

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KİMYASAL NİTRİTE ALTERNATİF BİTKİSEL NİTRİT KAYNAKLARININ
FERMENTE SUCUĞUN ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİNE ETKİSİ**

Ferdi ÇAĞLAR

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

KİMYASAL NİTRİTE ALTERNATİF BİTKİSEL NİTRİT KAYNAKLARININ FERMENTE SUCUĞUN ANTİOKSİDAN AKTİVİTESİNE ETKİSİ

Ferdi ÇAĞLAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayla SOYER

Bu çalışmada; kimyasal nitrite alternatif bitkisel nitrit kaynaklarının sucuklarda bileşim, pH, su aktivitesi, renk, kalıntı nitrit, toplam fenolik madde (TFM), lipit oksidasyonu inhibisyon oranı, antioksidan aktivite ve duyuşal özelliklerine etkisi 9 gün üretim ve 4 °C’de 3 ay depolama süresince araştırılmıştır. Nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol (K), 150 mg/kg’a eşdeğer sodyum nitrit içeren pozitif kontrol (N), ön dönüştürülmüş %0,4 kereviz tozu (KV), %1,2 ıspanak tozu (IS) ve %3,0 pancar tozu (PN) içeren grup olmak üzere 5 grup sucuk formülasyonu oluşturulmuştur.

Ön-dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve pancar tozu ilavesi, kontrol ve sodyum nitrit içeren gruplara göre sucuğun toplam fenolik madde miktarını arttırmıştır. KV, IS ve PN içeren sucuklar üretim ve depolama sırasında K ve N gruplarından önemli düzeyde daha yüksek TFM içeriğine sahip olmuşlardır ($p<0,05$). Bu gruplar yüksek ABTS, DPPH ve lipit oksidasyonu inhibisyon değerleri göstermişlerdir. Depolama sırasında en yüksek ABTS % inhibisyon oranı KV içeren sucuklarda belirlenirken, en düşük K örneğinde belirlenmiştir.

Formülasyona bitkisel nitrit kaynaklarının eklenmesi, sucuğun duyuşal özelliklerinde arzu edilmeyen bir değişime neden olmamıştır. Sonuç olarak, kereviz, ıspanak ve kırmızı pancardan elde edilen ön dönüştürülmüş nitrit kaynakları sucuk üretiminde doğal nitrit ve antioksidan kaynağı olarak kullanılabilir.

Eylül 2022, 110 sayfa

Anahtar Kelimeler: Sucuk, doğal nitrit kaynağı, antioksidan aktivite

ABSTRACT

Master Thesis

DETERMINATION OF ANTIOXIDATIVE ACTIVITY OF NATURAL NITRITE SOURCES AS ALTERNATIVE TO THE ADDED NITRITE IN FERMENTED SUCUK

Ferdi ÇAĞLAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Ayla SOYER

In this study, the effects of herbal nitrite sources, alternative to chemical nitrite, on the composition, pH, water activity, color, residual nitrite, total phenolic content (TPC), lipid oxidation inhibition rate, antioxidant activity and sensory properties of sausages were investigated during 9 days of production and 3 months of storage at 4 °C. Negative control (K) without nitrite source, positive control (N) containing sodium nitrite, 0,4% pre-converted celery powder (KV), 1,2% pre-converted spinach extract powder (IS) and 3,0% pre-converted beetroot powder (PN) groups were formed in the production of sausage.

Addition of pre-converted nitrite sources increased the total phenolic content of the sausage compared to the control and sodium nitrite groups. Sausage containing KV, IS and PN had significantly higher TPC content than K and N groups during production and storage ($p<0,05$). These groups showed high ABTS, DPPH and lipid oxidation inhibition values. During storage, the highest ABTS % inhibition rate was determined in the sausage containing KV, while the lowest was determined in the K sample.

The addition of vegetable nitrite sources did not cause any undesirable change in the sensory properties of the sausage. Therefore, pre-converted nitrit from celery, spinach and red beet could be used as natural nitrite and antioxidant sources for sucuk production.

September 2022, 110 pages

Key Words: Sucuk, natural nitrite source, antioxidant activity

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince bilgi donanımı ve tecrübesiyle yanımda olan, ilgisini ve desteğini her zaman hissettiğim çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayla SOYER'e (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), laboratuvar olanaklarından faydalandığım Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN'a, Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN'a ve Doç. Dr. Eda DEMİROK SONCU'ya, analizlerle ilgili aklıma takılan konularda bana yardımcı olan Arş. Grv. Fatmagül HAMZAOĞLU'na, istatistik analizlerde yardımcı olan Bahar DEMİRCAN'a ve laboratuvarında birlikte çalıştığım Süeda ÖZTÜRK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her alanında olduğu gibi; yüksek lisans sürecinde de yanımda olan, bana her zaman inanıp güvenen ve destek olan annem Ayşe ÖZTÜRK'e ve anneannem Fatma ÖZTÜRK'e çok teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenimimde ve özel hayatımda beni her zaman motive eden, destekleyen; tez çalışmam boyunca elinden gelen her türlü yardımı ve fedakârlığı yapan Asena ÇEŞME'ye teşekkür ederim.

Ferdi ÇAĞLAR
Ankara, Eylül 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Nitrat/Nitritin Önemi ve Et Ürünlerinde Kürleme	5
2.2 Nitritin Antioksidatif Etkisi	9
2.3 Alternatif Kürleme	9
2.4 Alternatif Kürleme ile İlgili Yapılan Güncel Araştırmalar	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	26
3.1 Materyal	26
3.1.1 Et ve yağ materyali	26
3.1.2 Bitkisel nitrit kaynakları, baharat, starter kültür ve kılıf materyali	26
3.2 Yöntem	27
3.2.1 Bitkisel nitrit kaynaklarının elde edilmesi ve analizler	27
3.2.2 Sucuk üretimi ve analizler	29
3.2.3 İstatistik analiz	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	35
4.1 Bitkisel Nitrit Kaynaklarında Yapılan Analiz Sonuçları	35
4.2 Sucukta Yapılan Analiz Sonuçları	37
4.2.1 Nem, yağ, protein ve kül sonuçları	37
4.2.2 pH sonuçları	41
4.2.3 Su aktivitesi sonuçları	46
4.2.4 Renk (L^* , a^* ve b^*) sonuçları	49
4.2.5 Kalıntı nitrit sonuçları	56
4.2.6 Toplam fenolik madde sonuçları	62
4.2.7 Antioksidan aktivite sonuçları	65
4.2.7.1 ABTS sonuçları	65
4.2.7.2 DPPH sonuçları	69
4.2.8 Lipit oksidasyonu % inhibisyon sonuçları	73
4.2.9 Duyusal analiz sonuçları	77
5. SONUÇ	87
KAYNAKLAR	89
EKLER	102
EK 1 Sucuk Duyusal Değerlendirme Formu	103
EK 2 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi Sonuçlarına İlişkin p Değerleri	108
ÖZGEÇMİŞ	110

SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su Aktivitesi Değeri
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat Derece

Kısaltmalar

K	Nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol grup
N	150 mg/kg'a eşdeğer sodyum nitrit içeren pozitif kontrol grup
KV	%0,4 ön dönüştürülmüş kereviz ekstraktı içeren grup
IS	%1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak ekstraktı içeren grup
PN	%3 ön dönüştürülmüş pancar ekstraktı içeren grup
LAB	Laktik Asit Bakterileri
BN	Bağıl Nem
g	Gram
kg	Kilogram
mg	Miligram
ml	Mililitre
GAE	Gallik Asit Eşdeğeri
DPPH	2,2-difenil-1-pikrilhidrazil
ABTS	2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
TFM	Toplam Fenolik Madde
TGK	Türk Gıda Kodeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Kürlenmiş et ürünlerinde nitrit parçalanma reaksiyonları.....	5
Şekil 2.2 Nitritten kür rengi oluşum mekanizması.....	6
Şekil 2.3 Çeşitli gıdalarda temel nitrat ve nitrit kaynakları.....	11
Şekil 4.1 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerindeki değişim.....	42
Şekil 4.2 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında pH değerlerindeki değişim.....	45
Şekil 4.3 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında a_w değerlerindeki değişim.....	47
Şekil 4.4 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama aşamasında a_w değerlerindeki değişim.....	48
Şekil 4.5 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim aşamasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim.....	50
Şekil 4.6 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama aşamasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim.....	54
Şekil 4.7 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim.....	57
Şekil 4.8 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim.....	60
Şekil 4.9 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında TFM miktarlarındaki değişim.....	62
Şekil 4.10 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında TFM miktarlarındaki değişim.....	64
Şekil 4.11 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında ABTS ⁺ (%) değerlerindeki değişim.....	66
Şekil 4.12 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında ABTS ⁺ (%) değerlerindeki değişim.....	68
Şekil 4.13 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	70

Şekil 4.14 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	72
Şekil 4.15 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	74
Şekil 4.16 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	75
Şekil 4.17 Farklı nitrit kaynakları içeren çiğ sucukların üretim ve depolama sonunda duyusal değerlendirme sonuçları.....	78
Şekil 4.18 Farklı nitrit kaynakları içeren pişmiş sucukların üretim ve depolama sonunda duyusal değerlendirme sonuçları.....	83



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Et ve et ürünlerinde kullanılabilecek maksimum nitrat ve nitrit miktarları...	8
Çizelge 2.2 Sebzelerin yenilebilir kısımlarının nitrat ve nitrit içerikleri.....	11
Çizelge 2.3 İstanbul'daki marketlerden alınan bazı yaş sebze örneklerinin ortalama nitrat ve nitrit içerikleri.....	12
Çizelge 2.4 Et ürünlerinin kürlenmesinde doğal nitrit kaynağı kullanılan çalışmalar.....	14
Çizelge 2.5 Çeşitli et ve et ürünlerinde nitrat-nitrit düzeyinin azaltılması ya da yerine alternatif bileşenlerin konulmasına yönelik çalışmalar.....	16
Çizelge 4.1 Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarının bazı fizikokimyasal, antioksidan aktivite ve kalıntı nitrit sonuçları.....	35
Çizelge 4.2 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretimin başında, son üründe ve depolama sonrası belirlenen nem ve yağ miktarlarındaki değişim.....	39
Çizelge 4.3 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretimin başında, son üründe ve depolama sonrası belirlenen protein ve kül miktarları.....	40
Çizelge 4.4 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen pH değerlerindeki değişim.....	43
Çizelge 4.5 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen pH değerlerindeki değişim.....	45
Çizelge 4.6 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen a_w değerlerindeki değişim.....	47
Çizelge 4.7 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen a_w değerlerindeki değişim.....	49
Çizelge 4.8 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen L^* değerlerindeki değişim.....	51
Çizelge 4.9 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen a^* ve b^* değerlerindeki değişim...	52
Çizelge 4.10 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen L^* ve a^* değerlerindeki değişim.....	55
Çizelge 4.11 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen b^* değerlerindeki değişim.....	56
Çizelge 4.12 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen kalıntı nitrit miktarlarındaki (mg/kg) değişim.....	58
Çizelge 4.13 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen kalıntı nitrit miktarlarındaki (mg/kg) değişim.....	60
Çizelge 4.14 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen TFM (mg GAE/g) miktarlarındaki değişim.....	63

Çizelge 4.15 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen TFM (mg GAE/g) miktarlarındaki değişim.....	64
Çizelge 4.16 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen ABTS ^{·+} % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	67
Çizelge 4.17 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen ABTS ^{·+} % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	68
Çizelge 4.18 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	70
Çizelge 4.19 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	72
Çizelge 4.20 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	74
Çizelge 4.21 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim.....	76
Çizelge 4.22 Çiğ sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen koku puanlarındaki değişim.....	80
Çizelge 4.23 Çiğ sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarındaki değişim.....	81
Çizelge 4.24 Pişmiş sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarındaki değişim.....	85

1. GİRİŞ

Et, hem yüksek besin değerine sahip olması hem de sağlıklı bir diyetin parçası olması yönünden önemli bir gıdadır. Biyolojik değeri yüksek protein, B grubu vitaminleri ve bazı mineralleri içermesi nedenleriyle et, değerli bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Bu yüzden et ve et ürünlerinin tüketilmesi, sağlık açısından önemlidir. Ancak, et yüksek su aktivitesine sahip olduğu için bozulmaya elverişli bir gıdadır (Toldra ve Reig 2011).

Etin et ürünlerine işlenmesi, hem farklı ürünler elde etmek hem de etin dayanıklılığını artırmak amacı taşımaktadır. Örneğin fermente bir et ürün olan sucuk, düşük pH ve a_w değerleri ile etten daha uzun raf ömrüne sahip et ürünüdür.

Fermente et ürünlerinin stabil yapısı büyük ölçüde kürlenme, bakteriyel fermentasyon ve kurumanın bir sonucudur. Kürlenme işlemi sodyum klorür, nitrat ve/veya nitrit ve askorbat ilavesini içermektedir (Berardo vd. 2016). Kürlenme maddesi olarak nitrit arzu edilen kür rengi, kür flavoru oluşumu (Hammes 2012), antioksidan (Skibsted 2011) ve antimikrobiyal etki (Cassens 1990) gösteren önemli bir kimyasaldır.

Kür rengi oluşumunun yanısıra nitrit, çiğ etten farklı olarak kürlenmiş ette farklı bir flavor oluşturmaktadır. Et ürünlerine 40-50 ppm nitrit ilavesi kür flavoru oluşturmak için yeterlidir ve daha yüksek nitrit konsantrasyonları daha yoğun flavor oluşumuna neden olmamaktadır (Sebranek ve Bacus 2007). Nitrit, antimikrobiyal etki de oluşturmaktadır. Nitritin *Clostridium* sporlarının oluşumunu sınırladığı, bu şekilde kürlenmiş, raf ömrü stabil, anaerobik ortamdaki et ürünlerinde *Clostridium* toksin oluşumunu engellediği belirlenmiştir (Duncan ve Foster 1968). Nitrit ve nitrik oksit et ürünlerinde antioksidan etki göstermektedirler. Birçok çalışmada, nitritin lipid oksidasyonunu önemli düzeyde azalttığı ortaya konulmuştur (Igene vd. 1985, Yun vd. 1987, Skibsted 2011). Nitrit lipid membranları ile etkileşerek (Igene vd. 1985), nitrik oksit serbest radikal olarak oksidasyon zincirini sonlandırarak ve heme halkasındaki demir atomuna bağlanarak demirin oksidasyon reaksiyonunu başlatmasını engelleyerek (Kanner vd. 1984) antioksidan etki göstermektedir. Nitrit ve nitrit oksitin bu antioksidan özelliği, pişmiş et

ürünlerinde tekrar ısıtıldıklarında oluşan istenmeyen pişmiş flavor (warmed-over flavor) oluşumunu da önlemektedir (Yun vd. 1987, Skibsted 2011).

