *et al.* 2018; Armutcu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; Sallan *et al.* 2022; Yılmaz Oral *et al.* 2024). Ayrıca bu bileşiğin en yüksek değeri 150 mg/kg dozu uygulanarak üretilen İİG sucuk örneklerinde tespit edildiği ve kereviz tozu oranı arttıkça bu bileşiğin seviyesinin azaldığı bildirilmiştir (Yılmaz Oral *et al.* 2024). 2-propanetiyol kontrol grubunda belirlenmezken nitritli gruplarda tespit edilmiş ancak bu gruplar arasında bu bileşik açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Tablo 48). Chorizo üzerinde yapılan bir çalışmada da kükürt ve alil grupları içeren bileşikler tespit edilmiş ve bu bileşiklerin fermente soslar formülasyonuna ilave edilen sarımsaktan kaynaklı olduğu bildirilmiştir (Ansorena *et al.* 2001). İtalyan tipi soslar üzerinde yapılan bir araştırmada uçucu bileşikler içerisinde belirlenen 1-propen-1-metiltiyo bileşiğinin, ette bulunan bileşikler ile formülasyona ilave edilen sarımsak arasında gerçekleşen reaksiyonlar sonucu oluştuğu bildirilmiştir (Spaziani *et al.* 2009). Sülfürlü bileşiklerin oluşumunda sülfür içeriğine sahip amino asitler (Strecker degradasyonu ile) etkili olmakta ve bu bileşikler düşük duyuşal eşik değerine sahip olmaları sebebiyle et ürünlerinde lezzet oluşumu açısından önemli yer almaktadır (Ramírez and Cava 2007).

Tablo 48. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Sülfürlü Bileşiklerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Sülfürlü Bileşikler	K	SN	PTKN
2-propanetiyol	0,00±0,00b	0,47±0,16a	0,56±0,10a
Allil merkaptan	18,70±6,79b	28,05±7,22a	18,39±2,98b
Allil metil sulfid	4,79±1,49a	2,79±0,63b	2,64±0,81b
1-metiltiyo-1-propen	1,52±0,97a	0,68±0,16b	0,43±0,12b
Dimetil-disulfid	0,00±0,00b	0,16±0,06a	0,26±0,12a
3-3'-tiyobis-1-propen	5,35±1,50b	8,66±1,29a	9,98±0,83a
Metil-2-propenil-disulfid	5,28±1,02a	4,30±0,94a	5,36±1,09a
Diallil disulfid	33,20±7,01a	27,02±4,14a	30,03±5,35a
Metil allil tiyoasetat	0,00±0,00c	0,96±0,17a	0,66±0,18b
Metil-2-propenil-trisulfid	1,65±0,83a	1,05±0,17a	1,13±0,23a

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk örneklerinde saptanan terpenlerin Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçlarına ait veriler Tablo 49’te verilmiştir. İİG sucuk gruplarında 26 terpen bileşiği belirlenmiştir. Fermente kuru sosislerde belirlenen uçucu bileşiklerin en önemli kısmını hatta %50’den fazlasını terpenler grubundaki bileşiklerin oluşturduğu yapılan birçok çalışmada ortaya konulmuştur (Chizzolini vd 1998; Meynier et al. 1999; Bruna vd 2001; Misharina et al. 2001; Bianchi vd 2007; Kaban ve Kaya 2009; Kaban and Bayrak, 2015; Armutcu et al. 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; Sallan et al. 2022). Bu bileşiklerin esas kaynağının baharat olduğu belirtilmektedir (Kaban and Kaya 2009a, 2009b; Kaban ve Kaya 2010). Araştırmada belirlenen terpen bileşikleri içerisinde fellandral, kamfor, o- simen, kamfen ve α -thujen bileşiklerine ait ortalamalar tüm muamele grupları arasında istatistiki olarak bir farklılık bulunmamış ancak diğer 21 terpen bileşiği üzerine nitrit kaynağı kullanımı etkili olmuş ve bu bileşikler içerisinde β -pinen, β -fellandren ve kumin aldehit hariç diğer tüm bileşiklerin miktarı pazı tozu kullanımı ile azalmıştır. Bununla birlikte biber terpeni olarak bilinen p-simen kontrol grubundan belirlenmemiş olup pazı tozu kullanımı bu bileşiğin miktarında da azalmaya sebep olmuştur. Yılmaz et al. (2024) tarafından yapılan araştırmada ise sentetik nitrit ve farklı oranlarda kereviz tozu içeren örneklerde belirlenen toplam 21 terpen bileşiğinden sadece 2 bileşik (kamfen ve α - terpinolen) gruplar arasında farklılık göstermiştir. Aynı araştırmada kamfenin seviyesinin kereviz tozu kullanım oranına bağlı olarak artış gösterdiği ancak farklılıkların istatistiki açıdan önemli olmadığı bildirilmiştir. Öte yandan nitrit alternatifi olarak siyah havuç konsantresinin sucukta kullanım imkanlarının araştırıldığı bir çalışmada p-simen bileşiği, kontrol grubunun ana bileşeni olarak belirlenmiş, siyah havuç konsantresi ve sentetik nitrit kombinasyonu olan sucuk gruplarında ise siyah havuç konsantrasyonu seviyesindeki artışa bağlı olarak p-simen miktarının da arttığı rapor edilmiştir (Ekici et al. 2015). Genel anlamda bazı farklılıklara rağmen mevcut bu çalışmadaki İİG sucukların uçucu bileşik profili

Ekici *et al.* (2015) tarafından bulunan sonuçlarla büyük oranda uyumludur. Kuru fermente sosislerde belirlenen uçucu bileşik profilindeki bazı farklılıklar, üretimde yer alan baharat çeşitleri, mikroorganizmaların lipid oksidasyonu, karbonhidrat ve amino asit katabolizması gibi çeşitli faktörlerden ileri gelmektedir (Kaban 2013; Kargazori *et al.* 2014).

Terpenler içerisinde yer alan ve aynı zamanda bir aldehit olan kumin aldehit (4-isopropil benzaldehid) en düşük değeri kontrol grubunda vermiştir. Diğer muamele gruplarında ise kumin aldehit seviyesi açısından önemli bir farklılık görülmemiştir (Tablo 49). Diğer bir ifadeyle nitrit mevcudiyetinde kumin aldehit daha yüksek değerler vermiştir.

Tablo 49. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Terpenlerin Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Terpenler	K	SN	PTKN
α -Thujen	1,29 $\pm$ 0,38a	1,17 $\pm$ 0,16a	0,95 $\pm$ 0,26a
α -Pinen	5,63 $\pm$ 1,79a	4,83 $\pm$ 1,27a	3,18 $\pm$ 0,73b
Kamfen	0,43 $\pm$ 0,22a	0,54 $\pm$ 0,17a	0,34 $\pm$ 0,11a
Sabinen	1,74 $\pm$ 0,74a	0,87 $\pm$ 0,08b	0,78 $\pm$ 0,18b
β -Pinen	17,70 $\pm$ 6,45b	25,80 $\pm$ 5,48a	24,28 $\pm$ 3,54ab
β -Mirisen	22,65 $\pm$ 5,38a	13,14 $\pm$ 4,35b	6,33 $\pm$ 0,69c
α -Fellendren	6,80 $\pm$ 1,96a	3,67 $\pm$ 1,66b	2,00 $\pm$ 1,03b
3-Karen	3,85 $\pm$ 0,75a	3,71 $\pm$ 0,43ab	2,88 $\pm$ 0,59b
α -Terpinen	1,40 $\pm$ 0,43a	1,31 $\pm$ 0,49ab	0,91 $\pm$ 0,30b
D-Limonen	8,67 $\pm$ 2,83a	7,55 $\pm$ 1,86ab	5,31 $\pm$ 1,21b
o-Simen	67,36 $\pm$ 9,92a	59,15 $\pm$ 20,82a	57,01 $\pm$ 10,05a
β -Fellendren	0,37 $\pm$ 0,19b	1,42 $\pm$ 1,42a	0,36 $\pm$ 0,08b
Eukalyptol	2,92 $\pm$ 0,33a	1,69 $\pm$ 0,46b	1,54 $\pm$ 0,28b
γ - Terpinen	49,20 $\pm$ 11,27a	41,38 $\pm$ 4,00a	29,43 $\pm$ 6,26b
α -Terpinolen	1,64 $\pm$ 0,67a	0,60 $\pm$ 0,12b	0,39 $\pm$ 0,08b
p-Simen	0,00 $\pm$ 0,00c	1,29 $\pm$ 0,19a	1,07 $\pm$ 0,23b
Linalool	21,01 $\pm$ 4,44a	15,24 $\pm$ 2,67b	15,21 $\pm$ 2,82b
Kamfor	0,69 $\pm$ 0,17a	0,66 $\pm$ 0,17a	0,55 $\pm$ 0,09a
4-Terpineol	2,23 $\pm$ 0,67a	1,19 $\pm$ 0,28b	1,07 $\pm$ 0,26b
α -Terpineol	2,36 $\pm$ 0,43a	1,14 $\pm$ 0,15b	1,56 $\pm$ 0,42b
Kumin aldehid	112,98 $\pm$ 7,29b	137,72 $\pm$ 14,31a	141,67 $\pm$ 18,56a
Fellendrel	1,27 $\pm$ 0,29a	1,04 $\pm$ 0,62a	1,07 $\pm$ 0,34a
2-Karen-10-al	23,14 $\pm$ 1,70a	21,99 $\pm$ 2,29ab	19,69 $\pm$ 2,59b
Eugenol	4,18 $\pm$ 0,69a	2,88 $\pm$ 0,46b	1,33 $\pm$ 0,25c
Trans-Karyofillen	0,68 $\pm$ 0,26b	1,14 $\pm$ 0,14a	0,83 $\pm$ 0,18b
Karyofillen	6,03 $\pm$ 0,54a	4,19 $\pm$ 0,43b	2,72 $\pm$ 0,29c

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarında furan bileşiği olarak sadece 2-pentil-furan belirlenmiştir. İİG sucuk gruplarında saptanan furanın Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları Tablo 50’de verilmiştir. Furan bileşikler (heterosiklik organik bileşikler) Maillard reaksiyonu, Strecker bozunumu ve tiaminin termal degradasyonu yoluyla oluşmaktadırlar (Zhao *et al.* 2021). SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen uçucu

bileşiklerden furan grubuna dahil sadece 2-pentil-furan bileşiği tespit edilmiştir. SN ilaveli grupta bu bileşik tespit edilmemiş olup kontrol ve PTKN gruplarında belirlenen değer istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamıştır (Tablo 50). 2-pentil-furan bileşiği lipit oksidasyonu (linoleik asit ve diğer ω -6 yağ asitleri) ile oluşmaktadır (Marco *et al.* 2008; Sha *et al.* 2017). Ayrıca duyuşal eşik olarak düşük değere sahip olması ve hoş aroması ile fermente sosislerde aroma oluşumuna katkı sağlamaktadır (Min *et al.* 2003; Ramirez and Cava 2007; Alarcón *et al.* 2021; Yin *et al.* 2021). Bu bileşik İİG sucuk ve diğer fermente sosis çeşitleri üzerinde yürütülen çalışmalarda da tespit edilmiştir (Kim *et al.* 2014; Kaban and Bayrak 2015; Öz *et al.* 2018; Armutçu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; Barrajo *et al.* 2022; Sallan *et al.* 2022; Yılmaz Oral and Kaban 2023a).