Et ve et ürünlerinde nitritin yukarıda belirtilen avantajlarına karşın, asidik ortamda nitrit ve sekonder aminlerin reaksiyonu ile N-nitrozo bileşikler (nitrozaminler) oluşmaktadır (Honikel 2008). Nitritten N-nitrozo bileşiklerin oluşmasının insanlarda belirli kanserlerin oluşma riskini artırdığı ifade edilmiştir (Santarelli vd. 2008). Ayrıca yüksek düzeyde nitrit alımı, insanlarda oksijen transferinde düşüşe, bazı alerjik reaksiyonlara ve hemoglobinemi oluşumuna neden olmaktadır (Cammack vd. 1999). Nitrat ve nitritin bu olumsuz etkileri nedeniyle Dünya Sağlık Örgütü (WHO), et ürünlerinde izin verilen kimyasal düzeylerinin azaltılmasını önermektedir. Ayrıca tüketici eğilimi giderek, kimyasal katkı maddesi içermeyen doğal ya da organik işlenmiş et ürünlerine doğru değişmektedir. Buna bağlı olarak araştırma konuları da et ürünlerinde doğal nitrat/nitrit kaynaklarının kullanımına yönelik değişmektedir. Bu nedenlerle, kimyasal nitrit ile aynı işlevi olan, ancak daha çabuk indirgenmesi, benzer kürlenme etkisine sahip olması ve içerdiği fenolik maddelerden dolayı antioksidan etki göstermeleri nedeniyle bitkisel nitrit kaynaklarının sucuklarda kimyasal nitritin işlevini yerine getirebileceği belirtilmektedir (Krause vd. 2011, Djeri ve Williams 2014).

Bazı bitkilerin büyümeleri sırasında fazla miktarda nitrat depoladıkları bilinmektedir. Özellikle kereviz, kırmızı pancar, ıspanak, marul, maydanoz, havuç gibi sebzeler yüksek nitrat içerikleri ile dikkat çekmektedirler (Sebranek ve Bacus 2007, Krause vd. 2011). Bu sebzelerden elde edilen suları, konsantreleri ya da tozları birçok et ürününde kullanılmaktadır (Magrinya vd. 2009, Tsoukalas vd. 2011, Horsch vd. 2014, Kim vd. 2017, Sucu ve Yıldız Turp 2018).

Yüksek nitrat içerikleri ile bu sebzeler işlenmiş et ürünleri için çok iyi doğal nitrit kaynağı olabilir. Özellikle bu sebzelerden elde edilen suları ve tozları daha yüksek konsantrasyonlarda nitrat içermeleri nedeniyle daha iyi doğal kaynak olmaktadır. Bu sebzeler içerisinde et ürününü renk ve aroma yönünden en az etkileyenlerin seçilmesi önem taşımaktadır. Yüksek nitrat içeren bitkisel ürünler et ürünlerine ilave edildiğinde, ortamda nitratın nitrite indirgenmesini sağlayacak nitrat indirgeyen starter kültür

bulunduğunda ve uygun inkübasyon koşullarında az miktarda nitrit oluşmakta ve bu miktar, sosislerde pembe renk oluşumu için yeterli olmaktadır (Sebranek ve Bacus 2007). Diğer yandan nitrat içeriklerinin yanı sıra bitkisel kaynaklar önemli düzeylerde biyoaktif fitokimyasallar içermekte ve doğal antioksidan ve antimikrobiyal kaynaklar olarak insan sağlığına olumlu katkılar yapmaktadırlar (Sing ve Rao 2012, Agourram vd. 2013, Thakur ve Sharma 2018).

Fitokimyasallar denildiğinde polifenoller, flavonoidler, izoflavonoidler, antosiyanidinler, fitoestrogenler, terpenoidler, kaarotenoidler, fitosteroller ve lifler akla gelmektedir. Renklerine göre sebzeler sınıflandırıldığında; ıspanak, kereviz, kuşkonmaz, yeşil biber, bezelye gibi yeşil sebzeler klorofil, lif, lutein, zeaksantin ve betakaroten içerirler ve kanser riskini azaltıcı, bağırsak sağlığını koruyucu ve serbest radikalleri tüketme etkisi gösterirler. Pancar, kırmızıbiber, kırmızı patates, kırmızı soğan ve siyah havuç gibi sebzeler likopen, elajik asit, kuersetin ve hesperidin içerirler ve prostat kanseri riskini azaltırlar, kan basıncını düşürürler, tümör oluşumunu azaltırlar ve eklemleri desteklerler. Patlıcan, mor lahana, mor soğan gibi mavi-mor sebzeler lutein, zeaksantin, resveratrol, vit. C, lif, flavonoidler, elajik asit ve kuersetin içerirler ve bağırsak sağlığını desteklerler, LDL kolesterolü düşürürler, bağışıklığı güçlendirirler, tümör oluşumunu azaltırlar ve sindirim sistemi için anti-karsinojen işlevi görürler (Ren vd. 2003, Rao ve Rao 2007). Kırmızı pancar zengin nitrat ve betalain pigmentler (Georgiev vd. 2010, Račkauskienė vd. 2015), ıspanak nitrat, karotenoidler ve fenolik bileşikler (Roberts ve Moreau 2016), kereviz ise nitrat, flavonoidler, alkaloidler ve steroller (Khare, 2008, Kooti ve Daraei, 2017) içermektedirler. Örneğin kerevizde, serbest radikalleri uzaklaştıran başlıca antioksidan etkiye sahip bileşiklerin selinenler (α , β , γ), limonen, apigenin, luteolin, kamferol ve kumarin olduğu bildirilmiştir (Kooti ve Daraei 2017).

Et ürünlerine kimyasal nitrit yerine bitkisel nitrit kaynağı kullanılmasında en önemli konu, ilave edilen bitkisel ürünün başlangıç nitrit miktarının güvenilir düzeyde olmasıdır. Oysaki bitkisel kaynaklarda nitrat içerikleri çok yüksek, ancak nitrit içerikleri çok düşüktür. Bu nedenle yüksek nitrat içeriğine sahip bitkisel kaynaklarda ürüne katmadan önce nitrit dönüşümünün gerçekleştirilmesi ürünün güvenilirliği açısından oldukça

önemlidir. Üretimin başında ortamda güvenilir düzeyde nitrit olmaması, istenmeyen mikroorganizmaların çoğalma olasılığını artırmaktadır (Djeri ve Williams 2014).

Sucuk üretiminde nitrat içeriği yüksek bu bitkisel ürünlerin uygun koşullarda işlenerek doğal nitrit kaynağı olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı ve “kaynak özetleri” kısmında detaylı olarak anlatılan birkaç çalışma mevcuttur (Ekici vd. 2015, Sucu ve Yıldız Turp 2018, Babaoğlu 2020, Işıksal 2021). Bu çalışmalarda, çoğunlukla bitkisel kaynaklar konsantre ya da tozları elde edilerek kullanılmıştır. Nitekim Ekici vd. (2015) siyah havuç konsantresi, Sucu ve Yıldız Turp (2018) kırmızı pancar tozu, Babaoğlu (2020) dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozları, Işıksal (2021), kereviz ve siyah havuç suyu konsantreleri kullanmışlardır.

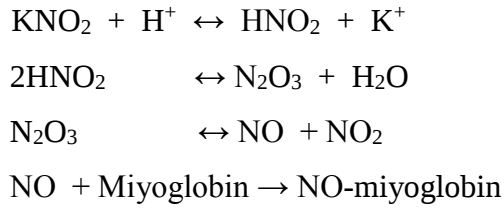
Bu çalışmada diğer çalışmalardan farklı olarak önceden nitrit dönüşümü yapılmış bitki tozları ilk kez kullanılmış ve ürünün antioksidan özelliklerine etkisi detaylı olarak ilk kez çalışılmıştır. Çalışmanın amacı, nitrat içeriği yüksek, üç farklı sebzedden (kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar) ön dönüştürme ile elde edilen nitrit kaynaklarının antioksidan aktivitelerinin belirlenmesi ve sucuğa ilave edildikten sonra üretim ve depolama sırasında ürünün antioksidan kapasitesine etkilerinin ortaya konulmasıdır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Nitrat/Nitritin Önemi ve Et Ürünlerinde Kürleme

Et ve et ürünlerinde nitrat ve nitritin katkı maddesi şeklinde kullanımı çok eski zamanlara dayanmaktadır. 1900'lü senelerde yapılmış olan bazı çalışmalarda tuz ilave edilmiş et ürünlerinde iyi bir kırmızı renk elde edebilmek için sadece tuzun yeterli olmadığı, tuza doğal yollarla bulaşan sodyum nitrat veya potasyum nitratın kırmızı renk gelişimini daha iyi sağladığı belirlenmiştir (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012).

Sodyum nitrit, orta düzeyde asidik bir et sistemine dâhil olduğunda, sodyum ve nitrit iyonları çözünmekte ve nitrit protonlanarak nitroz asit oluşmaktadır. İki nitroz asit molekülü birleşerek bir su ve bir dinitrojen trioksit oluşturmaktadır. Dinitrojen trioksit ise nitrik oksite ve nitrojen dioksite disosiyeye olmaktadır (Honikel 2008). Bu ortamda indirgen maddelerin bulunması nitritin nitrik oksite indirgenme hızını artırmaktadır. İndirgen maddeler ayrıca, nitritin doğrudan nitrik oksite indirgenmesini sağlamaktadır (Barbieri vd. 2013). Nitrik oksit ise miyoglobin molekülünün heme halkasındaki demiri bağlar ve kür rengi nitrik oksit miyoglobin (nitrozomiyoglobin) oluşur (Şekil 2.1) (Honikel 2008, Parthasarathy ve Bryan 2012).

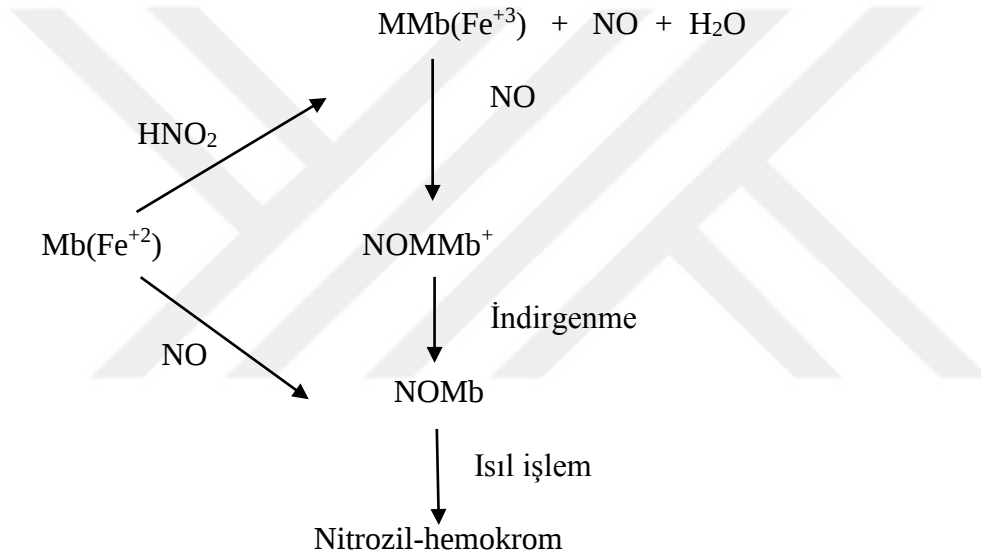


Şekil 2.1 Kürlenmiş et ürünlerinde nitrit parçalanma reaksiyonları (Honikel 2008)

Kürlenmiş et ürünlerinde nitrat ve nitritin yer aldığı reaksiyonlar şekil 2.2'de verilmiştir. Nitrit, nitrik oksite (NO) parçalanmakta ve oluşan NO miyoglobine (Fe^{+2}) ve metmiyoglobine (Fe^{+3}) bağlanarak pembe kür rengi oluşturmaktadır (Alahakoon vd. 2015) (Şekil 2.2). NO miyoglobine bağlanarak NO-miyoglobin oluşturmaktadır. NO-miyoglobin stabil değildir ve sıcaklık uygulandığında stabil pembe renk, nitrozil-hemokrom oluşturmaktadır. Miyoglobin (Fe^{+2}), nitroz asit ile de reaksiyona girmekte ve

metmiyoglobine (Fe^{+3}) okside olmaktadır. Metmiyoglobin tekrar NO ile reaksiyona girerek NO-metmiyoglobin (NOMMB) oluşturmaktadır (Sebranek ve Bacus 2007). NO-metmiyoglobin indirgenerek NO-miyoglobin oluşturmakta, ısıtıldığında ise stabil kür rengi nitrozil-hemokrom olmaktadır (Şekil 2.2).

Et ürünlerinde “kürleme” etin başlıca tuz ve nitrit ve yardımcı maddeler olarak askorbat, fosfat gibi maddelerle muamele edilmesi ile ete ekstra özellikler kazandırılan bir işlemdir (Honikel 2008). Kürleme ile etin kalitesi (renk ve flavor gibi), oksidasyon stabilitesi, mikrobiyolojik güvenirliliği ve raf ömrü iyileştirilmektedir (Sebranek 2009).



Şekil 2.2 Nitritten kür rengi oluşum mekanizması (Fox 1966, Sebranek 2009)

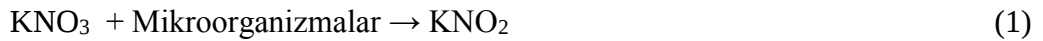
Nitrit; pembe kür rengi ve kür flavoru oluşumu, lipid oksidasyonuna karşı antioksidatif etki ve birçok bozulma yapan ve patojen mikroorganizmayı inhibe edici etkisi nedenleriyle et kürlemenin en önemli bileşenidir (Sebranek 2009, Parthasarathy ve Bryan 2012).

Et ürünlerinde kullanılan nitrit, sentetik ya da doğal kaynaklardan elde edilmektedir. Sentetik nitrit (sodyum nitrit ve potasyum nitrit), ucuz olması ve kullanımının kolay olması nedeniyle et endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat doğal ürünlere

tüketici ilgisinin artması ile nitrat içeriği yüksek bitkisel kaynaklar da nitrit kaynağı olarak öne çıkmıştır (Jo vd. 2020). Et ürünlerinde kimyasal nitrit yerine bitkisel kaynakların kullanımına yönelik çalışmalar yürütülmektedir (Sindelar vd. 2007a, 2007b, Choi vd. 2017, Kim vd. 2017, Hwang vd. 2017, 2018).

Nitritten kür rengi oluşumu, et ürünleri üretiminde kullanılan diğer katkı maddelerinden olumlu yönde etkilenmektedir. Askorbik asit, erithorbat ve polifenoller dinitrojen trioksit (N_2O_3)'in indirgenmesini sağlayarak NO oluşumunu hızlandırmaktadırlar (Skibsted 2011). Askorbik asit, ferri demiri (Fe^{+3}), ferro demire (Fe^{+2}) indirger ve bu şekilde NO-metmiyoglobinin NO-miyoglobine indirgenmesini sağlar (Parthasarathy ve Bryan 2012). Bu nedenle indirgeme aktivitesine sahip antioksidanlar, NO oluşma hızını artırarak ve NO-metmiyoglobini indirgeyerek ette kür rengi oluşumunu teşvik ederler. Önemli bir diğer et kürleme maddesi sodyum klorür, nitroz asit ile reaksiyona girerek N_2O_3 'den daha reaktif olan nitrozil klorür (NOCl) oluşturmaktadır (Moller ve Skibsted 2002, Sebranek 2009). Ortam pH'sı da nitritten NO oluşumunu düzenlemektedir. Nitrit ve nitroz asidin reaktivitesi pH azaldıkça artmaktadır. pH değerinde 0,2-0,3 birimlik azalmalar nitrik oksit oluşumunu iki katına çıkarmaktadır (Sebranek 2009, Skibsted 2011).

Nitrat tek başına renk oluşumunda etkili değildir ve öncelikli olarak nitrite indirgenmesi gereklidir. Bu indirgenme, ortamda nitrat indirgeyici bakteriler tarafından sağlanmaktadır (1). Nitrat indirgeme kabiliyetine sahip mikroorganizmalar *Staphylococcus*, *Micrococcus*, *Aerobacter*, *Lactobacillus* ve *Pseudomonas* cinslerine ait türlerdir. Bu bakteriler ette, et işleme ekipmanlarında ve suda bulunmaktadır (Redfield 2014).



Asidik ortamda, nitritten ve serbest hidrojen iyonlarından nitroz asit (HNO_2) oluşmaktadır. Bununla birlikte pKa 3,37'de nitroz asidin çoğu yaklaşık 5,5 pH'daki et sisteminde disosiyeye olmaktadır. Bu ayrışmada iki molekül nitroz asitten (HNO_2), bir molekül dinitrojen trioksit (N_2O_3) ve bir molekül su (H_2O) oluşmaktadır. Dinitrojen trioksit ise nitrik oksit (NO) ve nitrojen dioksite (NO_2) disosiyeye olmaktadır. Nitrik oksit oldukça reaktif olup, ortamdaki miyoglobin ya da sistein, glutation gibi amino asitlerle

reaksiyona girer. NO₂ ise, su ile reaksiyona girerek tekrar bir molekül HNO₂ ve bir molekül HNO₃ oluşturur (Honikel 2008). Ortamda indirgen maddelerin varlığı (askorbik asit ya da askorbat gibi) NO oluşumunu hızlandırmaktadır. Ayrıca askorbat, nitrit ve tuz ile birlikte proteolitik *Clostridium botulinum* tip A ve B toksin üretimini engellemektedir (Robinson vd. 1982). Bu nedenle hızlı renk gelişimi ve güvenli üretim için formülasyona indirgen meddeler dâhil edilmektedir (Hammes 2012).

Et ürünlerinde nitrat ve nitritler birçok farklı işlevi birlikte gerçekleştiren katkı maddeleri olduğu için, bu bileşiklerin formülasyonlardan tamamen çıkarılmaları oldukça zordur fakat sağlığa zararlı etkilerini en aza düşürmek amacıyla formülasyonlarda azaltılmalarına yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Jiménez-Colmenero vd. (2001) aroma, renk, antioksidan ve antimikrobiyal aktivite etkenlerinin et ürünlerinde nitrit kullanım seviyelerinin azaltılması bağlamında bir arada analiz edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Kürleme işlemi uygulanmış et ürünlerinde nitritin bütün işlevlerini tek başına gerçekleştirebilme potansiyeli olan herhangi bir bileşik olmadığından, nitrite alternatif maddeler genel olarak bir kombinasyon hâlinde uygulanmaktadır (Kaynakçı ve Kılıç 2009, Sindelar ve Houser 2009). Türk Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'ne göre (Anonim 2013), et ve et ürünlerinde kullanılabilecek maksimum nitrat ve nitrit miktarları Çizelge 2.1'de görülmektedir.

Çizelge 2.1 Et ve et ürünlerinde kullanılabilecek maksimum nitrat ve nitrit miktarları (Anonim 2013)

Ürün	Kullanılan Katkı Maddesi	Maksimum Miktar (mg/kg)
Isıl İşlem Görmemiş İşlenmiş Etler	Nitrit	150
Isıl İşlem Görmemiş İşlenmiş Etler (fermente sucuk ve pastırma hariç)	Nitrat	150
Isıl İşlem Görmüş İşlenmiş Etler (konserve et ürünleri hariç)	Nitrit	150
Isıl İşlem Görmüş İşlenmiş Etler (sadece konserve et ürünleri)	Nitrit	100

2.2 Nitritin Antioksidatif Etkisi

Nitrit, oksidatif zararlardan lipit moleküllerini koruyan bir antioksidandır. Kürlenmiş et ürünlerinde nitritin antioksidatif etkisine ilişkin birkaç mekanizma vardır. Nitrit heme demiri stabilize etmekte ve lipit oksidasyonunda prooksidan etki gösteren +2 değerli metal iyonları ile şelat oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra, nitritten oluşan NO, oksijen ile reaksiyona girerek kolayca NO₂'e okside olmaktadır (Honikel 2008). NO, lipit radikalleriyle reaksiyona girmekte oksidasyon reaksiyonundaki radikal zincirini kırmaktadır (Moller ve Skibsted 2002, Skibsted 2011). Lipit oksidasyonu başlama, gelişme ve sonlanma olmak üzere üç aşamada gelişmektedir. Oksidasyon serbest radikaller ve reaktif oksijen türleri gibi oldukça reaktif maddeler ile başlamaktadır. Bu aktif türler, lipit radikali oluşturmak üzere doymamış yağ asidinden H iyonunu çıkarmaktadır. Lipit radikalleri radikal zincir reaksiyonu ile oksijen varlığında sürekli olarak okside olmaktadır. Nitrit, lipit oksidasyonunun başlamasında rol oynayan hidroksil radikali gibi reaktif oksijen türleri ile reaksiyona girerek, bu aşamayı engelleyebilmektedir. Ayrıca NO, lipit peroksil radikalleri ile reaksiyona girerek radikal olmayan bileşikler oluşturur ve bu şekilde de lipit oksidasyonunu durdurabilmektedir.

2.3 Alternatif Kürleme

Kürlenmiş et ürünlerinin kalitesini ve güvenilirliğini sağlamak için nitrat ve nitrit kullanılmasına karşın, tüketici talebi kimyasal kürleme maddeleri kullanılmadan yapılan üretimlere doğru değişmektedir. Günümüzde doğal, sağlıklı, minimum seviyede işlem uygulanmış, asgari düzeyde katkı maddesi kullanılmış et ve et ürünlerine olan talep her geçen gün arttığı için et ürünleri sektöründe yenilikçi üretim yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır. Et ürünleri formülasyonlarında yer alan nitrat ve nitritlerin potansiyel sağlık riskleri oluşturması tüketiciler üzerinde olumsuz etkiye sebep olmaktadır. Tüketicilerin isteklerini karşılamak maksadıyla et ürünlerinde nitrat ve nitritlerin kullanım miktarının minimum düzeye indirilmesi ya da bu katkı maddelerinin yerine diğer bazı doğal katkıların kullanılma imkânının irdelenmesi et endüstrisi Ar-Ge etkinliklerinde önemli bir konu hâline gelmiştir. Schrader (2010), piyasada “kürlenmemiş”, “nitrat veya nitrit içermeyen” şeklinde tanımlanan et ürünlerinin, geleneksel ürünlere kıyasla gıda güvenliği bakımından daha iyi niteliklere sahip ürünler

olduğunu ifade etmiştir. Bu yüzden, birinci gruptaki et ürünleri bütünüyle kürlenmemiş ürünler olup, herhangi bir nitrat-nitrit bileşeni içermemektedir ve klasik metotlarla kürlenmiş et ürünlerine göre değişebilir özellikleri vardır. İkinci gruptaki et ürünleriyse, deniz tuzları ve sebzeler gibi yapısında doğal şekilde nitrat-nitrit bulunduran bileşenlerin kullanılmış olduğu, alternatif yöntemlerle üretilen, geleneksel renk ve lezzet karakteristiklerinin geliştiği ürünlerdir.

Birçok sebze (kereviz, pancar, ıspanak, marul) yaklaşık 1500-2800 mg/kg arasında değişen yüksek nitrat içeriğine sahiptir (Sebranek ve Bacus 2007). Ranasinghe ve Marapana (2018)'e göre sebzelerde nitrat içeriği nitrit içeriğinden daha yüksektir. Correia vd. (2010), ıspanak, lahanası, maydanoz, şalgam, Portekiz lahanası ve marul gibi sebzelerde nitrat düzeylerini 54-2440 mg/kg arasında nitrit düzeylerini ise 1,1 ile 75 mg/kg aralığında belirlemişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada, karpuz ve kavunda nitrat içeriği sırasıyla 13,95–37,7 mg/kg ve 16,28–72,5 mg/kg aralığında nitrit içeriği ise sırasıyla 3,1–8,5 mg/kg ve 3,7–16,7 mg/kg aralığında bulunmuştur (Rezaei vd. 2014).

Çeşitli gıda kaynaklarındaki nitrat ve nitrit miktarları Şekil 2.3'te (Ferysiuk ve Wójciak 2020) ve çizelge 2.2'de (Zhou vd. 2000) görülmektedir. Sebze ve meyvelerdeki nitrat ve nitrit miktarları oldukça değişkenlik göstermektedir. Bitkilerde nitrat birikimi genotip, toprak şartları, büyüme koşulları (nitrat alımı, nitrat redüktaz aktivitesi ve büyüme hızı gibi), depolama ve taşıma koşullarından etkilenmektedir (Anjana vd. 2007). Çizelge 2.3'te bazı meyve ve sebzelerin sahip olduğu ortalama nitrat ve nitrit içerikleri verilmiştir (Özdestan ve Üren 2010, Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012).

Bitkisel kaynaklar, işlenmiş et ürünlerinde doğal nitrat kaynakları şeklinde kullanılarak önemli bir potansiyel oluşturmaktadırlar. Bu kaynaklar, sebze suları ve sebze tozları olmak üzere başlıca iki şekilde kullanılmaktadırlar. Sebze suları ya da tozlarının, kimyasal katkı maddesi içermeyen et ürünlerinin üretimi aşamasında çoğunlukla ürün formülasyonuna ağırlıklarının %0,2 ile %0,4'ü arasındaki oranlarında ilave edilmektedirler (Sebranek ve Bacus 2007).



Şekil 2.3 Çeşitli gıdalarda temel nitrat ve nitrit kaynakları (Ferysiuk ve Wójciak 2020)

Çizelge 2.2 Sebzelerin yenilebilir kısımlarının nitrat ve nitrit içerikleri (Zhou vd. 2000)

Sebze	Nitrit	Nitrat
	<u>mg/100 g yaş ağırlık</u>	<u>mg/100 g yaş ağırlık</u>
Havuç	0,002-0,023	92-195
Hardal yaprağı	0,012-0,064	70-95
Marul	0,008-0,215	12,3-267,8
Ispanak	0-0,073	23,9-387,2
Çin lahanası	0-0,065	42,9-161,0
Karalahana	0-0,041	25,9-125,0
Hıyar	0-0,011	1,2-14,3
Patlıcan	0,007-0,049	25,0-42,4

Çizelge 2.3 İstanbul'daki marketlerden alınan bazı yaş sebze örneklerinin ortalama nitrat ve nitrit içerikleri (Özdestan ve Üren 2010)

Sebze	Ortalama Nitrat Miktarı (mg/kg)	Ortalama Nitrit Miktarı (mg/kg)
Ispanak	920,3	0
Marul	842,2	0,15
Şalgam	692,56	0,38
Kereviz	685,8	0,24
Dereotu	531,46	0,3
Şeker Pancarı	517,23	0,82
Kabak	380,65	0,08
Yer Elması	371,74	0,13
Nane	337,33	0,3
Havuç	165,46	0
Yeşil Biber	119,26	0,37
Pırasa	93,37	0,5
Patates	81,6	0,51
Domates	23,83	0,08
Bezelye	7	0,12

Nitrat içeriklerine göre sebzeler çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olarak sınıflandırılmaktadırlar. Bu sınıflandırmaya göre; kereviz, ıspanak, kırmızı pancar, tere, frenk maydanozu, marul ve roka “çok yüksek” nitrat içeren sebzeler (>250 mg/100 g yaş ağırlık) sınıfında yer almaktadırlar (Santamarina 2006). Sebzelerin içerdiği nitrat, nitrat-indirgeyen bakteriler tarafından nitrite indirgenmektedir. Nitrat indirgeyen başlıca mikroorganizmalar *Micrococcus varians*, *Staphylococcus carnosus* ve *Staphylococcus xylosus* organizmalarıdır (Sebranek ve Bacus 2007).

Nitrat ve nitrite alternatif olarak kullanılacak ürünlerde olması gereken başlıca özellikler (Hung vd. 2016):

1. Bitkisel kaynaklı, doğal, antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip olmalıdır.
2. Kolay tedarik edilebilir olmalıdır.
3. Et ürünleri ile uyumlu bir yapıya sahip olmalıdır.
4. Et ve et ürünlerinin duyu özelliklerini olumsuz bir şekilde etkilememelidir.

Bitkilerdeki yüksek nitrat kaynağından faydalanmanın yöntemleri; sularının elde edilmesi ve konsantre edilmesi ya da toz haline getirilerek konsantre edilmesidir. Bu şekilde içerdikleri nitrat ve nitrit miktarları daha konsantre hâle gelmektedir. Et ürünlerinin kürlenmesinde formülasyona katıldığında ortama nitrat-indirgeyici starter kültür dâhil edilmesi ve nitrit indirgenmesi için yeterli inkübasyon süresinin sağlanması önemlidir (Sebranek ve Bacus 2007). Et ürününe katıldığında başlangıç nitrit konsantrasyonunun belirli bir düzeyde olması ürün güvenilirliği için oldukça önemlidir (Sebranek vd. 2012). Bunun için nitrat içeriği yüksek bitkisel kaynaklar ürüne katılmadan önce nitrattan nitrit dönüşümü yapılması tercih edilmektedir (Sebranek vd. 2012, Jo vd. 2020).

2.4 Alternatif Kürleme ile İlgili Yapılan Güncel Araştırmalar

Ön-dönüştürülmüş sebze tozları, kimyasal nitrite benzer şekilde et ürünlerine katılabilmektedir. Hâlihazırda ön-dönüştürülmüş kereviz tozu Amerika Birleşik Devletleri'nde et ürünleri üretiminde doğal nitrit kaynağı olarak kullanılmaktadır (Jo vd. 2020). Kereviz yüksek düzeyde nitrat içermektedir ve birçok çalışmada kereviz tozunun sentetik nitrit yerine et ürünlerine katılabileceği rapor edilmiştir (Sindelar vd. 2007a, b, Djeri ve Williams 2014). Sindelar vd. (2007a,b), sosis ve ham üretiminde kereviz suyu tozu ilavesinin kimyasal nitrite benzer kalite özellikleri sağladığını belirlemişlerdir. Golden vd. (2014) ve King vd. (2015) çalışmalarında ön-dönüştürülmüş kereviz tozu ilavesinin hindi göğüs etinde *Listeria monocytogenes* ve *Clostridium perfringens* gelişimini inhibe ettiğini ve antimikrobiyal aktivitenin kimyasal nitrit içeren örneklerle benzer olduğunu ortaya koymuşlardır.