Tablo 50. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Furanların Duncan Çoklu Karşılaştırmalı Test Sonuçları

Furanlar	K	SN	PTKN
2-pentil-furan	0,84±0,23a	0,00±0,00b	0,57±0,28a

a-b: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazi Tozu Kaynaklı Nitrit

SN ve PTKN ile üretilen İİG sucuk gruplarında belirlenen aromatik hidrokarbonlara ait ortalamaların Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonuçları Tablo 51’de verilmiştir. Aromatik hidrokarbonların temel kaynağının farklılık gösterdiği bilinmektedir (Meynier *et al.* 1999; Çakir and Kaya 2013). Aromatik hidrokarbonlar, bol miktarda bulunmaları nedeniyle et ürünlerinin aromasında önemli bir rol oynamaktadır (Gómez and Lorenzo 2013). Mevcut bu araştırmada 1-metil,1-H-Pirrol, benzenemetanol, 4-(1-metiletil)-benzenemetanol ve 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen olmak üzere 4 aromatik hidrokarbon tespit edilmiştir. İİG sucukta sentetik veya doğal kaynaklı nitrit kullanımı 1-metil,1-H-Pirrol bileşiğinin ortalama değerini düşürmüştür. Ancak SN ve PTKN arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Bu araştırmada belirlenen 1-metil,1-H-Pirrol İİG sucuk üzerinde yürütülen diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Armutçu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; Sallan *et al.* 2022). 4-(1-metiletil)-benzenemetanol bileşiği üzerinde ise muamele faktörünün önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Buna karşın hem SN hem de PTKN 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen bileşiğinin ortalama değerini düşürmüştür. Ancak kontrol grubu ile SN grubu arasında istatistiki açıdan bir farklılık gözlenmemiştir. Nitrit kaynağının 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen üzerine etkisi önemli olup PTKN grubu SN grubuna göre daha düşük değer vermiştir. Yılmaz Oral *et al.* (2024) ise kereviz tozu kullanımının bu bileşik üzerinde önemli etkisinin olmadığını rapor etmiştir. Bu bileşik İİG sucuk üzerinde yürütülen diğer çalışmalarda da tespit edilmiştir (Armutçu *et al.* 2020; Yılmaz Oral and Kaban 2021; Yılmaz Oral and Kaban 2023b). Aromatik hidrokarbonlar grubunda yer alan benzenemetanol kontrol grubunda belirlenmemiştir.

En yüksek değer SN kullanımında belirlenmiş ve bunu PTKN grubu takip etmiştir (Tablo 49). Bu bileşik siyah havuç konsantresinin nitrit alternatifini olarak kullanıldığı çalışmada da belirlenmiştir (Ekici *et al.* 2015).

Tablo 51. SN ve PTKN ile Üretilen İİG Sucuk Örneklerinde Saptanan Aromatik Hidrokarbonların Duncan Çoklu Karşılaştırma Test Sonuçları

Aromatik Hidrokarbonlar	K	SN	PTKN
1-metil,1-H-Pirrol	0,66±0,41a	0,29±0,08b	0,16±0,03b
Benzenemetanol	0,00±0,00c	0,64±0,18a	0,39±0,10b
4-(1-metiletil)-benzenemetanol	3,21±1,32a	3,49±0,76a	2,45±0,26a
1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen	2,34±0,72a	1,77±0,59ab	1,42±0,50b

a-c: Farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak birbirinden farklıdır (P<0,05) K: Kontrol, SN: Sentetik Nitrit, PTKN: Pazı Tozu Kaynaklı Nitrit

SONUÇ

Araştırma ısıtma işlem görmüş (İİG) sucuk üretiminde kürlenme ajanı olarak pazı tozu kullanımının üretim aşamalarında pH, a_w , L^* , a^* , b^* ve TBARS değerleri ile mikrobiyolojik değişimlere ve son ürünün uçucu bileşik profili, duyu özellikleri ve kalıntı nitrit miktarına etkilerini belirlemek amacıyla kurulmuş ve yürütülmüştür. Araştırmada kontrol (nitrit ilave edilmeyen), sentetik nitrit (150 mg/kg) ve pazı tozu kaynaklı nitrit (150 mg/kg nitrite eş değer miktarda pazı tozu) olmak üzere 3 farklı formülasyon uygulanmıştır. Üretim 3 kez farklı hammaddelerle tekrarlanmış ve böylelikle toplam 9 sucuk hamuru hazırlanmıştır. Sucuk hamurları laboratuvar tipi kuterde yavaş devirde hazırlanmış ve kolajen kılıflara doldurulmuştur. Dolumdan sonra kontrollü şartlarda fermentasyon (24°C), ısıtma işlemi (iç sıcaklık 64°C) ve kurutma (16 °C) işlemleri uygulanmıştır. Sucuk hamuru ve üretim aşamalarında alınan örnekler fizikokimyasal analizlere ve mikrobiyolojik sayımlara tabii tutulmuştur. Uçucu bileşik, kalıntı nitrit ve duyu analizleri ise son üründe gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizine tabii tutulmuş, önemli bulunan ana varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanarak varılan öneriler aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır.

1. İİG sucuk ve diğer fermente sosislerde pH hem ürün güvenliği hem de ürünün duyu karakteristikleri açısından önem arz eden bir parametredir. Bu ürünlerde nitrit ise ürün güvenliği, antioksidan aktivite, antimikrobiyal ve renk açısından önemli bir katkı maddesidir. Araştırmada kontrol grubu ve SN içeren gruba ait örneklerde ortalama pH değeri açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Pazı tozu ise az da olsa ortalama pH değerini artırmıştır. Diğer taraftan sucuk hamurunda ortalama pH değeri 5,78 iken fermentasyon işleminde meydana gelen asit oluşumu ile bu değer 4,96'ya düşmüştür. Fermentasyon aşamasında ise pH değerinde artış gözlenmiştir. Bu artış az da olsa kurutma aşamasında da gerçekleşmiştir. Bununla birlikte pH değeri üzerinde nitrit kaynağı x üretim aşaması etkileşimi çok önemli düzeyde etkili olmuştur. Her bir ürün grubu üretim aşamalarında benzer bir değişim gösterse de son üründe PTKN grubu daha yüksek bir ortalama pH değeri vermiştir. Ancak bu değer Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'nde belirtilen kritere uygunluk göstermiştir. Tüm bu sonuçlara göre pazı tozu sucuk hamurunda pH olarak saptanmıştır. Bu değer İİG sucuk gibi yarı kuru fermente sosisler için verilen değerlere uygunluk göstermektedir.

2. Fermente sosislerde diğ er önemli bir parametre su aktivitesidir. Mevcut bu araştırmada kontrol grubu ile SN grubu arasında bu parametre açısından bir farklılık gözlenmemiştir. Buna karşın pazı tozu kullanımı ürünün a_w değ erinde az da olsa bir düşüşe sebep olmaktadır. Ürünün  retim aşamalarında da a_w değ erinde değ işimler gözlenmiş ve son üründe ortalama a_w değ eri 0,927 olarak belirlenmiştir. Hem sucuk hamurunda hem de üretim aşamalarında PTKN kullanılarak üretilen örnekler diğ er gruplara göre daha düşük a_w değ eri vermiştir. Ancak kurutma aşamasında diğ er aşamalara göre PTKN grubu ile diğ er gruplar arasındaki fark daha belirgin olmuştur.
3. Et  r nlerinde renk tüketicisi açısından oldukça önemli bir kalite kriteridir. Parlaklığın  l  s  olan L^* değ eri en iyi sonucu SN grubu vermiştir. Kontrol grubu ile PTKN grubunun ortalama L^* değ erleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. L^* değ eri fermentasyon aşamasında az da olsa düşüş göstermiştir. Buna karşın nitrosohemokrom oluşumundan dolayı ısıtıl işlem ve kurutma aşamalarında L^* değ eri artış göstermiştir.
4. Kırmızı renk yoğunluğunu ifade eden a^* değ eri kontrol grubunda diğ er gruplara göre daha düşük düzeyde belirlenmiştir. Nitrit içeren gruplarda ise bu değ er açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu sonuç I G sucuk üretiminde sentetik nitrit ikamesi olarak doğal nitrit kaynağı olan pazı tozunun ürünün kırmızı renk yoğunluğu açısından olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Diğ er taraftan fermentasyon aşamasında a^* değ eri artış göstermiş, diğ er aşamalarda ise az da olsa azalmıştır. Ancak istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Ancak fermentasyon, ısıtıl işlem ve kurutma aşamalarında ise SN veya PTKN içeren gruplar daha yüksek a^* değ eri vermiştir.
5. Sarı renk yoğunluğunu ifade eden b^* değ eri üzerimde pazı tozu kullanımını önemli bir etkisi olmamıştır. Üretim ilerledikçe ortalama b^* değ eri düşüş göstermiştir. Bununla birlikte sucuk hamurunda sentetik ve doğal nitrit i erene gruplar kontrol grubuna göre daha yüksek b^* değ eri vermiştir. Fermentasyon aşamasında her    grupta da b^* değ eri düşüş göstermiştir.
6. Kalıntı nitrit analizi kurutmada sonra alınan örneklerde gerçekleştirilmiştir. En düşük kalıntı nitrit seviyesi beklendiği gibi kontrol grubunda belirlenmiştir. SN ve PTKN gruplarında ise daha yüksek değ erler belirlenmiş ancak bu iki grup arasında kalıntı nitrit açısından önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu iki grupta kalıntı nitrit seviyesi 15 mg/kg'ın altında bulunmuştur. Bu sonuç pazı tozu kullanımının kalıntı nitrit üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını göstermektedir.