Son yıllarda, kereviz dışında yüksek nitrat içeriğine sahip birçok sebze doğal nitrit kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Çizelge 2.4). Choi vd. (2017), kırmızı pancarın doğal nitrit kaynağı olarak kullanılabileceğini önermiştir. Araştırmacılar, fermentasyona maruz bırakılarak nitrit dönüşümü yapılan kırmızı pancar ve askorbik asit birlikte kullanıldığında, emülsifiye et ürünlerinde kür rengi oluşumunun kimyasal nitrit ile benzer düzeyde olduğunu bildirmişlerdir. Shin vd. (2017), ön dönüştürme işlemi ile pazıdan 60539 mg/kg nitrit dönüşümü sağlandığını ve domuz köftelerinde kür rengi oluşumunda

Çizelge 2.4 Et ürünlerinin kürlenmesinde doğal nitrit kaynağı kullanılan çalışmalar (Jo vd. 2020)

Sebze	Uygulama şekli ve etkisi	Kaynak
Kereviz	- Emülsiye sosislere kereviz suyu tozu (%0,2 ve %0,4) ve <i>S.carnosus</i> ilave edilmiş ve inkübasyona bırakılmıştır. - Emülsifiye pişmiş sosislerde kürlenme etkisi, inkübasyon süresi 30 dakikadan 120 dakikaya uzadıkça artmış ve sodyum nitrit kullanılan örneklerle benzer düzeyde olmuştur. - Ham üretiminde kereviz suyu tozu (%0,2 ve %0,35) ve <i>S.carnosus</i> kullanılmış ve inkübasyon yapılmıştır. - Kereviz suyu tozu ilave edilen ham üründe kürlenme, sodyum nitrit kullanılan ürüne benzer düzeyde olmuştur. - Ham gibi büyük boyutlu et ürünleri, inkübasyon süresinden daha az etkilenmiştir. Zira pişirme sırasında sıcaklık yavaş artmıştır. - Ön-dönüştürülmüş kereviz tozu (80 mg/kg nitrit içeren) ilave edilen deli-tipi hindi üründe <i>L.monocytogenes</i> inhibisyonu, 4°C'de 12 hafta depolama boyunca sodyum nitrit ilave edilen örneklerle benzer düzeyde olmuştur. - Ön-dönüştürülmüş kereviz tozu (100 mg/kg nitrit içeren) ilave edilen pişmiş hindi üründe <i>Cl.perfringens</i> inhibisyonu, sodyum nitrit ilave edilen örneklerle benzer olmuş, antimikrobiyal etki askorbat ilavesi ile artmıştır.	Sindelar vd. (2007a) Sindelar vd (2007b) Golden vd. (2014) King vd. (2015)
Kırmızı pancar	Askorbik asit ile birlikte %10 düzeyinde ön dönüştürülmüş kırmızı pancar ilave edilen et, sodyum nitrit kullanılan et ile benzer kürlenme etkisi göstermiştir.	Choi vd. (2017)
Pazı	- Nitrit içeriği 120 mg/kg olan ön dönüştürülmüş pazı ilave edilen domuz köftesinde kürlenme, sodyum nitrit ile benzer düzeyde olmuştur. - Pazı tozu içeren domuz köftesinde lipit oksidasyonu, sodyum nitrit ve kereviz tozu içeren köftelerle kıyaslandığında 28 gün depolama sonrası önemli düzeyde geciktirilmiştir. - Nitrit içeriği 128 mg/kg olan fermente pazı çözeltisi ilave edilerek kürlenlen domuz etinde kimyasal nitrit ile kürlenlen ürüne benzer özellikler belirlenmiştir.	Shin vd. (2017) Kim vd. (2019b)
Ispanak	- Fermente ıspanak ekstraktıyla kürlenlen domuz etinde ıspanak miktarı arttıkça, <i>a*</i> değeri artmış TBARM ve toplam aerob bakteri sayısı azalmıştır. - Fermente ıspanak çözeltisi ve askorbik asit ile birlikte kürlenlen domuz etinde, kimyasal nitrit ile kürlenlen örneklerle karşılaştırıldığında <i>a*</i> değeri artış, lipit oksidasyonunda önemli düzeyde azalma olmuştur.	Kim vd. (2017) Kim vd. (2019a)
Maydanoz	%4,29 düzeyinde maydanoz ekstraktı ilave edilen sosislerde, sodyum nitrit içeren örneklerle karşılaştırıldığında depolama boyunca daha düşük <i>L.monocytogenes</i> sayıları belirlenmiştir.	Riel vd. (2017)

kimyasal nitrite ve kereviz tozuna benzer sonuçlar alındığını bildirmiştir. Diğer yandan Kim vd. (2017), doğal nitrit kaynağı olarak ön dönüştürülmüş ıspanağın domuz etinde kırmızı renk oluşumunu artırdığını, lipid oksidasyonunu ve toplam aerob bakteri sayısını azalttığını belirlemişlerdir.

Çizelge 2.5'te et ve et ürünlerinde nitrat-nitrit düzeyinin azaltılması veya yerine alternatif bileşenlerin konulmasına yönelik yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular özet olarak görülmektedir. Bu alanda yapılan çalışmalar irdelendiğinde; farklı et ürünlerinde kalıntı nitrit miktarının azalmasını sağlayan mikroorganizmalar, nitrat içeriği yönünden zengin sebze suları, tozları veya pulpları, doğal antioksidanlar, yüksek basınç uygulamaları ve ışınlama gibi teknolojilerden yararlandığı gözlemlenmektedir (Öztürk vd. 2015).

Nitrat/nitrite alternatif olması yönünden en çok tavsiye edilen seçenekler arasında kereviz, ıspanak, pancar, marul, maydanoz, kiraz, domates gibi nitrat açısından zengin bitkisel kaynaklar ve laktat, bakteriosin, biyokoruyucu laktik asit bakteri kültürü gibi doğal antimikrobiyal maddeler bulunmaktadır. Et ve et ürünlerinde aranılan birçok fonksiyonu yerine getiren tek bileşik nitrittir. Bu nedenle, diğer alternatif kürlenme bileşiklerine nazaran daha etkilidir. Nitritin en önemli işlevi *Clostridium botulinum*'u inhibe etmekte gayet başarılı olmasıdır. Alternatif kürlenme maddeleri bir ön işlemde geçirilmeden kullanıldıklarında, yeterli nitrit içermemeleri nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Başka bir açıdan, tüketiciler ürünlerde bitki ekstraktlarının kullanılmasını daha sağlıklı ve daha doğal bulmaktadır (Hospital vd. 2015).

Turp, ıspanak, kereviz ve marul gibi sebzelerin 2500 mg nitrat/kg'dan daha fazla nitrat içerdiği bildirilmiştir (Santamaria 2006). İşlenmiş et ürünleri ile yüksek düzeyde uyumlulukları olan kereviz tozu ve kereviz suyu, herhangi bir kötü tat vermediği için doğal nitrat kaynakları olarak yoğunlukla kullanılmaktadır (Sebranek ve Bacus 2007). Kereviz tozu %3 civarında nitrat içerir (Sindelar vd. 2007b) ve bazı et işletmecileri tarafından üretim süreci esnasında nitratı nitrite indirgeyen bir bakteriyel başlangıç kültürü ile birlikte kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu yöntemle kürlenmiş et ürünlerinin

Çizelge 2.5 Çeşitli et ve et ürünlerinde nitrat-nitrit düzeyinin azaltılması ya da yerine alternatif bileşenlerin konulmasına yönelik çalışmalar (Öztürk vd. 2015)

Materyal	Nitrat-nitrit alternatifi	Elde edilen bulgular
Frankfurter sosis	Domates salçası	%12 domates salçası ve 100 mg/kg sodyum nitrit kullanılan örneklerde, 150 mg/kg sodyum nitrit kullanılan kontrol grubuna göre renk daha kırmızı ve kalıntı nitrit miktarı daha düşük bulunmuştur. Domates salçası kullanılarak, ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemeden sodyum nitrit miktarının 150 mg/kg'dan 100 mg/kg'a düşürülebileceği önerilmiştir.
Et konservesi (Luncheon roll)	Organik domates pulpu tozu	50 mg/kg nitrit ve %1,5 domates pulpu tozu ile üretilen örneklerde duyuusal ve mikrobiyolojik (toplam canlı sayımı) özellikler, 100 mg/kg nitrit içeren örneklerle eşdeğer bulunmuştur.
Çin sosisi	Kırmızı fermente pirinç (anka rice)	Sosis formülasyonlarında 25 mg/kg sodyum nitrit ve %1,5'a varan oranlarda kırmızı fermente pirinç kullanımı kırmızılık değerlerini yükselterek rengi geliştirmiş, ancak TBARM değerleri ve mikrobiyal yük, 100 mg/kg sodyum nitrit içeren kontrol örneklerine göre yüksek bulunmuştur.
Frankfurter sosis	Kiraz tozu, limon tozu ve sirke içeren veya kültüre edilmiş mısır şurubu ve sirke içeren doğal karışımlar	Kullanılan karışımların 120 günlük depolama süresi boyunca <i>L. monocytogenes</i> gelişimini önemli ölçüde önlediği bildirilmiştir.
Kurutulmuş sığır eti	Sebze suyu tozu ve <i>S. carnosus</i>	Nitrit içeren kontrol grubu örneklerinde a^* değeri (kırmızılık) en yüksek, TBARM değeri en düşük bulunmuştur. "Doğal kürlenmiş" etlerde sodyum nitrit ile yapılan kürlenmeye kıyasla beklenen etki sağlanamamıştır.
Piştirilmiş ve dilimlenmiş jambon	Kereviz suyu tozu ve starter kültür (<i>Staphylococcus carnosus</i>)	Tipik kür renginin nitrit ve kereviz suyu içeren her grupta olduğu, kalıntı nitrit miktarının sodyum nitrit içeren kontrol grubunda en yüksek olduğu bulgulanmış, lipid oksidasyon derecesi gruplar arasında farklılık göstermemiştir.
Sucuk	Glukano delta lakton (GDL) ve askorbik asit	Askorbik asitin kalıntı nitrit seviyesini düşürdüğü, GDL ve askorbik asitin sucuklarda verimi olumsuz etkilediği, askorbik asitin lezzet, ağız hissi ve tekstür puanları üzerinde de olumsuz etkisi olduğu, bu nedenle bu katkı maddelerinin optimum seviyeleri aşmaması gerektiği bildirilmiştir.
Jambon	Işınlama	5 kGy ışınlama uygulamasının jambonlarda kalıntı nitrit miktarını önemli derecede azalttığı, N-nitrozamin konsantrasyonunun ışınlama uygulamasından sonra önemli oranda azaldığı ve olgunlaşma boyunca kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir.
Karaciğer ezmesi	Biberiye ekstraktı	Biberiye ekstraktı lipid oksidasyonunu azaltıcı yönde etki göstermiş, askorbik asit, α - tokoferol ve karnosik asit konsantrasyonları yüksek oranda korunmuştur. Biberiye ekstraktı kullanımı ile sodyum nitrit miktarının, lipid oksidasyonu, antioksidan seviyesi ve renk stabilitesi üzerinde olumsuz etki göstermeden 120 mg/kg'dan 80 mg/kg'a düşürülmesinin mümkün olduğu bildirilmiştir.
Fermente kurutulmuş sosis	<i>Kitaibelia vitifolia</i> (Rus hibisküsü) bitkisinin ekstraktı	Bitki ekstraktı içeren örneklerde oksidasyon hızının nitrit içeren örneklerle göre daha düşük olduğu, ekstrakta karşı en hassas mikroorganizmanın <i>E.coli</i> olduğu, ekstrakt kullanımının ürünün duyuusal kabul edilebilirliğini olumsuz etkilemediği bildirilmiştir.

tipik özelliklerinin korunduğu ifade edilmektedir (Sebranek ve Bacus 2007). Kereviz tozu başlangıçta nitrat formunda kullanılıyorken daha sonra, inkübasyon basamağı işlem süresini arttırdığı için nitratin nitrit şeklinde kullanılması amacıyla bazı işletmeciler tarafından ön dönüştürülmüş kereviz tozu geliştirilmiştir (Sebranek ve Bacus 2007).

Sıklıkla kullanılan, ön dönüştürülmüş kereviz tozunun 10000-15000 mg/kg düzeyinde sodyum nitrit içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Sindelar vd. 2010). Buna paralel olarak, kereviz tozunun işlenmiş et ürünlerine eklenme miktarı genellikle formülasyon ağırlığının %0,2 ile %0,4'ü ile sınırlıdır. Çünkü kereviz tozunun bundan daha yüksek miktarda ürüne katılması durumunda kötü tat oluşumuna neden olabileceği belirtilmiştir (Sindelar vd. 2007 a, b). Kereviz tozunun, standart bir biçimde kürlenmiş et ürünü üretmek için nitrati nitrite indirgeyen bakteri kültürleri ile birlikte kullanılmadığı durumda et için iyi bir alternatif nitrit kaynağı olmayacağı ve mutlaka nitrat indirgeyici bir bakteri kültürü ile birlikte kullanılması gerektiği ifade edilmiştir (Sebranek ve Bacus 2007, Sindelar vd. 2007a, b). Kereviz tozu nötr bir tada sahip olması nedeniyle, et ürününün rengini ve lezzetini olumsuz etkilememekte ve bu nedenle en çok tercih edilen alternatif kürleme ajanı olarak kullanılmaktadır.

Ranasinghe ve Marapana (2018)'e göre, sebzelerde nitrat içeriği nitrit içeriğinden daha yüksektir. Correia vd. (2010), ıspanak, lahanası, maydanoz, şalgam, Portekiz lahanası ve marul gibi sebzelerde nitrat düzeylerini 54-2440 mg/kg arasında nitrit düzeylerini ise 1,1 ile 75 mg/kg aralığında bulmuştur. Yapılan başka bir çalışmada, karpuz ve kavunda nitrat içeriği sırasıyla 13,95–37,7 mg/kg ve 16,28–72,5 mg/kg aralığında nitrit içeriği ise sırasıyla 3,1–8,5 mg/kg ve 3,7–16,7 mg/kg aralığında bulunmuştur (Rezaei vd. 2014).

Birçok bitki özünde bulunan temel antimikrobiyal ve antioksidan bileşikler; fenolikler, organik asitler ve flavonoidlerdir. Bu bileşikler, hücre zarına zarar vererek hücrel bileşenlerin sızmasını sağlamak suretiyle mikroorganizmaları etkisiz hale getirebilir veya yok edebilir (Oussalah vd. 2006). Bu bileşiklerin antioksidan özelliği, lipid oksidasyonunun serbest radikal zincir reaksiyonunda donör olarak işlev görme fonksiyonuyla ilişkili olabilir (O'Grady vd. 2006). Kızılıcığın antioksidan ve antimikrobiyal özellikleri; sitrik asit, kinik asit, malik asit gibi organik asitlerin içeriğine

ve antosiyaninler, flavonol glikozitler ve proantosiyanidinlerin varlığına bağlanabilir (Chen vd. 2001, Lee vd. 2006). Ek olarak, kabuklar ve tohumlar da dâhil olmak üzere domates işleme endüstrisinin kalıntıları; karotenoidler sınıfında bulunan likopen, b-karoten, fitoen, fitofluen ve lutein gibi yüksek biyolojik aktif bileşikler içerir (Choksi ve Joshi 2007). Ayrıca domates içeriğinde yer alan karotenoidler, gıda renklendiricileri olarak kullanılan doğal pigmentlerin en önemli gruplarından bir tanesidir (Francis vd. 2000). Kızılıklık ve domates özleri, nitrit ile birlikte kullanıldığında kürlenme reaksiyonlarında yer alan toplam nitrit miktarını arttırmıştır. Bununla birlikte kalıntı nitrit konsantrasyonunu azaltan pH düşüşleri gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, kızılıklık ve domates özlerinin kullanıldığı bu çalışmada gözlenen düşük pH, kalıntı nitritin tükenmesine yol açan nitrik oksit üretimini hızlandırmış olabilir (Pegg ve Shahidi 2000, Xi vd. 2011).

Sarımsakta bulunan antioksidan bileşenler; S-alkenil sistein sülfoksit ve dialil disülfür, dialil trisülfür gibi diğer kükürtlü bileşenlerdir (Sasse vd. 2009). Baharat özlerinin çoğunun antibotulinal özellikleri; öjenol, isoöjenol, D-borneol, sitronellol, mentol, sinamik asit aldehit ve rozmarin asit gibi bileşenlere sahip olmasıyla ilişkilidir (Ueda vd. 1982). Ayrıca biberiye, kekik, adaçayı ve sarımsak gibi baharatların kullanılması heterosiklik aromatik aminlerin içeriğini azaltarak pişmiş kürlenmiş et ürünlerinde karsinogenik bileşik oluşumunu engelleyebileceği belirtilmiştir (Murkovic vd. 1998).

Yüksek polifenol düzeyine sahip baharatlar, otlar, meyve ve sebze tozları, püreleri ve ekstraktları fenolik bileşen içerikleri sebebiyle et ve et ürünlerinde oksidasyon aşamasında meydana gelen serbest radikallere karşı yüksek antioksidan aktivite göstermektedirler (Hygreeva vd. 2014, Shah vd. 2014). Bunlarla birlikte et ürünlerinde fosfor, kalsiyum, potasyum, demir, gibi mineral maddelerin ve A vitamini, askorbik asit ve α - tokoferol, β -karoten, gibi vitaminlerin potansiyel antioksidan kaynakları olarak kullanıldığı bilinmektedir (Falowo vd. 2014, Jiang ve Xiong 2016).

α -tokoferol, düşük seviyelerde nitrit ile birlikte kullanıldığında, et rengine olumlu katkı sağladığı için kürlenme işleminde iyi bir yardımcı maddedir (Humada vd. 2014). Yapılan bir çalışmada, fermente sosis formülasyonuna 200 mg/kg α -tokoferol ilavesinin ürünün

raf ömrünü arttırdığı, lipit oksidasyonunu yavaşlattığı ve lezzet üzerinde herhangi bir olumsuz etkisinin olmadığı belirtilmiştir (Magrinyà vd. 2009). Biberiye ise *Lamiaceae* familyasına ait olan, gıda endüstrisinde sık bir şekilde kullanılmaya başlanan bir antioksidan kaynağıdır (Karakaya vd. 2011). Biberiyenin lipit oksidasyonunu yavaşlatma etkisi, yapısında bulundurduğu antioksidan etkili fenolik bileşikler sayesinde gerçekleşir (Martin vd. 2017). Bu nedenle biberiye ve biberiye özlerinin et ürünlerinde kullanımı çok yaygındır (Pires vd. 2017, Stojanović-Radić vd. 2018). %20 domuz yağı eklenerek yapılan bir çalışmada, fermente keçi sosisine %0,025 ve 0,050 oranlarında biberiye ekstraktı ilave edilmiştir. Vakum ambalajlanarak, 90 gün 30°C'de depolama boyunca %0,050 oranında biberiye ekstraktı kullanılan örneklerde en düşük TBARM değerleri saptandığı ifade edilmiştir (Nassu vd. 2003). Yapılan başka bir çalışmada, kuru kürlenmiş fermente sosislerde doğal ve yapay antioksidanların etkileri incelenmiştir. Antioksidan içermeyen kontrol (K), BHT, üzüm çekirdeği ekstraktı (ÜÇE) ve kestane ekstraktı (KE) gruplarının oluşturulduğu bu çalışmada, olgunlaşma sonunda TBARM değerleri $K > BHT > ÜÇE > KE$ şeklinde belirlenmiş ve en yüksek antioksidan aktivitenin kestane özü ilavesi ile elde edildiği bildirilmiştir (Lorenzo vd. 2013). Zeng vd. (2017), yarı kuru bir şekilde kürlenmiş fermente sosis örneklerinde; 0,3 g/kg biberiye-0,3 g/kg meyan kökü, 0,6 g/kg BHT-0,3 g/kg taze zencefil, 0,3 g/kg biberiye-0,3 g/kg α - tokoferol ve 0,3 g/kg biberiye olmak üzere 4 farklı grup hazırlamışlardır. 28 günlük depolama sonucunda biberiye ve α - tokoferol eklenen numunelerin en düşük peroksit değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Aquilani vd. (2018), kestane özü ve üzüm çekirdeğinin kuru fermente domuz sosisi üzerinde oksidatif aktivitesini incelemişlerdir. Kestane özü kullanılan numunelerin TBARM değerleri, üzüm çekirdeği kullanılanlara oranla daha düşük tespit edilmiştir.

Kızılçık tozu, doğal ve organik biçimde işlenmiş etlerde *L. monocytogenes* gelişmesine karşı etkili olan doğal bir antimikrobiyal ajan kaynağıdır (Qiu ve Wu 2007). Limon, misket limonu tozu ve üzüm çekirdeği özü; *L. monocytogenes*'e karşı daha az etkili olmasına rağmen, kızılçık tozu ile birlikte kullanıldığında bu organizmayı kürlenmiş pişmiş etlerde kontrol etme potansiyeline sahiptir. Ayrıca nitrit (150 mg/kg başlangıç nitriti) birlikte kızılçık tozunun %1, %2 ve %3 konsantrasyonlarında kullanılmasının, *L.*

monocytogenes çoğalmasını sadece nitrite kıyasla 2-4 log kob/g azalttığı bildirilmiştir (Xi vd. 2011).

Doolaege vd. (2012), 40, 80 ve 120 mg/kg olmak üzere farklı nitrit düzeyleri ile 0, 250, 500 ve 750 mg/kg olmak üzere farklı oranda biberiye özütlerini bir arada kullanarak karaciğer ezmesi üzerinde bir çalışma yapmışlardır. Biberiye özütünün üç farklı konsantrasyonu için de renk stabilitesi, antioksidan aktivite ve lipit oksidasyonu üzerinde herhangi bir olumsuz sonuca rastlanılmamıştır. Bununla birlikte nitrit düzeyinin yaklaşık 80 mg/kg'a kadar indirilebileceği ifade edilmiştir.

Calvo vd. (2008), çalışmalarında sosis üretimi esnasında %0,6, %0,9 ve %1,2 düzeylerinde kurutulup dondurulmuş domates kabuklarını formülasyona eklemiş ve ürün özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, 21. günün sonunda tekstürel ve duyuşal açıdan kabul edilebilir ve içerisindeki likopen miktarı yüksek ürün elde edildiğini belirlemişlerdir. Depolamanın 21. gününden sonra ürünlerin doğal kırmızı renginin değişmesiyle birlikte domates kabuğundan kaynaklanan turuncu renge doğru bir geçiş gözlemlenmiştir.

Eyiler ve Öztan (2011), frankfurter sosislerde domates tozu kullanımını araştırdıkları çalışmada 50 mg/kg nitritle beraber 4 g/100 g domates tozunun kullanıldığı örnek yüksek puan almıştır. 100 mg/kg nitrite ilave olarak 2 g/100 g domates tozunun kullanıldığı ürünlerde ise antioksidan aktivitenin ve renk gelişiminin daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Domates tozu asidik yapıda olduğu için yüksek düzeyde kullanıldığı sosis numunelerinde asitliğin de artmasına neden olmuştur. 30. güne kadar olan depolama sürelerinde, sosislerde oksidasyon belirgin bir şekilde gözlenememiştir. 60 gün depolama süresinin sonuna kadar, et ürünlerinde kötü aromanın algılanmasına sebep olan malonaldehitin 1 mg /kg'ı geçmediği de belirtilmiştir.

Eim vd. (2008), fermente sosis ürünlerinde havuç tozu kullandıkları bir çalışmada %3 oranında eklenen havuç tozunun sağlıklı ve lif içeren formuyla, duyuşal özellikler açısından standart ürüne benzer olduğunu ortaya koymuşlardır.

Park ve Kim (2009), yaptıkları bir araştırmada emülsifiye sosislerde soğan ve sarımsak suyu ilavesinin, ürünün antioksidan ve antimikrobiyal etkisine olumlu katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Böylece nitritin daha az miktarlarda kullanılabileceği sonucuna varmışlardır.

Krause vd. (2011), nitrat ya da nitrit eklenmeden doğal kürleme ile üretilmiş et ürünlerinin üretim aşamasından önce starter kültür olarak *Staphylococcus carnosus* içeren ve sebze suyu tozu (SST) kürleme çözeltilerinde inkübasyon için gerekli olan sıcaklığı, sebze suyu tozu konsantrasyonunu ve tuz konsantrasyonunu belirlemişlerdir. Starter kültürün, sebze suyu tozunun ve önceden dönüştürülmüş sebze suyu tozunun kullanıldığı jambon numuneleri arasında renk bakımından istatistiki anlamda büyük bir farklılık olmadığını ortaya koymuşlardır. Kontrol örneği olarak nitritin kullanıldığı numunelerin depolanma süreci sonucunda çok daha yoğun kırmızı renkte oldukları ve depolama sürecinin ilk haftasında kalıntı nitrit düzeyinin sebze suyu tozu kullanılan örneklerde daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Bir çeşit kırmızı fasulye olan ve yüksek düzeyde polifenolik bileşenler içeren Adzuki fasülyesinin %0,2 oranında, kürleme işlemi uygulanmamış domuz sosislerine eklenmesiyle renk, tat, koku ve toplam kalite puanları açısından olumsuz bir sonuca yol açmadığı için potansiyel bir antioksidan olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir (Jayawardana vd. 2011).

Hayes vd. (2011), çiğ ve pişmiş sosis ürünlerinde potansiyel doğal antioksidan kaynakları olarak elajik asit, zeytin yaprağı ve sesamol özütlerinin ürünlerdeki yağ stabilitesini arttırdığını belirtmişlerdir.

Bozkurt (2006), çalışmasında, kurutma işlemi uygulanmış sucuğun kalitesine yeşil çay ekstresi ve *Thymbra spicata* uçucu yağı eklenmesinin sonuçlarını incelemiştir. Doğal antioksidan bileşenleri içermeleri yönünden önemli olan bu bitkiler, sucuk numunelerinde TBARM, tiramin, histamin ve putresin değerlerinin azalmasına, dolayısıyla duyu kalitenin de yükselmesine sebep olmuşlardır. Bu şekilde kullanılan türlü doğal

antioksidan kaynaklarının et ürünlerinde kullanılmasının daha güvenilir olacağı ve kalite özelliklerini daha fazla iyileştireceği ifade edilmektedir.

Vossen vd. (2012b), yaptıkları bir çalışmada frankfurter sosis formülasyonuna askorbik asit ve polifenol içeriği yönünden zengin kuşburnunu ekleyerek ürünlerin antioksidan aktivitelerini DPPH radikal yakalama yöntemi ile incelemişlerdir. 5 g/kg kuşburnu ilavesinin yapıldığı örnekte %42,8 sonucunu, 30 g/kg kuşburnu ilavesinin yapıldığı örnekte %76,0 sonucunu bulmuşlardır. Aynı çalışmada yapılan toplam fenolik madde analizine göre, 5 g/kg kuşburnu ilavesinin yapıldığı örnekte 109 mg gallik asit eşdeğeri/100 ml ekstrakt, 30 g/kg kuşburnu ilavesinin yapıldığı örnekte 554 mg gallik asit eşdeğeri/100 ml ekstrakt sonucuna ulaşmışlardır.

Riazi vd. (2016), sosis numunelerine farklı iki oranda sodyum nitrit ve kuru kırmızı üzüm pirinası ilave ettikleri bir çalışmada 4 °C'de 30 günlük depolama süresi boyunca 4 farklı ürünün antioksidan aktivitesini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubunda 120 mg/kg sodyum nitrit, ilk örnek grubunda (T1) 60 mg/kg oranında sodyum nitrit ve %1 üzüm pirinası, ikinci örnek grubunda (T2) 30 mg/kg oranında sodyum nitrit ve %1 üzüm pirinası, üçüncü örnek grubunda (T3) 60 mg/kg oranında sodyum nitrit ve %2 üzüm pirinası, dördüncü örnek grubunda (T4) 30 mg/kg oranında sodyum nitrit ve %2 üzüm pirinası kullanılmıştır. Kuru kırmızı üzüm pirinası eklenmiş olan tüm numunelerin kontrol ve şahite kıyasla yüksek bir antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Kuru kırmızı üzüm pirinası içeriğinin artmasıyla antioksidan aktivitenin de arttığı ifade edilmiştir. Bu bulgu, pirinç kepeği gibi antioksidan-aktif maddelerin düzeyinin artışıyla birlikte sosisin antioksidan aktivitesinde bir artış olduğunu bildiren Malekian vd. (2014)'ın sonuçları ile de uyumludur. Üzüm pirinası, kalıntı üzüm fenolik bileşikler ile zengin bir fenolik antioksidan kaynağıdır (Montealegre vd. 2006, Poudel vd. 2008). Bu bağlamda, kırmızı renkli türler tipik olarak antosiyaninler açısından zengindir, beyaz renkli türlerde ise eser miktarda fenolik bileşik olduğu rapor edilmiştir (Yu ve Ahmedna 2013). Bu çalışmada yer alan üzüm pirinası; kateşin, epikateşin 3-1 gallat gibi monomerik fenolik bileşikler ve dimerik, trimerik ve tetramerik prosiyanidinler bakımından zengin olan üzüm çekirdeği içermektedir. Bu sebeple üzüm pirinası, FDA tarafından da belirtildiği gibi güçlü bir antioksidan bileşen olarak kabul edilebilir.

Pennisi vd. (2020), İtalyan kuru fermente sosis üretiminde kimyasal nitrit yerine 3 g/kg düzeylerinde kereviz, ıspanak, kereviz/pancar ve ıspanak/pancar tozları kullanmışlar ve sonuçları nitrit içermeyen ve kimyasal nitrit (150 mg/kg) içeren ürünlerle karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, 60 gün depolama sonunda fermente sosislerin kalıntı nitrit miktarları arasında önemli bir farklılık olmadığını, laktik asit bakteri sayılarının kimyasal nitrit içeren grup ile benzer düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Qwele vd. (2013), 3 farklı bitkisel kaynak ile besledikleri keçilerden elde edilen etlerde kimyasal bileşim, yağ asidi içeriği ve antioksidan etkiyi araştırmışlardır. Hiçbir ilavenin yapılmadığı kontrol hayvandan elde edilen etin toplam fenolik madde içeriğinin 1,3-1,5 mg gallik asit eşdeğeri/g aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Keçilerin bir kısmının kontrol diyeti olarak ot samanı ile beslendiği ifade edilmiştir. *Moringa oleifera* yaprağı takviyesi ile beslenen keçiden elde edilen etin, kontrol diyetindeki keçi etinden daha yüksek toplam fenolik madde içeriğine sahip olduğunu bulmuşlardır. Buna göre et ve et ürünlerinde; *Moringa oleifera* yaprağının antioksidan potansiyelinin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. İndirgeme gücündeki çeşitlilik üç takviyede belirlenmiştir. *Moringa oleifera* yaprağı (0,64) ile beslenmiş keçi etindeki çeşitli dokuların indirgeme gücünün, ayçiçeği küspesi (0,38) ve ot samanı (0,31) beslenmiş keçi etleri ile karşılaştırıldığında daha iyi antioksidan aktivite gösterdiği ifade edilmiştir. Genel olarak, bu çalışma *Moringa oleifera* yaprağının güçlü antioksidan aktiviteye sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle *Moringa oleifera* yaprağı, çiftlik hayvanlarından elde edilen etin antioksidan aktivitesini iyileştirmenin önemli bir kaynağı olarak kullanılabilir. Aynı çalışmadaki veriler değerlendirildiğinde, takviye yapılmış ürünlerle beslenmiş keçi etlerinin DPPH radikalının yüzde inhibisyonunda %27,09 ile %58,95 arasında önemli bir değişiklik olduğu belirtilmiştir. *Moringa oleifera* yaprağı takviyesi ile beslenen keçiden elde edilen etin süpürme potansiyelinin; ot samanı (%27,09) ve ayçiçeği küspesi (%38,35) ile beslenen keçi etlerinin süpürme potansiyelinden iki kat daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır (p<0,05). Takviye yapılmış ürünlerle beslenmiş keçi etlerinin ABTS radikalının yüzde inhibisyonunda %70,15 ile %93,51 arasında önemli bir çeşitliliğin olduğu görülmektedir. *Moringa oleifera* yaprağı takviyesi ile beslenen keçiden elde edilen etin, ot samanı diyeti (%70,15) ile beslenen keçi etleriyle karşılaştırıldığında en etkili radikal süpürücü (%93,51) olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada; *Moringa oleifera*

yaprağı, ayçiçeği küspesi ve ot samanı ile beslenmiş keçi etlerinin et ürünlerinde oluşan lipit oksidasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir ($P<0,05$). *Moringa oleifera* yaprağı ile beslenmiş keçilerden elde edilen etin (%47,90), ayçiçeği küspesi ile beslenmiş keçilerden elde edilen ete (%20,27) göre en yüksek lipit oksidasyonu inhibisyon yüzdesine sahip olduğu belirtilmiştir. Ot samanı ile beslenmiş keçilerden elde edilen etin ise en düşük lipit oksidasyonu inhibisyon yüzdesine (%11,03) sahip olduğu ifade edilmiştir.