7. Lipid oksidasyonunun göstergesi olan TBARS değeri nitrit kullanılmayan kontrol grubunda daha yüksek bir ortalama vermiştir. PTKN grubu da kontrol grubu gibi yüksek bir ortalama değer tespit edilmiştir. Diğer taraftan üretim süresi ilerledikçe TBARS değeri artmıştır. Bununla birlikte İİG sucuk hamurunda her 3 grup da değeri açısından birbirine oldukça yakın değerler vermiştir. Fermentasyondan sonra ise gruplar arasında farklılıklar gözlenmiş ve SN grubu daha düşük değer vermiştir. Hem ısıl işlem hem de kurutma sonunda da SN grubu diğer gruplara göre daha düşük TBARS değeri göstermiştir. Bu aşamalarda PTKN grubunda kontrol grubuna göre daha düşük TBARS değeri tespit edilmiştir.
8. Son üründe gerçekleştirilen duyuusal analiz sonuçlarına göre kontrol grubu tüm parametreler açısından diğer gruplara göre daha düşük puanlarla değerlendirilmiştir. SN ve PTKN grupları arasında ise duyuusal özelliklere ait puanlar arasında önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Bu sonuç pazı tozu kullanımının duyuusal özellikler üzerinde olumsuz bir etkisinin olmadığını göstermektedir.
9. İİG sucuk ve diğer fermente sosislerde fermentasyon aşamasında laktik asit bakterilerinin yeterli, sayıda bulunması ve gelişimi teknolojik açıdan büyük önem arz etmektedir. Bu mikroorganizmalar asit üreterek ürünün güvenliğine ve duyuusal özelliklerinin gelişimine önemli katkı sağlamaktadır. En yüksek ortalama değer nitrit ilavesi olmadan hazırlanan kontrol grubunda en düşük ortalama değer ise pazı tozu ilavesi ile hazırlanan İİG sucuk gruplarında belirlenmiş ancak istatistiki açıdan tüm sucuk grupları arasında önemli bir farklılık olmamıştır. Starter kültür olarak kullanılan yerel bakteri suşu fermentasyon aşamasında iyi bir gelişme göstermiştir. Isıl işlem aşamasında ise 4 logaritmik birimlik bir redüksiyon gerçekleşmiştir. Kurutma aşamasında ise redüksiyon oranı 1 log kob/g dan daha az düzeyde olmuştur. Diğer taraftan muamele gruplarında üretim aşamalarına bağlı değişimler söz konusu olmuştur. Fermentasyon aşamasında her 3 grupta da laktik asit bakterileri iyi bir gelişim göstermiştir. Isıl işlem aşamasında SN grubunda daha fazla bir redüksiyon gözlenmiştir. Son üründe ise PTKN içeren grup yaklaşık 0,5 logaritmik birimlik bir azalma saptanmıştır.
10. Fermente sosislerde teknolojik açıdan önem arz eden diğer bir mikroorganizma grubu *Micrococcus/Staphylococcus* lardır. En yüksek ortalama sayı SN ilaveli grupta, en düşük ortalama sayı ise PTKN içeren grupta belirlenmiştir. Ancak kontrol grubu ile SN grubu arasında *Micrococcus/Staphylococcus* sayısı açısından önemli bir farklılık söz konusu olmamıştır. Bu sonuç İİG sucuk üretiminde pazı

tozu kullanımının *Micrococcus/Staphylococcus* sayısında azalmaya neden olduğunu göstermektedir. Üretim aşamalarında da bu mikroorganizmaların sayılarında değişim olmuştur. Fermentasyon aşamasında çok az bir gelişme gözlenmiştir. Isıl işlem aşamasında ise 2 logaritmik birimlik bir resüksüyon gerçekleşmiştir.

11. Fermente sosislerde *Enterobacteriaceae* familyasının üyeleri Gram (-) mikroorganizmaların hakkında bilgi veren önemli bir gruptur. Mevcut bu araştırmada sucuk hamuru da dahil tüm aşamalarda sayı belirlenebilir sınırın altında bulunmuştur. Maya küf sayısı ise fermentasyon aşamasında çok az bir değişim göstermiş ısıl işlemde ise belirlenebilir sınırın altına düşmüştür.
12. Mevcut bu çalışmada üretilen İİG sucuk gruplarında 5 alkol, 4 aldehit, 1 keton, 1 asit, 10 sülfürlü bileşik, 26 terpen, 1 furan, 4 aromatik hidrokarbon olmak üzere 8 farklı kimyasal gruba ait 52 farklı uçucu bileşik tanımlanmıştır. Bu bileşiklerden 30'u üzerinde nitrit kullanımının etkisi seviyesinde olmuştur. Diğer 8 bileşik üzerine ise bu muamele faktörü önemli seviyede etki göstermiştir.
13. Kontrol grubu ile SN ve PTKN içeren gruplar arasında etanol açısından farklılıklar söz konusu olmuş ve pazı tozu kullanımı etanol seviyesinin artmasına sebep olmuştur. Ancak PTKN grubuna ait ortalama değer kontrol grubundan farklılık göstermemiştir. Diğer taraftan pazı tozu kullanımı 1-propen-2-ol ve 2-propen-1-ol bileşiklerinin seviyesini artırırken benzenometanol bileşiğinde düşüşe neden olmuştur. Bu bileşikler kontrol grubunda ise belirlenmemiştir. Bu sonuç bu bileşiklerin ancak sentetik veya doğal kaynaklı nitrit mevcudiyetinde oluştuğunu göstermektedir.
14. İİG sucuk gruplarında 4 farklı aldehit bileşiği tanımlanmış, bu bileşiklerden asetaldehit ve heptanal bileşikleri açısından muamele grupları arasında istatistiki açıdan herhangi bir farklılık söz konusu olmamıştır. Buna karşın en yüksek hekzanal kontrol grubunda belirlenmiştir. Hekzanal hem SN hem de PTKN mevcudiyetinde düşüş göstermiştir. Ayrıca SN ve PTKN gruplarına ait ortalama değerler istatistiki açıdan önemli bir farklılık göstermemiştir. Çok fonksiyonlu bir katkı maddesi olan nitritin en önemli özelliklerinden biri antioksidan aktivite göstererek lipid oksidasyonunu geciktirmesidir. Bu sonuçlara göre nitrit kaynağından bağımsız olarak lipid oksidasyonun göstergesi olan hekzanalın seviyesinde düşüşe neden olmaktadır. Diğer bir aldehit olan nonanalın seviyesi ise pazı tozu mevcudiyetinde düşüş göstermiştir.

15. İİG sucuk gruplarında 3-hidroksi-2-bütanon olmak üzere sadece bir keton bileşiği belirlenmiştir. Nitrit kullanımı (sentetik veya doğal) bu bileşiğin seviyesini düşürmüştür. İİG sucuk örneklerinde asit olarak da sadece asetik asit belirlenmiştir. Bu bileşik açısından en yüksek ortalama değer kontrol grubunda belirlenmiştir. Nitrit (sentetik veya pazı tozu kaynaklı) mevcudiyetinde ise asetik asit miktarı düşüş göstermiştir. Bu sonuca göre doğal veya sentetik nitrit kullanımı asetik asit oluşum reaksiyonları üzerinde etkili olmaktadır.
16. Mevcut bu çalışmada 2-propanetiyol, allil merkaptan, allil metil sülfid, 1-metiltiyo-1-propen, dimetil-disülfid, 3-3'-tiyobis-1-propen, metil-2-propenil-disülfid, diallil disülfid, metil allil tiyoasetat, metil-2-propenil-trisülfid olmak üzere 10 sülfürlü bileşik belirlenmiştir. Bu bileşiklerden metil-2-propenil-disülfid, diallil disülfid ve metil-2-propenil-trisülfid açısından gruplar arasında istatistiki açıdan bir farklılık söz konusu olmamıştır. SN ve PTKN grupları arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Bu sonuç nitritin bu bileşiklerin oluşumunu arttırdığını göstermektedir. Buna karşın doğal veya sentetik nitrit allil metil sülfid ve 1-metiltiyo-1-propen bileşiklerinin seviyelerinde düşüşe neden olmuştur. Nitritli gruplar arasında ise istatistiki açıdan önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Alil merkaptan açısından ise SN grubu en yüksek değeri vermiştir.
17. İİG sucuk gruplarında 26 terpen bileşiği belirlenmiştir. Araştırmada belirlenen terpen bileşikleri içerisinde fellandral, kamfor, o- simen, kamfen ve α -thujen bileşiklerine ait ortalamalar istatistiki olarak bir farklılık göztermemiştir. Ancak diğer 21 terpen bileşiği üzerine nitrit kaynağı kullanımı etkili olmuş ve bu bileşikler içerisinde β -pinen, β -fellandren ve kumin aldehit hariç diğer tüm bileşiklerin miktarı pazı tozu kullanımı ile azalmıştır. Bununla birlikte biber terpeni olarak bilinen p-simen kontrol grubundan belirlenmemiş olup pazı tozu kullanımı bu bileşiğin miktarında da azalmaya sebep olmuştur.
18. İİG sucuk gruplarında furan olarak sadece 2-pentil-furan belirlenmiştir. SN ilaveli grupta bu bileşik tespit edilmemiş olup kontrol ve PTKN gruplarında belirlenen değer istatistiki açıdan bir farklılık oluşturmamıştır.
19. Örneklerde 1-metil,1-H-Pirrol, benzenemetanol, 4-(1-metiletil)-benzenemetanol ve 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen olmak üzere 4 aromatik hidrokarbon tespit edilmiştir. İİG sucukta sentetik veya doğal kaynaklı nitrit kullanımı 1-metil,1-H-Pirrol bileşiğinin ortalama değerini düşürmüştür. Ancak SN ve PTKN arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. 4-(1-metiletil)-benzenemetanol bileşiği üzerinde ise muamele faktörünün önemli bir etkisi gözlenmemiştir. Nitrit

kaynağının 1,2-dimetoksi-4-(2-propenil)-benzen üzerine etkisi önemli olup PTKN grubu SN grubuna göre daha düşük değer vermiştir. Diğer bir aromatik hidrokarbon olan benzenemetanol kontrol grubunda tespit edilmemiştir. En yüksek değer SN kullanımında belirlenmiş ve bunu PTKN grubu takip etmiştir.