Loypimai vd. (2017), fermente domuz sosisine %0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 ve 1 oranlarında siyah pirinç kepeği tozu ekleyerek ürünlerin toplam fenolik madde miktarını ve antioksidan aktivitelerini belirlemişlerdir. Kontrol örneği olarak ise 120 mg/kg nitrit içeren ticari sosis kullanmışlardır. Sosis örneklerine siyah pirinç kepeği tozu eklenmesinin, DPPH radikal süpürücü antioksidan aktivitesini önemli ölçüde arttırdığı ifade edilmiştir. %0,8 oranında siyah pirinç kepeği tozu içeren örneğin antioksidan aktivitesinin %27,65 olarak, %1 oranında siyah pirinç kepeği tozu içeren örneğin antioksidan aktivitesinin ise %28,82 olarak hesaplandığı ifade edilmiştir. Bunun nedeni; siyah pirinç kepeği tozunun yüksek düzeyde hidrofilik antosiyaninlerle birlikte antioksidan aktiviteye sahip fenolik asitler, tokoller ve γ -orizanol gibi lipofilik biyoaktif bileşikler içermesi olarak belirtilmiştir. Siyah pirinç kepeği tozu eklenmesinin toplam fenolik madde miktarını önemli ölçüde arttırdığı belirtilmiştir ($P<0,05$). Siyah pirinç kepeği tozu içeren sosislerin toplam fenolik madde miktarının, %0 oranında siyah pirinç kepeği tozu içeren örnekten ve 120 mg/kg nitrit içeren kontrol örneğinden daha yüksek düzeylerde olduğu ifade edilmektedir. Bunun nedeni, siyah pirinç kepeğinin hem koyu mor antosiyanin pigmentlerinin hem de fenolik asitler dâhil diğer bileşiklerin potansiyel bir kaynağı olması şeklinde açıklanmıştır.

Ülkemizde yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir:

Ekici vd. (2015), siyah havuç konsantresi ilavesinin (%0,5, 1 ve 2) sucuğun biyoaktif ve duyuşal özelliklerine etkilerini incelemişler. %2 düzeyinde siyah havuç konsantresi ilave edilen sucukların en yüksek toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ve duyuşal yönden kabul edilebilir puanlar aldıklarını ifade etmişlerdir.

Sucu ve Yıldız Turp (2018), sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak kırmızı pancar tozu kullanımını inceledikleri çalışmalarında %0,12, %0,24 ve %0,35 düzeyinde pancar tozu ilave edilmiş ve 150 mg/kg kimyasal nitrit içeren dört grup sucuk üretmişler ve vakum ambalajlı olarak 4°C’de 3 ay depolamışlardır. Depolama sonunda örneklerin TBARM sonuçları arasında fark olmadığı, pancar tozu miktarı arttıkça a^* değerinin daha iyi korunduğu ve duyusal sonuçların kontrol sucuklar ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu belirlemişlerdir.

Babaoğlu (2020), fermente Türk sucuğu üretiminde doğal kürlenme ajanları olarak, dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozlarının kullanımının 7 gün üretim ve 90 gün depolama sırasında bazı kalite özelliklerine etkilerini incelemiştir. Depolamanın 90. gününde, ıspanak tozu ile kürlenmiş örneklerin en düşük TBARM sayılarına, dereotu tozu ile kürlenmiş örneklerin ise en yüksek lipid oksidasyon seviyesine sahip olduğu belirlenmiştir. Depolama periyodunda örneklerin kalıntı nitrit miktarlarının 2,06-3,64 mg/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sodyum nitrit ile kürlenmiş örneklerin dış kesit yüzeylerinin, en yüksek a^* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Pişmiş sucuklara ait duyusal analiz sonuçları, pazı tozu ile kürlenmiş sucukların duyusal özelliklerinin diğerlerinden daha yüksek puanlar aldığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre, fermente sucuk üretiminde sentetik nitrat kullanımına alternatif olarak özellikle pazı ve ıspanak tozlarının kullanımının uygun olabileceği ifade edilmiştir.

Işıksal (2021), kök kereviz ve siyah havuç suyunu uzun süre konsantre ederek nitrit miktarı arttırılmış ekstraktlar elde etmiş ve fermente ve ısıtılmış sucuk üretiminde 75 ve 150 mg/kg kimyasal nitrite eşdeğer düzeylerde kullanmıştır. Fermente ve ısıtılmış sucuklarda kalıntı nitrat miktarını bitkisel nitrat/nitrit içeren sucuklarda daha yüksek bulmuştur. Sucuk örneklerinin a^* değerleri bitkisel nitrat/nitrit ilavesinden olumsuz etkilenmemiştir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Et ve yağ materyali

Sucuk üretiminde, 1,5 yaşında iki Simental cinsi danadan kesimden 30 saat sonra elde edilen kaburga (%70) ve gerdan (%30) eti kullanılmıştır. Her bir hayvandan elde edilen etler bir tekerrür üretim için kullanılmıştır. Her bir tekerrür üretim 15'er gün ara ile yapılmıştır. Hayvansal yağ olarak taze koyun kuyruk yağı temin edilmiş ve donuk halde (-5°C) ete ilave edilmiştir. Et ve yağ ayrı ayrı 3 mm aynadan kıyma çekilmiştir. Ete %20 yağ içerecek şekilde yaklaşık %10 kuyruk yağı ilave edilmiş, -18°C de dondurulmuş ve 15 gün içerisinde kullanılmıştır. Et/yağ karışımı kullanılmadan önce 4°C'de 16 saat çözündürülmüştür.

3.1.2 Bitkisel nitrit kaynakları, baharat, starter kültür ve kılıf materyali

Çalışmada nitrat içeriği yüksek kırmızı pancar (*Beta vulgaris L.*), ıspanak (*Spinacia oleracea*) ve hazır ön dönüştürülmüş kereviz tozu (Veg-Cure 504, A.B.D.) kullanılmıştır. Pancar satın alındıktan sonra yıkanmış, sap ve kabuk kısmı uzaklaştırılmış, 1cm³ boyutunda küp doğranmıştır. Ispanak ise yıkanıp, kurulandıktan sonra 1 cm kalınlığında doğranmıştır. Sebzeler liyofilize edilmek üzere -75 °C'de dondurulmuştur.

Sucuk üretiminde Ankara piyasasından temin edilen iyi kalitede karabiber, kimyon, acı ve tatlı kırmızı biber, sarımsak ve tuz kullanılmıştır. Karbonhidrat kaynağı olarak analitik saflıkta sakaroz, kimyasal kürlenme maddesi nitrit ve kürlenme yardımcı maddesi olarak sodyum erithorbat kullanılmıştır.

Bitkisel nitrat kaynaklarından ön dönüştürme ile nitrit elde etmek üzere nitrat indirgeme özelliğinde *Staphylococcus carnosus* (SB-61 Bactoferm™, Chr. Hansen Inc., Almanya), sucuk üretiminde ise hem fermentatif hem nitrat indirgeyici kültür içeren *Pediococcus*

pentosaceus + *Staphylococcus carnosus* (BFL T03, Chr. Hansen Inc., Almanya) starter kültürleri kullanılmıştır. Sucuk dolumunda 36 mm çapında düz kolajen kılıf (Elit Mümessillik İthalat İhracat ve Tic. Ltd. Şti., Gebze-Kocaeli) kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Bitkisel nitrit kaynaklarının elde edilmesi ve analizler

Kırmızı pancar ve ıspanak yıkanmış, yenmeyen kısımları uzaklaştırılmış ve pancar 1 cm³, ıspanak ise 1 cm kalınlığında doğranmıştır. Sebzeler dondurulmuş ve -85 °C’de ve 120 mbar vakum altında liyofilize edilmiştir (Labconco 74200, A.B.D.). Liyofilize örnekler baharat öğütücüsünde (Krups KRP GVX242, Almanya) toz haline getirilmiştir. Toz örnekler kullanılmaya kadar kahverengi şişede ve buzdolabında depolanmıştır. Ön dönüştürme işlemi Choi vd. (2017)’nin yöntemine göre yapılmıştır. Bunun için 10 g liyofilize sebze tozu 100 ml deiyonize su ile 30 dakika karıştırılmış, daha sonra %0,025 *S. carnosus* ilave edilerek çalkalamalı inkübatörde (ZHWY 200B, Zhicheng, Çin) 30 °C de 24 saat fermentasyona maruz bırakılmıştır. Süre sonunda 6 kat bez tülbentten geçirildikten sonra, 90 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş ve hızla soğutulmuştur. Elde edilen dönüştürülmüş ekstrakt -75 °C’de dondurulmuş ve liyofilize edilmiştir. Liyofilize örnekler toz haline getirilerek kahverengi şişede ve buzdolabında depolanmıştır.

Bitkisel nitrat/nitrit kaynaklarında pH ve renk analizleri

pH için, 10 g örnek 100 ml destile su ile karıştırıldıktan sonra uygun tampon çözeltilerle kalibre edilmiş pH metrede ölçülmüştür (Seven Compact pH-meter S220, Mettler Toledo AG, İsviçre). Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarında renk ölçümü, CIE L^* , a^* , b^* sistemi kullanılarak yapılmıştır. L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık/yeşillik), b^* (sarılık/mavilik) değerleri Minolta (CR300 Reflectance Colorimeter, Osaka, Japonya) cihazı ile ölçülmüştür. Her bir örnekte 5 ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

Nitrit analizi

Bitkisel kaynaklarda nitrit analizi AOAC (1990)'a göre yapılmıştır. Liyofilize örnekten 1 g tartılmış ve üzerine 80°C sıcaklıkta 50 ml deiyonize su eklenmiştir. Cam çubuk yardımıyla topaklanmalar giderilmiştir. Karışım sıcak deiyonize su kullanılarak 250 ml'lik ölçülü balona aktarılmış ve yaklaşık 200 ml hacim elde edene kadar sıcak su eklenmiştir. İçerik, su banyosunda ara ara karıştırılarak 2 saat bekletilmiştir. Soğutulduktan sonra hacim 250 ml'ye tamamlanmış ve Whatman no.1 filtre kâğıdından filtre edilmiştir. Yaklaşık 45 ml örnek 50 ml'lik ölçülü balona aktarılmış ve üzerine 2,5 ml sülfanilamid çözeltisi (150 ml %15 asetik asitte hazırlanmış 0.5 g sülfanilamid) ilave edilmiştir. Beş dakika sonra 2,5 ml N-1-naftiletilediamin dihidroklorür (NED) çözeltisi (150 ml %15'lik asetik asit çözeltisinde 0,2 g NED çözündürülerek hazırlanmış) eklenmiş ve hacim 50 ml'ye tamamlanmıştır. Renk gelişimi için 15 dakika bekletildikten sonra absorbans 540 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunmuştur. Bitkisel kaynakların nitrit içeriği standart kurveden hesaplanmış ve mg nitrit/kg liyofilize örnek olarak hesaplanmıştır.

Toplam fenolik madde miktarı

Toplam fenolik madde analizi için örnek ekstraksiyonu Agourram vd. (2013)'nin yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır. Liyofilize sebze tozlarından 0,5 g, destile su ile çözündürülerek, 250 ml'ye seyreltilmiştir. Bu seyreltiden 5 ml alınmış ve üzerine 50 ml etanol:su (80:20) eklenerek çalkalamalı inkübatörde oda sıcaklığında 1 saat karıştırılmıştır. Ardından, 4000 rpm'de, 4°C'de 10 dakika santrifüjlenmiştir (Hermle Z326K, Almanya). Toplam fenolik madde (TFM) analizi Singleton ve Rossi (1965)'nin önerdiği yönteme göre yapılmıştır. Bunun için, 500 µl örnek ekstraktı, 2,5 ml 1:10 oranında seyreltilmiş Folin-Ciocalteu fenol reaktifi ile test tüpü içerisinde karıştırılmıştır. Tam 3 dakika sonra 2 ml %7,5'lik sodyum karbonat çözeltisi eklenmiş ve karıştırılmıştır. Çözelti 45°C'de 15 dakika inkübe edilmiş ve oluşan rengin yoğunluğu şahit çözeltiye karşı 765 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Evolution 201, Thermo Scientific, Waltham, MA, A.B.D.) okunmuştur. Gallik asit standart çözeltileri (0-250 mg/L) ile hazırlanan kurve denkleminde TFM içeriği g örnekte mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak hesaplanmıştır.

DPPH radikal yakalama aktivitesi

Sebze tozlarının serbest radikal yakalama kabiliyeti, von Gadov vd. (1997)'nin önerdiği ve Agourram vd. (2013) tarafından modifiye edilen yönteme göre belirlenmiştir. Yöntem, sebze tozlarının radikal yakalama kabiliyetinin stabil DPPH radikali ile reaksiyonuna dayanmaktadır. Bu amaçla, 3 ml DPPH methanol çözeltisi (0,061 mM) içeren test tüpüne 75 µl ekstrakt pipetlenmiş ve karıştırıldıktan sonra oda sıcaklığında 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Absorbans ölçümü, 515 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede, DPPH methanol kontrol çözeltisine karşı belirlenmiştir. DPPH inhibisyon yüzdesi, aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır.

$$\% \text{ İnhibisyon} = (A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}} \times 100$$

Burada; A_{kontrol} , reaksiyon karışımının absorbansı, $A_{\text{örnek}}$, örnek içeren reaksiyon karışımının absorbansıdır.

3.2.2 Sucuk üretimi ve analizler

Sucuk formülasyonu %91,91 yağlı et (%20 yağlı), %1,8 tuz, %1,8 sarımsak, %1,8 tatlı kırmızı biber, %0,7 acı kırmızı biber, %0,9 kimyon, %0,5 karabiber, %0,5 sakkaroz, %0,05 sodyum erithorbat ve %0,025 starter kültür (*P. pentosaceus* + *S. carnosus*) içermiştir. Sucuk üretiminde 5 grup oluşturulmuştur: i) nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol (K), ii) 150 mg/kg'a eşdeğer sodyum nitrit içeren pozitif kontrol (N), iii) %0,4 ön dönüştürülmüş kereviz ekstraktı (KV), %1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak ekstraktı (IS) ve %3 ön dönüştürülmüş pancar ekstraktı içeren grup (PN). Sucuklara ilave edilecek bitkisel nitrit kaynakları, duyuusal özellikleri olumsuz etkilememesi için %3'ü geçmeyecek şekilde hesaplanmıştır. Buna göre, en düşük nitrit içeriğine sahip pancardaki miktar dikkate alınarak başlangıç üründe 50 mg/kg nitrite eşdeğer düzeyde olmak üzere %0,4 ön dönüştürülmüş kereviz tozu, %1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak tozu ve %3,0 ön dönüştürülmüş pancar tozu ilave edilmiştir. Bitki tozları 50 ml destile suda çözündürülerek ilave edilmiştir. Başlangıç üründe 50 mg/kg nitrit bulunması renk dönüşümü ve patojen gelişimini önlemede yeterli olmaktadır (Honikel 2008). Her bir

grup üretim için, et ve yağ karışımı (-1°C’de) diğer ingredyenlerle karıştırılmış ve 5 dakika yoğrulmuştur. Sucuk hamuru mutfak tipi kıyma makinasının (Bosch, Almanya) dolum aparatı kullanılarak 36 mm çapında kolajen kılıfa (130±2 g) doldurulmuştur. Bağlama işleminden sonra sucuklar askılara asılarak sıcaklık, bağıl nem (BN) ve hava hızı ayarlı kabine (BİOGEN, Ankara) yerleştirilmiştir. Sucuklar 24°C’de, %90-92 BN’de ve 0,8-1 m/s hava hızında 1 gün, 20-22°C’de, %85-90 BN ve 0,8-1 m/s hava hızında 3 gün, 18-20°C’de, %75-85 BN ve 0,5 m/s hava hızında 5 gün fermentasyona ve kurumaya bırakılarak 9 günde üretilmiştir. Üretimin sonunda sucuklar vakum ambalajlanmış ve 4±1°C’de 3 ay depolanmıştır. Sucuk üretimi 15’er gün ara ile iki kez (tekerrür) yapılmış ve her bir tekerrürde 20 kg olmak üzere toplam 40 kg sucuk üretilmiştir. Fizikokimyasal ve kimyasal analizler için örnekler üretimin başında (0. gün), 3., 6. ve 9. günlerde ve depolamanın 1., 2. ve 3. aylarında alınmıştır.

Nem, yağ, protein ve kül analizleri

Nem miktarı analizi için, önceden sabit ağırlığa getirilen cam kaplara 3-5 g örnek hassas (0,0001) olarak tartılmış ve 105±1°C’deki kurutma dolabında (Memmert, Almanya) sabit ağırlığa gelinceye kadar yaklaşık 18 saat kurutulmuştur. Meydana gelen ağırlık farkından kuru madde ve nem miktarı % olarak hesaplanmıştır. Yağ miktarı Soxhlet yöntemine göre ve çözücü olarak petrol eteri kullanılarak yapılmış ve sonuç % yağ olarak hesaplanmıştır. Protein analizi Kjeldahl yöntemine göre yapılmış ve % azot miktarı 6,25 faktörü ile çarpılarak % protein miktarı hesaplanmıştır. Kül analizi için önceden sabit ağırlığa getirilmiş kroze 2-3 g örnek hassas (0,0001) olarak tartılmış, 105°C’de suyu uçurulduktan sonra, sıcaklığı kademeli olarak arttırılan kül fırınında (200°C’den 550°C’ye) gri renk alana kadar yakılmıştır. Meydana gelen ağırlık kaybından kül miktarı % olarak hesaplanmıştır. Bileşim analizleri AOAC (2010)’a göre yapılmıştır.

pH analizi

pH analizi için, 10 g sucuk 100 ml destile su ile karıştırılarak homojen hale getirilmiş ve pH 4, 7 ve 9 tampon (buffer) çözeltileri kullanılarak kalibre edilmiş pH metrede (Seven Compact S220 pH meter, Mettler Toledo AG, İsviçre) ölçüm yapılmıştır (Gökalp vd. 1993).

Su aktivitesi analizi

Sucuklarda su aktivitesi değeri AQUA Lab 4TE su aktivitesi cihazı (Pullmann, WA, A.B.D.) kullanılarak 25°C'de belirlenmiştir. Cihaz ölçüm yapılmadan önce üretici firmanın 0,75 ve 0,96 a_w değerine sahip standart tuz çözeltileri ile kalibre edilmiştir. Sucuk örneklerinde her bir grup için iki dilim sucukta ardışık 3 okuma ortalaması alınarak a_w değeri belirlenmiştir.

Renk analizi

Sucuk kesit yüzeylerinde renk ölçümü (L^* aydınlık, a^* kırmızılık ve b^* sarılık) Minolta (CR300 Reflectance Colorimeter, Osaka, Japonya) cihazı ile yapılmıştır. Örneklerin yüzey renk değerleri dört farklı noktada yapılan okumaların ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

Antioksidan aktivite analizleri için örnek hazırlama

Toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizleri için örnek hazırlama, Qwele vd. (2013)'nın yöntemine göre yapılmıştır. 10 g et örneği 0,05 M fosfat buffer (pH 7) ile homojenize edilmiş (%10 w/v, 10 g et + 100 ml fosfat buffer) ve karışım 12.000 g'de 4°C'de 1 saat santrifüjlenmiştir (Hermle Z326K, Almanya). Üstteki kısım 0,45 µl'lik membran filtreden geçirilerek berrak bir ekstrakt elde edilmiştir. Bu ekstrakt, toplam fenolik madde, antioksidan aktivite (ABTS ve DPPH), lipit oksidasyonu analizlerinde kullanılmıştır.

Toplam fenolik madde analizi

Toplam fenolik madde (TFM), Folin-Ciocalteu reaktifi kullanılarak, Gutfinger (1981)'in modifiye edilmiş yöntemine göre yapılmıştır. Yukarıda anlatıldığı şekilde hazırlanan ekstraktan 0,1 ml, 0,2 ml Folin-Ciocalteu reaktifi (1:1 oranında seyreltilmiş) ile karıştırılmış ve üzerine 3 ml sodyum karbonat çözeltisi (%5'lik) eklendikten sonra tekrar karıştırılmıştır. Çözelti oda sıcaklığında 1 saat inkübe edildikten sonra tekrar karıştırılmış ve oluşan rengin yoğunluğu, 765 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Evolution 201, Thermo Scientific, Waltham, MA, A.B.D.) belirlenmiştir. Fenoliklerin miktarı, gallik asit kullanılarak hazırlanan standart kurveden hesaplanmış ve sonuçlar g sucukta mg gallik asit eşdeğeri (GAE) olarak ifade edilmiştir.

ABTS (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) analizi

Sucuk ekstraktlarının ABTS⁺ radikaline karşı antioksidan potansiyeli Erel (2004)'in anlattığı yönteme göre yapılmıştır. Radikal çözeltisi 7 mM ABTS ve 2,4 mM potasyum persülfat stok çözeltileri 1:1 oranlarında karıştırılarak ve 12 saat karanlıkta bekletilerek hazırlanmıştır. Bu çözelti, fosfat tampon (pH 7,4) çözeltisi ile 734 nm dalga boyunda 0,700-0,710 absorbans verecek şekilde ayarlanmıştır. Absorbansı ayarlanan bu reaktiften 3 ml, 20 µl örnek ekstraktı ile karıştırılmış ve okunan absorbans kontrol absorbansı olarak kaydedilmiştir. Reaksiyonun 6. dakikasında 734 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Evolution 201, Thermo Scientific, Waltham, MA, A.B.D.) okunan absorbans da örnek absorbansı olarak kaydedilmiş ve % inhibisyon aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{ABTS}^+ \text{ İnhibisyonu} = [(1 - \text{Örnek absorbansı} / \text{kontrol absorbansı})] \times 100$$

DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) analizi

DPPH serbest radikal yeme aktivitesi analizi Blois (1958)'in yöntemi ve Qwele vd. (2013)'nin modifiye ettiği yönteme göre yapılmıştır. Metanolde hazırlanan 0,2 mM'lık 1 ml DPPH çözeltisine, 200 µl örnek ekstraktı ve 800 µl destile su eklenmiştir. Çözelti karıştırılmış ve oda sıcaklığında (20–22°C) 30 dakika bekletilmiştir. 1 ml DPPH ve 1 ml metanol içeren çözelti kontrol olarak kullanılmıştır. Çözeltinin absorbansı 517 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Evolution 201, Thermo Scientific, Waltham, MA, A.B.D.) okunmuştur. DPPH radikaline karşı sucuk örneklerinin yakalama aktivitesi aşağıdaki eşitlik kullanılarak DPPH % inhibisyon olarak hesaplanmıştır.

$$\% \text{DPPH}^+ \text{ İnhibisyonu} = [(1 - \text{Örnek absorbansı} / \text{kontrol absorbansı})] \times 100$$

Lipit oksidasyonu % inhibisyon oranı analizi

Lipit oksidasyonu analizi, Niehius ve Samuelson (1968) ve Qwele vd. (2013)'ün modifiye yöntemi kullanılarak yapılmıştır. 0,1 ml örnek ekstraktı 2 ml TBA-TCA-HCl reaktifi (1:1:1) ile vidalı-kapaklı cam tüp içerisinde karıştırılmıştır. Tüpler kaynar su banyosunda 30 dakika inkübe edilmiş ve soğutulmuş, oluşan rengin absorbansı 535 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Evolution 201, Thermo Scientific, Waltham, MA,

A.B.D.) şahit çözeltiye karşı belirlenmiştir. % inhibisyon aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır.

$$\text{Lipit oksidasyonu \% inhibisyon} = [1 - (\text{örnek absorbansı} / \text{kontrol absorbansı})] \times 100$$

Duyusal analiz

Sucukların duysal özellikleri çiğ ve pişmiş örneklerde olmak üzere koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden üretimin ve depolamanın sonunda değerlendirilmiştir. Sucuk örnekleri eşit kalınlıklarda (3 mm) dilimlenmiştir. Pişirme işlemi 1,5 dakika bir taraf, 1 dakika diğer taraf olmak üzere ızgarada (SM606 Model, Kenwood, Japonya) yapılmıştır. Çiğ ve pişmiş örnekler rastgele 3 basamaklı rakamlarla kodlanmış kapaklı örnek kaplarında panelistlere sunulmuştur. Panelistlerden, örnekler arası geçişlerde bir önceki koku ve tadı nötrlemeleri için su ve tuzsuz galeta kullanmaları istenmiştir. Değerlendirmede 10 puanlık hedonik ölçek kullanılmıştır (en beğenilen özellik 10 puan, hiç beğenilmeyen özellik ise 1 puan). Panelde sucuk yeme alışkanlığı olan 14 panelist yer almıştır ve panel iyi havalandırılmış duysal analiz laboratuvarında ve beyaz floresan ışık altında yapılmıştır.

3.2.3 İstatistik analiz

Bitkisel ekstraktlarda analizler 5 tekrar yapılmış ve sonuçlar ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. İstatistik analiz SPSS yazılım programı (versiyon 22, SPSS Inc., Chicago, IL, A.B.D.) kullanılarak yapılmıştır. Kereviz, pancar ve ıspanak arasındaki fark tek yönlü varyans analiz tekniği (ANOVA) ile, fark var ise farkın düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. Sucukta ise iki yönlü varyans analiz tekniği kullanılarak ve farkın düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma tekniği ile belirlenmiştir. İki tekerrür sucuk örneklerinde pH, su aktivitesi, kalıntı nitrit, toplam fenolik madde, DPPH, ABTS, lipit peroksidasyonu sonuçları için faktörler; beş farklı uygulama (K, N, KV, IS, PN), dört üretim süresi (0, 3, 6 ve 9. günler) ya da depolama süresi (0, 1, 2 ve 3. aylar), nem, yağ, protein ve kül miktarları için faktörler beş farklı uygulama ve üç üretim aşaması

(başlangıç, üretim sonu ve depolama sonu), duyusal analiz için faktörler beş farklı uygulama ve iki süre aşaması (üretim sonu ve depolama sonu)'dır.



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Bitkisel Nitrit Kaynaklarında Yapılan Analiz Sonuçları

Yüksek nitrat içeriğine sahip kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar liyofilize edilerek suyu uzaklaştırılmış ve nitrat redüktaz aktivitesine sahip *S.carnosus* starter kültürü ile 24 saat fermentasyona maruz bırakılarak nitratın nitrite indirgenmesi sağlanmıştır. Bu örneklerde yapılan pH, renk, antioksidan aktivite (DPPH), nitrit analizlerine ait sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarının bazı fizikokimyasal, antioksidan aktivite ve kalıntı nitrit sonuçları

	Kereviz	Ispanak	Pancar
pH	4,40±0,09 ^b	5,03±0,13 ^a	5,13±0,06 ^a
<i>L</i> *	17,93±0,09 ^b	51,98±0,11 ^a	12,21±0,14 ^c
<i>a</i> *	4,55±0,10 ^b	-0,32±0,08 ^c	9,04±0,15 ^a
<i>b</i> *	22,11±0,14 ^a	6,92±0,04 ^c	13,81±0,12 ^b
TFM (mg GAE/g kuru örnek)	107,92±9,52 ^b	191,93±13,27 ^a	81,38±10,29 ^c
DPPH (% inhibisyon)	8,17±0,12 ^a	9,35±0,59 ^a	5,84±0,18 ^b
Kalıntı nitrit (mg/kg)	11675±125 ^a	4029±352 ^b	1605±411 ^c

Sonuçlar beş tekrar ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki ark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Ön dönüştürme yapılmış kereviz, ıspanak ve kırmızı pancarın pH değerleri sırasıyla 4,40, 5,03 ve 5,13’tür. Ön dönüştürme işlemi yapılmada önce kerevizin, ıspanağın ve kırmızı pancarın pH değerleri sırasıyla 6,48, 5,58 ve 6,35 olarak belirlenmiştir (sonuçlar çizelgede verilmemiştir). Görüldüğü üzere fermentasyon işlemi ile pH değeri düşmektedir. Hwang vd. (2017), nitrit dönüşümü sonrası pH değerlerini; kırmızı pancarın 4,65, Kim vd. (2017), ıspanağın 5,24 ve Hwang vd. (2018) ıspanağın 5,21, kerevizin 4,31 bulmuşlardır. Benzer fermentasyon koşullarına sahip bu çalışmalar ile çalışmamıza ait sonuçlar uyumludur.

Nitrit dönüşümü yapılmış kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar renk (*L**, *a**, *b*) değerleri sırasıyla kerevizde 17,93, 4,55 ve 22,11, ıspanakta 51,98, -0,32, ve 6,92, kırmızı pancarda

12,21, 9,04 ve 13,81 olarak belirlenmiştir. Ön dönüştürülmüş kerevizde yüksek b^* değeri, ıspanakta yüksek L^* değeri ve pancarda yüksek a^* değeri bu ürünlerde sırasıyla sarılığın, aydınlığın ve kırmızılığın baskın olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde fermantasyona maruz bırakılarak elde edilen kerevizde L^* , a^* ve b^* değerleri sırasıyla 15,21, 4,19 ve 19,66 (Hwang vd. 2018), ıspanakta 53,10, -0,21 ve 6,96 (Hwang vd. 2017), 52,43, -0,26 ve 7,07 (Kim vd. 2017 ve 2019b), kırmızı pancarda 10,13, 8,24 ve 13,52 (Hwang vd. 2018) olarak belirlenmiştir.