Sonuç olarak İİG sucuk üretiminde pazı tozu kullanımının ürünün genel karakteristik özellikleri üzerinde genellikle olumsuz bir etki göstermediği, nitrit kullanılmaması durumunda ürünün karakteristik duyuşal parametrelerinde önemli düşüşlerin olduğu, pazı tozunun pek çok uçucu bileşik üzerinde etkili olduğu ancak bu etkinin ürünün duyuşal özelliklerini etkileyecek düzeyde olmadığı ve pazı tozu kullanımının kalıntı nitrit açısından bir avantaj sağlamadığı kanaatine varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Ahmad, R. S., Imran, A., & Hussain, M. B. 2018. Nutritional composition of meat. *Meat Science and Nutrition*, 61(10.5772), 61-75.
- Akköse, A., Ünal, N., Yalınkılıç, B., Kaban, G., & Kaya, M., 2017. Volatile compounds and some physico-chemical properties of pastırma produced with different nitrate levels. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17;30(8):1168–1174.
- Alahakoon, A. U., Jayasena, D. D., Ramachandra, S., & Jo, C., 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science & Technology*, 45(1), 37-49.
- Alarcón, M., Pérez-Coello, M. S., Díaz-Maroto, M. C., Alañón, M. E., García-Ruiz, A., & Soriano, A., 2021. Inactive dry yeast to improve the oxidative stability of Spanish dry-fermented sausage “salchichón”. *LWT*, 146, 111385.
- Andrade, M. J., Córdoba, J. J., Casado, E. M., Córdoba, M. G., & Rodríguez, M., 2010. Effect of selected strains of *Debaryomyces hansenii* on the volatile compound production of dry fermented sausage “salchichón”. *Meat Science*, 85(2), 256-264.
- Anonim, 2019. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği, Sayı. 30670, Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2023. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. Sayı:30699. Ankara.
- Ansari, F. A., Ali, S. N., Arif, H., Khan, A. A. & Mahmood, R., 2017. Acute oral dose of sodium nitrite induces redox imbalance, DNA damage, metabolic and histological changes in rat intestine. *PLoS One*, 12(4), e0175196.
- Ansorena, D., Gimeno, O., Astiasaran, I. & Bello, J., 2001. Analysis of volatile compounds by GC–MS of a dry fermented sausage: Chorizo de Pamplona. *Food Research International*, 34(1), 67-75.
- Ardö, Y., 2006. Flavour formation by amino acid catabolism. *Biotechnology Advances*, 24(2), 238-242.
- Armutçu, Ü., Hazar, F.Y., Yılmaz Oral, Z.F., Kaban, G. & Kaya, M., 2020. Effects of different internal temperature applications on quality properties of heat-treated sucuk during production. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 (6), 1-8.
- Aschemann-Witzel, J., Varela, P., & Peschel, A. O., 2019. Consumers’ categorization of food ingredients: Do consumers perceive them as ‘clean label’ producers expect? An exploration with projective mapping. *Food Quality and Preference*, 71, 117-128.
- Asioli, D., Aschemann-Witzel, J., Caputo, V., Vecchio, R., Annunziata, A., Næs, T., & Varela, P. 2017. Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. *Food Research International*, 99, 58-71.
- Authority, E. F. S., 2008. Nitrate in vegetables-Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food chain, *Efsa Journal*, 653, 1-13.
- Babaoğlu, A.S., 2020. Kurutulmuş bazı sebze tozlarının fermente sucuk üretiminde alternatif kürlleme ajanı olarak kullanılabilme imkanları. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, Türkiye.

- Bakhtiary, F., Sayevand, H.R., Khaneghah, A.M., Haslberger, A.G., Hosseini, H., 2018. Antibacterial efficacy of essential oils and sodium nitrite in vacuum processed beef fillet. *Appl Food Biotechnol*, 5(1): 1-10.
- Benet, I., Guàrdia, M. D., Ibañez, C., Solà, J., Arnau, J., & Roura, E., 2015. Analysis of SPME or SBSE extracted volatile compounds from cooked cured pork ham differing in intramuscular fat profiles. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 393-399.
- Bernardo, P., Patarata, L., Lorenzo, J. M. & Fraqueza, M. J., 2021. Nitrate is nitrate: The status quo of using nitrate through vegetable extracts in meat products. *Foods*, 10(12), 3019.
- Bleicher, J., Ebner, E. E., & Bak, K. H. 2022. Formation and analysis of volatile and odor compounds in meat—a review. *Molecules*, 27(19), 6703.
- Bolkent, Ş., Yanardağ, R., Tabakoğlu-Oğuz, A. & Özsoy-Saçan, Ö., 2000. Effects of chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*) extract on pancreatic B cells in streptozotocin-diabetic rats: a morphological and biochemical study. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 251-259.
- Borrajo, P., Karwowska, M., Stasiak, D. M., Lorenzo, J. M., Żyśko, M. & Solska, E. 2021. Comparison of the effect of enhancing dry fermented sausages with *Salvia hispanica* and *Nigella sativa* seed on selected physicochemical properties related to food safety during processing. *Applied Sciences*, 11(19), 9181.
- Bosse, R., Wirth, M., Konstanz, A., Becker, T., Weiss, J., & Gibis, M. 2017. Determination of volatile marker compounds in raw ham using headspace-trap gas chromatography. *Food Chemistry*, 219, 249-259.
- Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., Ghissassi, F. E., Benbrahim-Tallaa, L., Guha, N., Mattock, H., Straif, K. & Corpet, D. E., 2015. Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599–1600. [https://doi.org/10.1016/s1470-2045\(15\)00444-1](https://doi.org/10.1016/s1470-2045(15)00444-1)
- Bozkurt, H. & Bayram, M., 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. *Meat Science*, 73(2), 344-350.
- Bruna, J. M., Hierro, E. M., de la Hoz, L., Mottram, D. S., Fernández, M. & Ordóñez, J. A., 2001. The contribution of *Penicillium aurantiogriseum* to the volatile composition and sensory quality of dry fermented sausages. *Meat Science*, 59(1), 97-107.
- Burdock, G. A. & Wang, W., 2017. Our unrequited love for natural ingredients. *Food and Chemical Toxicology*, 107(Part A), 37–46.
- Candan, T. & Bağdatlı, A., 2018. Et ürünlerinde nitrit/nitrat azaltılmasına yönelik doğal uygulamalar. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7), 1382-1387.
- Cao, Q., Huang, Y., Zhu, Q. F., Song, M., Xiong, S., Manyande, A. & Du, H., 2020. The mechanism of chlorogenic acid inhibits lipid oxidation: An investigation using multi-spectroscopic methods and molecular docking. *Food Chemistry*, 333, 127528.
- Carrapiso, A. I., Martín, L., Jurado, Á. & García, C., 2010. Characterisation of the most odour-active compounds of bone tainted dry-cured Iberian ham. *Meat Science*, 85(1), 54-58.
- Cemek, M., Akkaya, L., Birdane, Y. O., Seyrek, K., Bulut, S. & Konuk, M., 2006. Nitrate and nitrite levels in fruity and natural mineral waters marketed in western Turkey. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3–4), 236–240.
- Chizzolini, R., Novelli, E. & Zanardi, E., 1998. Oxidation in traditional Mediterranean meat products. *Meat Science*, 49, S87-S99.

- Choi, Y. S., Kim, T. K., Jeon, K. H., Park, J. D., Kim, H. W., Hwang, K. E. & Kim, Y. B., 2017. Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(2), 288.
- Connolly, D. & Paull, B., 2001. Rapid determination of nitrate and nitrite in drinking water samples using ion-interaction liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 441(1), 53-62.
- Çakir, B. & Kaya, M., 2013. Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk. *Fleischwirtschaft international: Journal for Meat Production and Meat Processing*, (5), 69-74.
- Çakir, M. A., Kaya, M. & Kaban, G., 2013. Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk. *Fleischwirtschaft International*, 5, 69-74.
- Çalışkan, Z., Dinçoğlu, A. H., Şen, E., Yurdakul, O., Keyvan, E. & Kahraman, H. A., 2024. Production of Functional Fermented Sausage from Goat Meat with the Addition of Lactulose, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacterium animalis*. *Dicle Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(Özel Sayı (1)), 1-10.
- Dalmış, Ü., 2007. Sucukta Üretim ve Depolama Sırasında Meydana Gelen Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Değişmeler. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.
- Dalzini, E., Merigo, D., Caproli, A., Monastero, P., Cosciani-Cunico, E., Losio, M.N., Daminelli, P., 2022. Inactivation of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella* spp. in Milano-Type Salami Made with Alternative Formulations to the Use of Synthetic Nitrates/Nitrites. *Microorganisms*, 10 (3), 562.
- de Carvalho, F. A. L., Munekata, P. E., de Oliveira, A. L., Pateiro, M., Domínguez, R., Trindade, M. A. & Lorenzo, J. M., 2020. Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. *Food Research International*, 136, 109487.
- De Maere, H., Chollet, S., De Brabanter, J., Michiels, C., Paelinck, H. & Fraeye, I., 2018. Influence of meat source, pH and production time on zinc protoporphyrin IX formation as natural colouring agent in nitrite-free dry fermented sausages. *Meat Science*, 135, 46-53.
- De Maere, H., Fraeye, I., De Mey, E., Dewulf, L., Michiels, C., Paelinck, H. & Chollet, S., 2016. Formation of naturally occurring pigments during the production of nitrite-free dry fermented sausages. *Meat Science*, 114, 1-7.
- De Mey, E., De Maere, H., Paelinck, H. & Fraeye, I., 2017. Volatile N-nitrosamines in meat products: Potential precursors, influence of processing, and mitigation strategies. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2909-2923.
- de Oliveira, T. L. C., de Carvalho, S. M., de Araújo Soares, R., Andrade, M. A., das Graças Cardoso, M., Ramos, E. M. & Piccoli, R. H., 2012. Antioxidant effects of *Satureja montana* L. essential oil on TBARS and color of mortadella-type sausages formulated with different levels of sodium nitrite. *LWT-Food Science and Technology*, 45(2), 204-212.
- Deda, M.S., Bloukas, J.G. & Fista, G.A., 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. *Meat Science*, 76 (3): 501-508.

- Delgado-Pando, G., Ekonomou, S. I., Stratakos, A. C. & Pintado, T., 2021. Clean label alternatives in meat products. *Foods*, 10(7), 1615.
- Devatkal, S. K., Narsaiah, K. & Borah, A., 2010. Anti-oxidant effect of extracts of kinnow rind, pomegranate rind and seed powders in cooked goat meat patties. *Meat Science*, 85(1), 155-159.
- Di Cagno, R., Lòpez, C. C., Tofalo, R., Gallo, G., De Angelis, M., Paparella, A., Hammes, W. P. & Gobbetti, M., 2008. Comparison of the compositional, microbiological, biochemical and volatile profile characteristics of three Italian PDO fermented sausages. *Meat Science*, 79(2), 224–235. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.09.006>
- Djeri, N. & Williams, S. K., 2014. Celery juice powder used as nitrite substitute in sliced vacuum-packaged turkey bologna stored at 4C for 10 weeks under retail display light. *Journal of Food Quality*, 37(5), 361-370.
- Domínguez, R., Purriños, L., Pérez-Santaescolástica, C., Pateiro, M., Barba, F. J., Tomasevic, I., Campagnol, P. C. B. & Lorenzo, J. M., 2019. Characterization of volatile compounds of Dry-Cured meat products using HS-SPME-GC/MS technique. *Food Analytical Methods*, 12(6), 1263–1284. <https://doi.org/10.1007/s12161-019-01491-x>
- Doolaeghe, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., Meulenaer, B.D., Verhe, R., Paelinck, H., De Smet, S., 2012. Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, color stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pates. *Meat Science*, 90 (4): 925-931.
- Drosinos, E.H., Mataragas, M., Xiraphi, N., Moschonas, G., Gaitis, F., Metaxopoulos, J., 2005. Characterization of the microbial flora from a traditional Greek fermented sausage. *Meat Science* 69, 307-317.
- EFSA, 2017. Potasyum nitrit (E 249) ve sodyum nitritin (E 250) gıda katkı maddesi olarak yeniden değerlendirilmesi. *Sci. Opin. EFSA J*, 15, 4786.
- Eisinaité, V., Tamkutė, L., Vinauskienė, R. & Leskauskaitė, D., 2020. Freeze-dried celery as an indirect source of nitrate in cold-smoked sausages: Effect on safety and color formation. *LWT*, 129, 109586.
- Ekici, L., Ozturk, I., Karaman, S., Caliskan, O., Tornuk, F., Sagdic, O. & Yetim, H., 2015. Effects of black carrot concentrate on some physicochemical, textural, bioactive, aroma and sensory properties of sucuk, a traditional Turkish dry-fermented sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 62(1), 718-726.
- Ercoşkun, H. & Ertaş, A. H., 2003. Fermente et ürünlerinin lezzet bileşenleri ve oluşumları. *Gıda Müh Derg*, 7(16), 38-45.
- Ercoşkun, H. & Özkal, S. G., 2011. Kinetics of traditional Turkish sausage quality aspects during fermentation. *Food Control*, 22(2), 165-172.
- Ercoşkun, H., 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkileri, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- 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.
- Erdoğan, Ö. & Ergün, Ö., 2005. Kahramanmaraş piyasasında tüketilen sucukların bazı fiziksel, kimyasal, duyu ve mikrobiyolojik özellikleri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 31(1), 55-65.
- Erkkilä, S. & Petäjä, E., 2000. Screening of commercial meat starter cultures at low pH and in the presence of bile salts for potential probiotic use. *Meat Science*, 55(3), 297-300.

- Essid, I. & Hassouna, H., 2013. Effect of inoculation of selected *Staphylococcus xylosus* and *Lactobacillus plantarum* strains on biochemical, microbiological and textural characteristics of a Tunisian dry fermented sausage. *Food Control* 32(2),707-714.
- Eyiler, E. & Oztan, A., 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT-Food Science and Technology*, 44(1), 307-311.
- Ferysiuk, K. & Wójciak, K. M., 2020. Reduction of nitrite in meat products through the application of various plant-based ingredients. *Antioxidants*, 9(8), 711.
- Flores, M., 2023. The eating quality of meat: III—Flavor. In *Lawrie's meat science* (pp. 421-455). Woodhead Publishing.
- Flores, M., Durá, M. A., Marco, A. & Toldrá, F., 2004. Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat Science*, 68(3), 439-446.
- Fonseca, S., Cachaldora, A., Gomez, M., Franco, I. & Carballo, J., 2013. Effect of different autochthonous starter cultures on the volatile compounds profile and sensory properties of Galician chorizo, a traditional Spanish dry fermented sausage. *Food Control*, 33(1), 6-14.
- Gallego-Restrepo, J.A., Ochoa, O.A. & Pérez-Alvarez, J.A., 2013, Use of celery extract and starter culture (*Staphylococcus carnosus*) as an alternative sources of sodium nitrite in cooked ham: influence upon colour, *Journal of Meat Science and Technology*, 1(1):12–20.
- Gamba, M., Raguindin, P. F., Asllanaj, E., Merlo, F., Glisic, M., Minder, B., ... & Muka, T., 2021. Bioactive compounds and nutritional composition of Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. *cicla* and *flavescens*): a systematic review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(20), 3465-3480.
- Gao, Z. J., Han, X. H., & Xiao, X. G., 2009. Purification and characterisation of polyphenol oxidase from red Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cicla*) leaves. *Food Chemistry*, 117(2), 342-348.
- García-González, D. L., Tena, N., Aparicio-Ruiz, R. & Morales, M. T., 2008. Relationship between sensory attributes and volatile compounds qualifying dry-cured hams. *Meat Science*, 80(2), 315-325.
- Gassara, F., Kouassi, A. P., Brar, S. K. & Belkacemi, K., 2016. Green alternatives to nitrates and nitrites in meat-based products—a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(13), 2133-2148.
- Gennari, L., Felletti, M., Blasa, M., Angelino, D., Celeghini, C., Corallini, A. & Ninfali, P., 2011. Total extract of *Beta vulgaris* var. *cicla* seeds versus its purified phenolic components: antioxidant activities and antiproliferative effects against colon cancer cells. *Phytochemical Analysis*, 22(3), 272-279.
- Gimeno, O., Astiasaran, I. & Bello, J., 2001. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on microbiological evolution of dry fermented sausages. *Food Microbiology*, 18, 329-334.
- Gloria, A. M., 1997. Chicana academic persistence: Creating a university-based community. *Education and Urban Society*, 30(1), 107-121.
- Gómez, M., & Lorenzo, J. M., 2013. Effect of fat level on physicochemical, volatile compounds and sensory characteristics of dry-ripened “chorizo” from Celta pig breed. *Meat Science*, 95(3), 658-666.

- González, B., & Díez, V., 2002. The effect of nitrite and starter culture on microbiological quality of “chorizo” a Spanish dry cured sausage. *Meat Science*, 60(3), 295-298.
- Govari, M., & Pexara, A., 2015. Nitrates and Nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(3), 127-140.
- Gökalp, H. Y., Ercoşkun, H. & Çon, A. H., 1998. Fermente et ürünlerinde bazı biyokimyasal reaksiyonlar ve aroma üzerine etkileri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(3), 805-811.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. & Zorba, Ö., 2012. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği Atatürk Üniversitesi Yayın No:786, Ziraat Fak. Yayın No: 320, Ders Kitapları Serisi No:70, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ofset Tesisi, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M., Tülek, Y. & Zorba, Ö., 2004. Et Ürünleri İşleme Mühendisliği. (5. Baskı). Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yay. No: 70, Erzurum. 468.
- Greer, F. R. & Shannon, M., 2005. Committee on Nutrition, & Committee on Environmental Health.. Infant methemoglobinemia: the role of dietary nitrate in food and water. *Pediatrics*, 116(3), 784-786.
- Gutsche, K. A., Tran, T. B. T. & Vogel, R. F., 2012. Production of volatile compounds by *Lactobacillus sakei* from branched chain α -keto acids. *Food Microbiology*, 29(2), 224-228.
- Hamdi, M., Nasri, R., Dridi, N., Moussa, H., Ashour, L. & Nasri, M., 2018. Improvement of the quality and the shelf life of reduced-nitrites turkey meat sausages incorporated with carotenoproteins from blue crabs shells. *Food Control*, 9: 148-159.
- 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.
- Hayes, J. E., Canonico, I. & Allen, P., 2013. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. *Meat Science*, 95(3), 755-762.
- Herencia, J. F., Ruiz-Porras, J. C., Melero, S., Garcia-Galavis, P. A., Morillo, E. & Maqueda, C., 2007. Comparison between organic and mineral fertilization for soil fertility levels, crop macronutrient concentrations, and yield. *Agronomy Journal*, 99(4), 973-983.
- Herrmann, S. S., Granby, K. & Duedahl-Olesen, L., 2015. 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 products. *Meat Science*, 78(1-2), 68-76.
- Horsch, A.M., Sebranek, J.G., Dickson, J.S., Niebuhr, S.E., Larson, E.M., Lavieri, N.A. & Wilson, L.A., 2014. “The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*” *Meat Science*, 96(1), 400-407.
- Hospital, X. F., Carballo, J., Fernández, M., Arnau, J., Gratacós, M. & Hierro, E., 2015. Technological implications of reducing nitrate and nitrite levels in dry-fermented sausages: Typical microbiota, residual nitrate and nitrite and volatile profile. *Food Control*, 57, 275-281.
- Hospital, X. F., Hierro, E. & Fernández, M., 2012. Survival of *Listeria innocua* in dry fermented sausages and changes in the typical microbiota and volatile profile as affected by the concentration of nitrate and nitrite. *International Journal of Food Microbiology*, 153(3), 395-401.

- Hospital, X. F., Hierro, E. & Fernandez, M., 2014. Effect of reducing nitrate and nitrite added to dry fermented sausages on the survival of Salmonella Typhimurium. *Food Research International*, 62, 410-415.
- Hwang, K. E., Choi, Y. S., Song, D. H., Kim, Y. J., Ham, Y. K., Jeong, J. Y. & Kim, C. J., 2016. Use of swiss chard extracts and starter culture as a natural nitrite in cooked pork patty. In *62nd International Congress of Meat Science and Technology* (pp. 1-3).
- Hwang, K. E., Kim, T. K., Kim, H. W., Seo, D. H., Kim, Y. B., Jeon, K. H. & Choi, Y. S., 2018. Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(8), 1358.
- Işıksal, S., 2021. Sucuk üretiminde bitkisel kaynaklı nitrat kullanımı. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Ivanović, L., Milašević, I., Topalović, A., Đurović, D., Mugoša, B., Knežević, M. & Vrvic, M., 2019. Nutritional and phytochemical content of Swiss chard from Montenegro, under different fertilization and irrigation treatments. *British Food Journal*, 121(2), 411-425.
- Jeong, J. Y., Bae, S. M., Yoon, J., hun Jeong, D. & Gwak, S. H., 2020. Investigating the effects of Chinese cabbage powder as an alternative nitrate source on cured color development of ground pork sausages. *Food Science of Animal Resources*, 40(6), 990.
- Jin, S. K., Choi, J. S., Yang, H. S., Park, T. S. & Yim, D. G., 2018. Natural curing agents as nitrite alternatives and their effects on the physicochemical, microbiological properties and sensory evaluation of sausages during storage. *Meat Science*, 146, 34-40.
- Jo, K., Lee, S., Yong, H.I., Choi, Y.S. & Jung, S., 2020. Nitrite sources for cured meat products. *LWT*, 129, 109583.
- Judijanto, L. & Solihah, E., 2024. Balanced Nutrition Program: Improving The Quality Of Life Of People Through A Holistic Nutrition Policy. *Zahra: Journal Of Health And Medical Research*, 4(2), 243-255.
- Kaban, G., 2009. Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastırma processing. *Meat Science*, 82(1), 17-23.
- Kaban, G., 2010. Volatile compounds of traditional Turkish dry fermented sausage (sucuk). *International Journal of Food Properties*, 13(3), 525-534.
- Kaban, G., 2013. Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science*, 95(4), 912-918.
- Kaban, G. & Bayrak, D., 2015. The Effects of Using Turkey Meat on Qualitative Properties of Heat-Treated Sucuk. *Czech Journal of Food Sciences*, 33(4).
- Kaban, G. & Kaya, M., 2009a. Effects of Staphylococcus carnosus on Quality Characteristics of Sucuk (Turkish Dry-Fermented Sausage) During Ripening, *Food Science and Biotechnology*, 18(1), 150-156.
- Kaban, G. & Kaya, M., 2009b. Effects of Lactobacillus plantarum and Staphylococcus xylosus on the Quality Characteristics of Dry Fermented Sausage "Sucuk". *Journal of Food Science*, 74(1), S58-S63.
- Kaban, G. & Kaya, M., 2010. Farklı Proses Şartlarında Olgunlaştırılan Sucukların Uçucu Bileşikleri ve Diğer Kalitatif Özellikleri, TÜBİTAK TOVAG 107 O 769 no'lu Proje Sonuç Raporu.
- Kargozari, M., Moini, S., Basti, A. A., Emam-Djomeh, Z., Gandomi, H., Martin, I. R., Ghasemlou, M. & Carbonell-Barrachina, Á. A., 2014. Effect of autochthonous starter

- cultures isolated from Siahmazgi cheese on physicochemical, microbiological and volatile compound profiles and sensorial attributes of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage. *Meat Science*, 97(1), 104–114. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.01.013>
- Karwowska, M. & Kononiuk, A., 2020. Nitrates/nitrites in food risk for nitrosative stress and benefits. *Antioxidants* (basel, Switzerland), 9(3), 241.
- Kaya, M. & Kaban, G., 2010. Et Ürünleri Teknolojisi (2.Bölüm), Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü. Anadolu Üniversitesi, Yayın No 2080. Açıköğretim Fakültesi, Yayın No 1114, Eskişehir
- Kaya, M. & Kaban, G., 2016. Fermente et ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi, Editör: Necla Aran, Nobel Yayıncılık, İstanbul, 157-190.
- Kaya, M. & Kaban, M., 2019. Fermente Et Ürünleri. Gıda Biyoteknolojisi. Ed: Necla ARAN, ss.157- 195, 7. Basım, ISBN: 978-605-133-134-8, Nobel Yayıncılık, İstanbul.
- Kaya, M., & Gökalp, H. Y., 2004. The effects of starter cultures and different nitrite doses on the growth of *Listeria monocytogenes* in sucuk production. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 28(6), 1121-1127.
- Kaya, M. & Kaban, G. 2024. Volatile Compounds of Sucuk, a Dry Fermented Sausage: The Effects of Ripening Rate, Autochthonous Starter Cultures and Fat Type. *Foods*, 13(23), 3839.
- Kaya, M., Güllüce, M., Kaban, G., Çınar, K., Karadayı, M., Bozoğlu, C., Sayın, B. & Alaylar, B., 2015. Geleneksel sucuklardan izole edilen laktik asit bakterisi ve koagülaz negatif stafilokok suşlarının starter kültür olarak kullanım imkânları. TAGEM-13/ARGE/7 (Gelişme Raporu), Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Kayaardı, S. & Gök, V., 2004. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). *Meat Science*, 66(1), 249-257.
- Keto-Timonen, R., Lindström, M., Puolanne, E., Niemistö, M. & Korkeala, H., 2012. Inhibition of toxigenesis of group II (nonproteolytic) *Clostridium botulinum* type B in meat products by using a reduced level of nitrite. *Journal of Food Protection*, 75(7), 1346-1349. Food Protection
- Khan, M. I., Jo, C. & Tariq, M. R., 2015. Meat flavor precursors and factors influencing flavor precursors A systematic review. *Meat Science*, 110, 278-284.
- Kılıç, B. & Richards, M., 2003. Lipid oxidation in poultry döner kebab: Pro-oxidative and anti-oxidative factors. *Journal of Food Science*, 68(2), 1-5.
- Kim, T. K., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, Y. B., Paik, H. D. & Choi, Y. S., 2019. Effects of natural nitrite source from Swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(12), 1933.
- Kim, T., Kim, Y., Jeon, K., Park, J., Sung, J., Choi, H., Hwang, K. & Choi, Y., 2017. Effect of fermented spinach as sources of Pre-Converted nitrite on color development of cured pork Loin. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(1), 105–113. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.1.105>
- Kim, Y. J., Park, S. Y., Lee, H. C., Yoo, S. S., Oh, S. J., Kim, H. S. & Chin, K. B., 2014. Evaluation of fermented sausages manufactured with reduced-fat and functional starter cultures on physicochemical, functional and flavor characteristics. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(3), 346.
- Ko, Y. M., Park, J. H. & Yoon, K. S., 2017. Nitrite formation from vegetable sources and its use as a preservative in cooked sausage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(6), 1774-1783.

- Kolota, E., Sowinska, K. A. & Czerniak, K., 2010. Yield and nutritional value of Swiss chard grown for summer and autumn harvest. *Journal of Agricultural Science*, 2(4). <https://doi.org/10.5539/jas.v2n4p120>
- Kosowska, M., A Majcher, M. & Fortuna, T., 2017. Volatile compounds in meat and meat products. *Food Science and Technology*, 37, 1-7.
- Köseoğlu, İ.E., 2014. Çeşitli et ürünlerinde üretim aşamalarının yağ asidi bileşimi ve yağ oksidasyonu üzerine etkisi (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Krause, B. L., Sebranek, J. G., 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 Science*, 89(4), 507-513.
- Kurćubić, V. S., Mašković, P. Z., Vujić, J. M., Vranić, D. V., Vesković-Moračanin, S. M., Okanović, Đ. G. & Lilić, S. V., 2014. Antioxidant and antimicrobial activity of Kitaibelia vitifolia extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. *Meat Science*, 97(4), 459-467.
- Leroy, F. & De Vuyst, L., 2004. Lactic acid bacteria as functional starter cultures for the food fermentation industry. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 67-78.
- Leroy, F., Geyzen, A., Janssens, M., De Vuyst, L. & Scholliers, P., 2013. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition: A historical outlook. *Trends in Food Science & Technology*, 31(2), 130-137.
- Liaros, N. G., Katsanidis, E. & Bloukas, J. G., 2009. Effect of ripening time under vacuum and packaging film permeability on processing and quality characteristics of low-fat fermented sausages. *Meat Science*, 83, 589-598.
- Liu, C., Li, P., Yue, L., Guo, Y., Fan, X., Li, P., Ma, L. & Kong, B., 2014, Determining the impact of celery powder and starter culture on quality of indirectly cured, emulsified cooked sausages, *Advanced Materials Research*, 1033-1034:781-785
- Lorenzo, J. M. & Carballo, J., 2015. Changes in physico-chemical properties and volatile compounds throughout the manufacturing process of dry-cured foal loin. *Meat Science*, 99, 44-51.
- Lorenzo, J. M. & Franco, D., 2012. Fat effect on physico-chemical, microbial and textural changes through the manufactured of dry-cured foal sausage lipolysis, proteolysis and sensory properties. *Meat Science*, 92, 704-714.
- Lorenzo, J. M., Gómez, M., Purriños, L. & Fonseca, S., 2016. Effect of commercial starter cultures on volatile compound profile and sensory characteristics of dry-cured foal sausage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(4), 1194-1201.
- Luna, G., Aparicio, R. & García-González, D. L., 2006. A tentative characterization of white dry-cured hams from Teruel (Spain) by SPME-GC. *Food Chemistry*, 97(4), 621-630.
- Lücke, F.K. and Hechelmann, H., 1985. "Starterkulturen für Rohwurst und Rohschinken: Zusammensetzung und Wirkung" pp. 193-218. In: Mikrobiologie und Qualität von Rohwurst und Rohschinken. Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach.
- Ma, X., Zhan, P., Tian, H., Wei, Z. & Wang, P., 2020. Effects of different enzymatic hydrolyses of mutton tallow on the aroma characteristics of the Maillard reaction of xylose-cysteine based on GC-MS, E-nose, and statistical analysis. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 122(3), 1900212.
- Magrinyà, N., Bou, R., Rius, N., Codony, R. & Guardiola, F., 2012, Effect of fermentation time and vegetable concentrate addition on quality parameters of organic Botifarra catalana,

- a cured-cooked sausage, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(27):6882–6890
- Majou, D. & Christeians, S., 2018. Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. *Meat Science*, 145, 273-284.
- Marco, A., Navarro, J.L. & Flores, M., 2008. The sensory quality of dry fermented sausages as affected by fermentation stage and curing agents. *European Food Research and Technology*, 226(3), 449-458.
- Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J. A. & Roncalés, P., 2007. Effect of illumination on the display life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere. Influence of the addition of rosemary, ascorbic acid and black pepper. *Meat Science*, 75(3), 443-450.
- Martínez-Onandi, N., Rivas-Cañedo, A., Ávila, M., Garde, S., Nuñez, M. & Picon, A., 2017. Influence of physicochemical characteristics and high pressure processing on the volatile fraction of Iberian dry-cured ham. *Meat Science*, 131, 40-47.
- Masuda, T., Inai, M., Miura, Y., Masuda, A. & Yamauchi, S., 2013. Effect of polyphenols on oxymyoglobin oxidation: Prooxidant activity of polyphenols in vitro and inhibition by amino acids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(5), 1097-1104.
- Matallana Gonzalez, M. C., Martinez-Tome, M. J. & Torija Isasa, M. E., 2010. Nitrate and nitrite content in organically cultivated vegetables. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 3(1), 19-29.
- Meynier, A., Novelli, E., Chizzolini, R., Zanardi, E. & Gandemer, G., 1999. Volatile compounds of commercial Milano salami. *Meat Science*, 51(2), 175-183.
- Min, B. R., Nam, K. C., Cordray, J. C. & Ahn, D. U., 2008. Factors affecting oxidative stability of pork, beef, and chicken meat. *Iowa State University Animal Industry Report*, 5(1).
- Min, D. B., Callison, A. L. & Lee, H. O., 2003. Singlet oxygen oxidation for 2-pentylfuran and 2-pentenylfuran formation in soybean oil. *Journal of Food Science*, 68(4), 1175-1178.
- Misharina, T. A., Andreenkov, V. A. & Vashchuk, E. A., 2001. Changes in the composition of volatile compounds during aging of dry-cured sausages. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37, 413-418.
- Møller, J. K., Jongberg, S. & Skibsted, L. H., 2014. Color. *Handbook of fermented meat and poultry*, 195-205.
- Montanari, C., Gatto, V., Torriani, S., Barbieri, F., Bargossi, E., Lanciotti, R., Grazia, L., Magnani, R., Tabanelli, G. & Gardini, F., 2018. Effects of the diameter on physico-chemical, microbiological and volatile profile in dry fermented sausages produced with two different starter cultures. *Food Bioscience*, 22, 9–18. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.013>
- Montel, M.C., Mason, F. & Talon, R., 1998. Bacterial role in flavour development. *Meat Science*, 49, S111-S123.
- Mottram, D. S., 1998. Flavour formation in meat and meat products: a review. *Food Chemistry*, 62(4), 415-424.
- Mzoughi, Z., Chahdoura, H., Chakroun, Y., Cámara, M., Fernández-Ruiz, V., Morales, P., Mosbah, H., Flamini, G., Snoussi, M. & Majdoub, H., 2019. Wild edible Swiss chard leaves (*Beta vulgaris* L. var. *cicla*): Nutritional, phytochemical composition and biological activities. *Food Research International*, 119, 612–621. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.039>

- Ninfali, P. & Angelino, D., 2013. Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra. *Fitoterapia*, 89, 188-199.
- Nollet, L. M. & Toldrá, F., 2006. *Advanced technologies for meat processing*. CRC press.
- Norton, T., Delgado, A., Hogan, E., Grace, P. & Sun, D. W., 2009. Simulation of high pressure freezing processes by enthalpy method. *Journal of Food Engineering*, 91(2), 260-268.
- Nunes, C., Coimbra, M. A., Saraiva, J. & Rocha, S. M., 2008. Study of the volatile components of a candied plum and estimation of their contribution to the aroma. *Food Chemistry*, 111(4), 897-905.
- Olesen, P. T., Meyer, A. S. & Stahnke, L. H., 2004. Generation of flavour compounds in fermented sausages the influence of curing ingredients, Staphylococcus starter culture and ripening time. *Meat Science*, 66(3), 675-687.
- Olivares, A., Navarro, J. L. & Flores, M., 2009. Establishment of the contribution of volatile compounds to the aroma of fermented sausages at different stages of processing and storage. *Food Chemistry*, 115(4), 1464-1472.
- Olivares, A., Navarro, J. L. & Flores, M., 2011. Effect of fat content on aroma generation during processing of dry fermented sausages. *Meat Science*, 87, 264-273.
- Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M. & Hoz, L. D. L., 1999. Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 39(4), 329-367.
- Ozaki, M. M., Santos, M. D., Ribeiro, W. O., De Azambuja Ferreira, N. C., Picone, C. S. F., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. & Pollonio, M. A. R., 2021b. Radish powder and oregano essential oil as nitrite substitutes in fermented cooked sausages. *Food Research International*, 140, 109855. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109855>
- Ozaki, M. M., Munekata, P. E., de Souza Lopes, A., do Nascimento, M. D. S., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. & Pollonio, M. A. R., 2020. Using chitosan and radish powder to improve stability of fermented cooked sausages. *Meat Science*, 167, 108165.
- Ozaki, M. M., Munekata, P. E., Jacinto-Valderrama, R. A., Efraim, P., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. & Pollonio, M. A. R., 2021a. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. *Meat Science*, 171, 108275.
- Öz, E., Kabil, E., Kaban, G. & Kaya, M., 2018. Effect of autochthonous *Pediococcus acidilactici* on volatile profile and some properties of heat-treated sucuk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(9), e13752.
- Öztürk, B., Serdaroğlu, M. & Ergezer, H., 2015. Et ve et ürünlerinde nitrit-nitrat; kullanım avantajları, yasal sınırlamalar ve güncel alternatif yaklaşımlar. *Akademik Gıda*, 13(3), 257-264.
- Öztürk-Kerimoğlu, B. & Serdaroğlu, M., 2020. Residual Nitrite Content of heat-treated sucuk as affected by chard powder incorporation and processing. *GIDA/The Journal of FOOD*, 45 (4).
- Palamutoğlu, R. & Sariçoban, C., 2012. Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kürleme maddeleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 46-58.
- Parks, S., Huett, D., Campbell, L. & Spohr, L., 2008. Nitrate and nitrite in Australian leafy vegetables, *Australian Journal of Agricultural Research*, 59 (7), 632-638.
- Parthasarathy, D. K. & Bryan, N. S., 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Science*, 92(3), 274-279.

- Pegg, R. B. & Shahidi, F., 2006. Processing of nitrite-free cured meats. *Food science and technology-new york-marcel dekker-*, 158, 309.
- Pegg, R. B. & Shahidi, F., 2008. *Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives*. John Wiley & Sons.
- Pennisi, L., Verrocchi, E., Paludi, D. & Vergara, A., 2020. Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage. *Italian Journal of Food Safety*, 9(2), 8422.
- Pérez Shahidi, F. & Pegg, R., 1994. Hexanal as an Indicator of Flavour Deterioration of Meat and Meat Products. American Chemical Society Symposium Series 558. *Lipids in Food Flavors*. 256-281. Denver, Colorado, U.S.A
- Pérez-Alvarez, J. A., Sayas-Barberá, M. E., Fernández-López, J. & Aranda-Catalá, V., 1999. Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. *Food Research International*, 32(9), 599-607.
- Petričević, S., Radović, N. M., Lukić, K., Listeš, E. & Medić, H., 2018. Differentiation of dry-cured hams from different processing methods by means of volatile compounds, physico-chemical and sensory analysis. *Meat Science*, 137, 217-227.
- Ponce, A. G., Fritz, R., Del Valle, C. & Roura, S. I., 2003. Antimicrobial activity of essential oils on the native microflora of organic Swiss chard. *LWT-Food Science and Technology*, 36(7), 679-684.
- Posthuma, J. A., Rasmussen, F. D. & Sullivan, G. A., 2018. Effects of nitrite source, reducing compounds, and holding time on cured color development in a cured meat model system. *LWT*, 95, 47-50.
- Pradhan, A. K., Ivanek, R., Grohn, Y. T., Geornaras, I., Sofos, J. N. & Wiedmann, M., 2009. Quantitative risk assessment for *Listeria monocytogenes* in selected categories of deli meats: impact of lactate and diacetate on listeriosis cases and deaths. *Journal of Food Protection*, 72(12), 978e989.
- Pyo, Y. H., Lee, T. C., Logendra, L. & Rosen, R. T., 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of Swiss chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*) extracts. *Food Chemistry*, 85(1), 19-26.
- Ramírez, R. & Cava, R., 2007. Volatile profiles of dry-cured meat products from three different Iberian X Duroc genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(5), 1923-1931.
- Riel, G., Boulaaba, A., Popp, J. & Klein, G., 2017. Effects of parsley extract powder as an alternative for the direct addition of sodium nitrite in the production of mortadella-type sausages—Impact on microbiological, physicochemical and sensory aspects. *Meat Science*, 131, 166-175.
- Rivas-Cañedo, A., Nuñez, M. & Fernández-García, E., 2009. Volatile compounds in Spanish dry-fermented sausage ‘salchichón’ subjected to high pressure processing. Effect of the packaging material. *Meat Science*, 83(4), 620-626.
- Ruiz-Capillas, C., Tahmouzi, S., Triki, M., Rodríguez-Salas, L., Jiménez-Colmenero, F. & Herrero, A. M., 2015. Nitrite-free Asian hot dog sausages reformulated with nitrite replacers. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 4333-4341.
- Sallan, S., Kaban, G. & Kaya, M., 2019. Nitrosamines in Sucuk: Effects of black pepper, sodium ascorbate and cooking level. *Food Chemistry*, 288, 341-346.
- Sallan, S., Kaban, G. & Kaya, M., 2022. The effects of nitrite, sodium ascorbate and starter culture on volatile compounds of a semi-dry fermented sausage. *LWT*, 153, 112540.

- Sallan, S., Kaban, G., Şişik Oğraş, Ş., Çelik, M. & Kaya, M., 2020. Nitrosamine formation in a semi-dry fermented sausage: Effects of nitrite, ascorbate and starter culture and role of cooking. *Meat Science*, 159, 1-7.
- Sánchez-Peña, C. M., Luna, G., García-González, D. L. & Aparicio, R., 2005. Characterization of French and Spanish dry-cured hams: influence of the volatiles from the muscles and the subcutaneous fat quantified by SPME-GC. *Meat Science*, 69(4), 635-645.
- Santamaria, P., 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- Saputro, E., Bintoro, V.P. & Pramono, Y.B., 2016, Color, pigment and residual nitrite of dendeng sapi naturally cured at various level of celery leaves and incubation temperatures, *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture*, 41(2):99–105
- Sarı, B., 2021. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Formülasyonlarında Nitrite Alternatif Doğal Katkıların Kullanımının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İzmir.
- Sebranek, J. G., 2009. Basic curing ingredients. *Ingredients in meat products: Properties, functionality and applications*, 1-23.
- Sebranek, J. G. & Bacus, J. N., 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat science*, 77(1), 136-147.
- Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A. L., Myers, K. L. & Lavieri, N. A., 2012. Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States. *Meat Science*, 92(3), 267-273.
- Sha, K., Lang, Y., Sun, B., Su, H., Li, H., Zhang, L., Lei, Y., Li, H. & Zhang, Y., 2017. Changes in Lipid Oxidation, Fatty Acid Profile and Volatile Compounds of Traditional Kazakh Dry-Cured Beef during Processing and Storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(4), e13059. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13059>
- Shin, D.M., Hwang, K.E., Lee, C.W., Kim, T.K., Park, Y.S. & Han, S.G., 2017. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. *cicla*) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 418-428.
- Sidira, M., Kandyliş, P., Kanellaki, M. & Kourkoutas, Y., 2015. Effect of immobilized *Lactobacillus casei* on volatile compounds of heat treated probiotic dry-fermented sausages. *Food Chemistry*, 178, 201-207.
- Sindelar, J. J. & Milkowski, A. L., 2011. Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: a review of curing and examining the risk/benefit of its use. *American Meat Science Association White Paper Series*, 3, 1-14.
- Sindelar, J. J. & Milkowski, A. L., 2012. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric oxide*, 26(4), 259-266.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. & Ahn, D. U., 2007c. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), S388-S395.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. & Ahn, D. U., 2007b. Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham. *Journal of Food Science*, 72(6), S388-S395.

- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. & Ahn, D. U., 2007a. Effects of vegetable juice powder concentration and storage time on some chemical and sensory quality attributes of uncured, emulsified cooked sausages. *Journal of Food Science*, 72(5), S324-S332.
- Sohail, A., Al-Dalali, S., Wang, J., Xie, J., Shakoor, A., Asimi, S., ... & Patil, P., 2022. Aroma compounds identified in cooked meat: A review. *Food Research International*, 157, 111385.
- Soyer, A. & Ertas, A. H., 2007. Effects of fat level and storage time on lipid and color stability of naturally fermented Turkish sausages (Sujuk). *Journal of Muscle Foods*, 18, 33.
- Soyer, A., Ertaş, A. H. & Üzümcüoğlu, Ü., 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Science*, 69(1), 135-141.
- Spaziani, M., Del Torre, M., & Stecchini, M. L., 2009. Changes of physicochemical, microbiological, and textural properties during ripening of Italian low-acid sausages. Proteolysis, sensory and volatile profiles. *Meat Science*, 81(1), 77-85.
- Stoica, M., Antohi, V. M., Alexe, P., Ivan, A. S., Stanciu, S., Stoica, D., ... & Stuparu-Cretu, M., 2022. New strategies for the total/partial replacement of conventional sodium nitrite in meat products: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 1-25.
- Sucu, C. & Yildiz Turp, G., 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, 140, 158-166.
- Sullivan, G. A., Jackson-Davis, A. L., Niebuhr, S. E., Xi, Y., Schrader, K. D., Sebranek, J. G. & Dickson, J. S., 2012. Inhibition of *Listeria monocytogenes* using natural antimicrobials in no-nitrate-or-nitrite-added ham. *Journal of Food Protection*, 75(6), 1071-1076.
- Sun, A., Wu, W., Soladoye, O. P., Aluko, R. E., Bak, K. H., Fu, Y. & Zhang, Y., 2022. Maillard reaction of food-derived peptides as a potential route to generate meat flavor compounds: A review. *Food Research International*, 151, 110823.
- Talon, R. & Leroy, S., 2011. Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat science*, 89(3), 303-309.
- Tang, R., Peng, J., Chen, L., Liu, D., Wang, W. & Guo, X., 2021. Combination of Flos Sophorae and chili pepper as a nitrite alternative improves the antioxidant, microbial communities and quality traits in Chinese sausages. *Food Research International*, 141, 110131.
- Thomas, C., Mercier, F., Tournayre, P., Martin, J. L. & Berdagué, J. L., 2013. Effect of nitrite on the odourant volatile fraction of cooked ham. *Food Chemistry*, 139(1-4), 432-438.
- Toldrá, F., 2007. *Fermented Meat and Poultry* (Vol. 422). Blackwell Publishing.
- Toldrá, F. & Reig, M., 2011. Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 517-522.
- Toldrá, F., Aristoy, M. C., & Flores, M. 2009. Relevance of nitrate and nitrite in dry-cured ham and their effects on aroma development. *Grasas y aceites*, 60(3), 291-296.
- Toldrá, F., Sanz, Y., & Flores, M., 2001. Meat fermentation technology. In *Meat science and applications* (pp. 553-578). CRC Press.
- Tompkin, R. B., 2005. Nitrite. In P. M. Davidson, J. N Sofos, & A. L. Branen (Eds.), *Antimicrobials in food* (pp. 169e236). Boca Raton, Florida: CRC Press.
- Totaro, M. P., Difonzo, G., Pasqualone, A. & Summo, C., 2024. Physicochemical properties and sensory features of ripened, industrially prepared sausages, enriched with olive leaf extract to replace nitrite and nitrate. *LWT*, 196, 115852.

- Van Boekel, M. A. J. S., 2006. Formation of flavour compounds in the Maillard reaction. *Biotechnology Advances*, 24(2), 230-233.
- Vanga, S.K., Singh, A. & Raghavan, V., 2017. Review of conventional and novel food processing methods on food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57,10, 2077-2094.
- Vignolo, G., Fontana, C. & Fadda, S., 2010. Semidry and Dry Fermented Sausages. Handbook of Meat Processing, Ed: Fidel Toldrá, Blackwell Publishing, USA. 379- 398.
- Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. & Thepkasikul, P., 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. *Meat Science*, 66(3), 579-588.
- Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W. & Zhang, J., 2015. Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 199-206.
- Ward, M. H., Jones, R. R., Brender, J. D., De Kok, T. M., Weyer, P. J., Nolan, B. T., ... & Van Breda, S. G., 2018. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1557.
- Wen, R., Sun, F., Li, X. A., Chen, Q. & Kong, B., 2021. The potential correlations between the fungal communities and volatile compounds of traditional dry sausages from Northeast China. *Food Microbiology*, 98, 103787.
- Xi, Y., Sullivan, G. A., Jackson, A. L., Zhou, G. H. & Sebranek, J. G., 2011. Use of natural antimicrobials to improve the control of *Listeria monocytogenes* in a cured cooked meat model system. *Meat Science*, 88(3), 503-511.
- Xie, Y., Geng, Y., Yao, J., Ji, J., Chen, F., Xiao, J., ... & Ma, L., 2023. N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13, 100645.
- Xiong, Q., Zhang, M., Wang, T., Wang, D., Sun, C., Bian, H., ... & Xu, W., 2020. Lipid oxidation induced by heating in chicken meat and the relationship with oxidants and antioxidant enzymes activities. *Poultry Science*, 99(3), 1761-1767.
- Yan, P. M., Xue, W. T., Tan, S. S., Zhang, H. & Chang, X. H., 2008. Effect of inoculating lactic acid bacteria starter cultures on the nitrite concentration of fermenting Chinese paocai. *Food Control*, 19(1), 50-55.
- Yang, Y., Li, W., Liu, Y., Li, Y., Gao, L. & Zhao, J., 2014. Alpha-lipoic acid attenuates insulin resistance and improves glucose metabolism in high fat diet-fed mice. *Acta Pharmacologica Sinica*, 35(10), 1285–1292. <https://doi.org/10.1038/aps.2014.64>
- Yıldız Turp, G., Serdaroğlu, M. & Ergezer, H., 2010. “Sucuk üretiminde kereviz tozu kullanımının ürün özellikleri üzerine etkilerinin incelenmesi” 1. Uluslararası “Adriyatik’ten Kafkas’lara Geleneksel Gıdalar” Sempozyumu, Tekirdağ.
- Yılmaz Oral, Z. F., 2023a. Effect of celery powder as an alternative nitrite source on some quality properties and nitrosamine formation in sucuk. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(5), 545-550.
- Yılmaz Oral, Z. F., 2023b. Isıl İşlem Görmüş Sucuk Üretiminde Kürlleme Ajanı Olarak Pazı Tozu Kullanımının Nitrozamin Oluşumuna ve Kalite Parametrelerine Etkisi. *Gıda: The Journal of Food*, 48(5) 1036-1046.

- Yılmaz Oral, Z. F. & Kaban, G., 2021. Effects of autochthonous strains on volatile compounds and technological properties of heat-treated sucuk. *Food Bioscience*, 43, 101140.
- Yılmaz Oral, Z. F. & Kaban, G., 2023b. The effect of black garlic on the volatile compounds in heat-treated sucuk. *Foods*, 12(20), 3876.
- Yılmaz Oral, Z. F., Kaya, M. & Kaban, G., 2024. Using Celery Powder in a Semi-Dry Fermented Sausage ‘Heat-Treated Sucuk’: Nitrosamine Formation, Lipid Oxidation, and Volatile Compounds. *Foods*, 13(20), 3306.
- Yılmaz Oral, Z. & Kaban, G., 2023a. The effect of the combination of rosemary extract and green tea extract on nitrosamine content, microbiological, physicochemical and sensorial properties of heat-treated sucuk. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(6):545-550.
- Yin, X., Lv, Y., Wen, R., Wang, Y., Chen, Q. & Kong, B., 2021. Characterization of selected Harbin red sausages on the basis of their flavour profiles using HS-SPME-GC/MS combined with electronic nose and electronic tongue. *Meat Science*, 172, 108345.
- Yurchenko, S. & Mölder, U., 2007. The occurrence of volatile N-nitrosamines in Estonian meat products. *Food Chemistry*, 100(4), 1713-1721.
- Yüzlü, E., 2018. Fermente sucukta ıspanak ve maydanoz tozları kullanılarak sentetik nitrit miktarının azaltılabilme imkânlarının yanıt yüzey yöntemi ile modellenmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu, Türkiye.
- Zamuz, S., López-Pedrouso, M., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Domínguez, H. & Franco, D., 2018. Application of hull, bur and leaf chestnut extracts on the shelf-life of beef patties stored under MAP: Evaluation of their impact on physicochemical properties, lipid oxidation, antioxidant, and antimicrobial potential. *Food Research International*, 112, 263-273.
- Zein, H., Hashish, A. E. & Ismaiel, G., 2015. The antioxidant and anticancer activities of Swiss chard and red beetroot leaves. *Curr. Sci. Int*, 4, 491-498.
- Zhao, L., Jin, Y. E., Ma, C., Song, H., Li, H., Wang, Z. & Xiao, S., 2011. Physico-chemical characteristics and free fatty acid composition of dry fermented mutton sausages as affected by the use of various combinations of starter cultures and spices. *Meat Science*, 88(4), 761-766.
- Zhao, Y., Wang, Y., Li, C., Li, L., Yang, X., Wu, Y., Chen, S. & Zhao, Y., 2021. Novel insight into physicochemical and flavor formation in naturally fermented tilapia sausage based on microbial metabolic network. *Food Research International*, 141, 110122. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110122>
- Zhou, G. H., Xu, X. L. & Liu, Y., 2010. Preservation technologies for fresh meat—A review. *Meat Science*, 86(1), 119-128.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	: Betül KATMER
Doğum tarihi	:
Doğum Yeri	:
Uyruğu	:
Adres	:
Tel	:
E-mail	:
Eğitim	
Lise	: Erzurum Hasan Basri Anadolu İmam Hatip Lisesi
Lisans	: Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü
Yüksek lisans	: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2017-2019)
Doktora	: Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı (2020-2025)
Yabancı Dil Bilgisi	
İngilizce	: Orta
Üye Olunan Mesleki Kuruluşlar	
Tezden Üretilmiş Yayınlar	