Nitrit dönüşümü yapılmış bitkisel nitrit kaynaklarında TFM miktarları kereviz tozunda 107,92 mg GAE/g, ıspanak tozunda 191,93 mg GAE/g, pancar tozunda ise 81,38 mg GAE/g olarak belirlenmiştir. En yüksek TFM miktarı ıspanak tozunda, en düşük pancar tozunda belirlenmiştir ($p < 0,05$). Antioksidan aktivite sonuçları DPPH % inhibisyon oranı olarak ön dönüştürülmüş kereviz tozunda %8,17, ıspanak tozunda %9,35 ve pancar tozunda %5,84 olarak belirlenmiştir. Yosefi vd. (2010), farklı ıspanak yaprağı çeşitlerinde TFM miktarının 10,50-11,43 mg GAE/g KM, antioksidan aktivitenin 35,35-44,87 μ M Trolox/g KM arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yao vd. (2010), kurutulmuş farklı çeşit kereviz tozlarında TFM miktarlarının 5,02-3,83 mg GAE/100 g kuru ağırlık arasında, antioksidan aktivite sonuçlarının; DPPH değerlerinin 79,54-105,79 μ M TE/100 g kuru ağırlık arasında, ABTS^{•+} değerlerinin 81,9- 114,38 μ M TE/100 g kuru ağırlık arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Taze kırmızı pancarda toplam fenolik madde (TFM) miktarının farklı çeşitlerde 820-1280 mg/kg arasında, DPPH % inhibisyon oranının ise %19,63-29,82 arasında değiştiği bildirilmiştir (Kavalcova vd. 2015). Başka bir çalışmada 6 farklı kırmızı pancar çeşidine TFM miktarlarının 5,64-19,09 mg GAE/g arasında değiştiği belirtilmiştir (Carrilloa vd. 2019). Başka bir çalışmada, 13 kırmızı pancar çeşidinde TEAC (ABTS^{•+}) ve DPPH yöntemleriyle belirlenen antioksidan aktivite sonuçları TEAC değerlerinin 35,50-49,71, DPPH değerlerinin ise 24,06–32,87 μ mol Trolox/g KM arasında değiştiği bildirilmiştir. Kırmızı pancar liyofilize edilerek kurutulduğunda TFM içeriğinin düştüğü, bu düşüşün fenolik bileşiklerin suda çözünür olması nedeniyle su ile birlikte kaybolmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Vasconcellos vd. 2016). Bu çalışmalarla kıyaslandığında çalışmamızda belirlenen ABTS^{•+} ve DPPH değerleri daha düşük bulunmuştur. Bunun nedenleri; bitkisel kaynağın çeşidi, kurutma koşulları (havada, liyofilize) ve ekstraksiyon yöntemleri olabilir (Yosefi

vd. 2010, Yao vd. 2010, Carrilloa vd. 2019). Antioksidan aktivitenin düşük olması sebze tozlarının iki kez liyofilize edilmesi daha sonra ısıtma maruz bırakılması ve fermentasyon ortamına bağlı olabilir. Ozgur vd. (2011), taze sebzelerin kurutulmuş olanlardan daha fazla TFM miktarına sahip olduğunu, kurutma sırasında fenolik bileşiklerin parçalandığını bildirmişlerdir. Wijernewardana vd. (2015), kurutma yönteminin sebzelerin antioksidan aktivitesini etkilediğini ve en yüksek antioksidan aktiviteye vakum altında kurutulan sebzelerin, daha sonra liyofilizasyonla kurutulan sebzelerin sahip olduğunu, en düşük antioksidan aktiviteye ise güneşte ve kurutma dolabında kurutulan sebzelerin sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarında kalıntı nitrit miktarları kereviz tozunda 11675 mg/kg, ıspanak tozunda 4029 mg/kg ve pancar tozunda 1605 mg/kg bulunmuştur. En yüksek nitrit miktarı kereviz tozunda belirlenmiştir ($p<0,05$). Benzer fermentasyon koşullarında ön dönüştürme yapılmış çalışmalarda; Hwang vd. (2018), kerevizde kalıntı nitrit miktarını 201,35 mg/kg, kırmızı pancarda 729,28 mg/kg ve ıspanakta 5012,18 mg/kg, Kim vd. (2017), ıspanakta 4916,82, Choi vd. (2017), kırmızı pancarda 729,28 mg/kg bulmuşlardır. Çalışmamızda bulunan yüksek değerler, bitkisel kaynakların ön dönüştürme sonrası liyofilize edilmesinden ve sebze çeşidinden kaynaklanabilir (Yosefi vd. 2010, Yao vd. 2010). Kırmızı pancar 2500 mg/kg ya da daha fazla nitrat içeriği ile “yüksek nitrat içeren sebzeler” sınıfında yer almaktadır (Santamaria 2006). Ozaki vd. (2021), kurutulmuş toz kırmızı pancarda nitrat içeriğini 14038 mg/kg bulmuşlardır. Kuruma ile nitrat içeriği taze ile kıyaslandığında daha da artmaktadır. Kırmızı pancarın içerdiği karotenoidler, antosiyaninler ve betalainler gibi doğal pigmentlerin ve fenolik bileşiklerin lipid oksidasyonunu azalttığı ve oksidatif direnci teşvik ettiği klinik çalışmalarda ortaya konulmuştur (Mirmiran vd. 2020).

4.2 Sucukta Yapılan Analiz Sonuçları

4.2.1 Nem, yağ, protein ve kül sonuçları

Farklı düzeylerde bitkisel nitrit kaynakları ilave edilerek üretilen sucuklarda üretimin başında, sonunda ve depolamanın sonunda, nem ve yağ miktarlarına ait bulgular çizelge

4.2’de verilmiştir. Üretim başlangıcından sonuna kadar olan süre baz alındığında tüm örnek gruplarının nem miktarlarında fermentasyon ve kurumaya bağlı olarak azalma meydana gelmiştir. Başlangıçta %57,43-59,12 arasında olan nem miktarları üretim sonunda %36,98-43,37 aralığında değişim göstermiştir. Üretim sonunda PN örneği %43,37 ile nem içeriği en yüksek grup olurken, K örneği %36,98 ile nem içeriği en düşük grup olmuştur. Depolama sonunda en yüksek nem miktarı PN örneğinde %39,11 olarak belirlenirken, en düşük nem miktarı K örneğinde %35,27 olarak belirlenmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, sürenin ve bunların interaksiyonunun etkisini belirlemek için yapılan varyans analizi; grup x süre interaksiyonunun nem miktarlarındaki değişim üzerinde etkili olduğunu ($p<0,05$) göstermiştir (Çizelge 4.2). Sürenin etkisi tüm gruplarda başlangıç ile üretim ve depolama sonu nem miktarları arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) olurken, K ve N örneklerinde üretim ve depolama sonu nem miktarları arasındaki değişim önemsiz ($p>0,05$), KV, IS ve PN grupları nem miktarları arasındaki değişim her bir analiz döneminde önemli düzeyde ($p<0,05$) olmuştur. KV, IS ve PN içeren sucuklar, K ve sodyum nitrit içeren gruplardan önemli düzeyde ($p<0,05$) daha yüksek nem içeriklerine sahip olmuşlardır. Sucuk hamurunda grupların nem miktarları arasındaki fark önemsiz ($p>0,01$), üretim ve depolama sonunda ise grupların nem miktarlarındaki değişim K ve N grupları arasında ve KV, IS ve PN grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), ancak K ve N grupları ile KV, IS ve PN grupları arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) olmuştur. Bu sonuçlar, bitkisel kaynak ilavesinin sucuklarda daha kontrollü nem kaybına neden olduğunu göstermiştir.

Sucukların başlangıçta %20,84-22,38 arasında olan yağ miktarları üretim sonunda %28,09-32,84 aralığında değişim göstermiştir. Üretim sonunda K örneği %32,84 ile yağ içeriği en yüksek grup olurken, PN örneği %28,09 ile yağ içeriği en düşük grup olmuştur. Yağ miktarları üretim sonunda %28,09-32,84 aralığında değişirken, depolama sonunda oransal olarak artmış ve %30,93-33,18 aralığında değişim göstermiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, sürenin ve bunların interaksiyonunun etkisini belirlemek için yapılan istatistik analiz; grup x süre interaksiyonunun yağ miktarlarındaki değişim üzerinde etkili olduğunu ($p<0,05$) göstermiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretimin başında, son üründe ve depolama sonrası belirlenen nem ve yağ miktarlarındaki değişim

Grup	Üretim başlangıcı	Üretim sonu	Depolama sonu
Nem (%)			
K	57,43±0,97 ^{aA}	36,98±1,23 ^{bB}	35,27±0,53 ^{bB}
N	58,96±0,88 ^{aA}	37,96±0,78 ^{bB}	36,00±0,64 ^{bB}
KV	57,65±0,64 ^{aA}	42,61±0,37 ^{aB}	38,95±0,42 ^{aC}
IS	58,06±0,07 ^{aA}	42,41±0,13 ^{aB}	38,36±0,37 ^{aC}
PN	59,12±0,93 ^{aA}	43,37±0,39 ^{aB}	39,11±0,80 ^{aC}
Yağ (%)			
K	22,38±0,66 ^{aB}	32,84±0,88 ^{aA}	33,18±0,32 ^{aA}
N	20,84±0,41 ^{aB}	32,14±0,36 ^{aA}	32,69±0,14 ^{aA}
KV	22,00±0,07 ^{aC}	29,09±0,43 ^{bcB}	31,02±0,87 ^{bA}
IS	21,84±1,00 ^{aB}	30,32±0,32 ^{bA}	31,13±0,54 ^{bA}
PN	22,16±0,40 ^{aC}	28,09±0,06 ^{cB}	30,93±0,73 ^{bA}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Sürenin etkisi, K, N ve IS gruplarında başlangıç ve üretim, depolama sonu yağ miktarları arasında önemli ($p<0,05$), üretim ve depolama sonu yağ miktarları arasında önemsiz ($p>0,05$) düzeyde artış göstermiştir. Yağ miktarındaki değişime her bir analiz döneminde grupların etkisi incelendiğinde, üretimin başında gruplar arası değişim önemsiz, üretim ve depolama sonu yağ miktarları ise K ve N grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), depolama sonunda ise KV, IS ve PN grupları arasında önemsiz ($p>0,05$) düzeyde değişmiştir.

Farklı düzeylerde bitkisel nitrit kaynakları ilave edilerek üretilen sucuklarda üretimin başında, sonunda ve depolamanın sonunda; protein ve kül miktarlarına ait bulgular çizelge 4.3'te verilmiştir. Üretim başlangıcından sonuna kadar tüm örnek gruplarının protein miktarlarında nem miktarındaki azalışa bağlı olarak oransal bir artış gözlenmiştir. Başlangıçta %16,12-17,38 arasında olan protein miktarları üretim sonunda %22,98-25,48 aralığında değişim göstermiştir. Üretim sonunda K örneği %25,48 ile protein içeriği en yüksek grup olurken, IS örneği %22,98 ile protein içeriği en düşük grup olmuştur. Depolama sırasında K örneği dışında diğer tüm örnek gruplarının protein miktarlarında artış meydana gelmiştir. Protein miktarları depolama sonunda %24,11-25,20 aralığında

Çizelge 4.3 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretimin başında, son üründe ve depolama sonrası belirlenen protein ve kül miktarları

Grup	Üretim başlangıcı	Üretim sonu	Depolama sonu
Protein (%)			
K	16,53±0,52	25,48±0,24	25,20±0,49
N	17,38±0,24	24,53±0,86	25,06±0,86
KV	16,76±0,93	23,77±0,26	24,54±0,87
IS	16,56±1,56	22,98±1,19	24,93±1,25
PN	16,12±1,00	23,84±1,06	24,11±1,01
Ortalama	16,66±0,86 ^B	24,12±0,94 ^A	24,77±0,54 ^A
Kül (%)			
K	2,45±0,06	3,76±0,52	4,56±0,19
N	2,58±0,0	3,84±0,45	4,39±0,11
KV	2,83±0,25	4,32±0,13	4,80±0,27
IS	2,80±0,16	4,47±0,17	4,92±0,33
PN	2,83±0,17	4,54±0,16	5,15±0,37
Ortalama	2,70±0,20 ^C	4,18±0,42 ^B	4,66±0,36 ^A

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

A-C: İlgili satırda farklı harf taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05)

değişim göstermiştir. Yapılan varyans analizi, protein miktarına sürenin etkisinin önemli (p<0,05) olduğunu göstermiştir. Bu etki üretimin başı ile üretim ve depolama sonu protein miktarları arasında önemli düzeyde (p<0,05) olmuştur (Çizelge 4.3). Üretim ve depolama sonu protein miktarları arasındaki fark ise önemli bulunmamıştır (p>0,05).

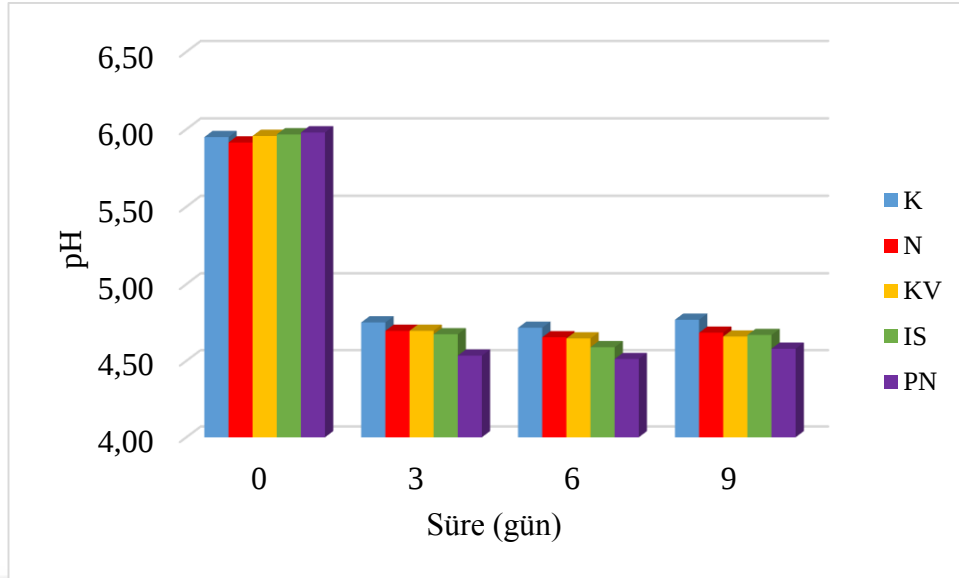
Üretim başlangıcından sonuna kadar olan süre baz alındığında tüm örnek gruplarının kül miktarlarında artış gözlenmiştir. Başlangıçta %2,45-2,83 arasında olan kül miktarları üretim sonunda %3,76-4,54 aralığında, depolama sonunda ise %4,39-5,15 aralığında değişim göstermiştir. Yapılan varyans analizi, kül miktarına sürenin etkisinin önemli (p<0,05), uygulamanın etkisinin önemsiz (p>0,05) olduğunu göstermiştir. Sucuk hamuru, üretim sonu ve depolama sonu kül miktarları arasındaki fark önemli (p<0,05) olmuştur (Çizelge 4.3). Kül miktarında kurumaya bağlı olarak artış olması beklenen bir durumdur. %3 düzeyinde ilave edilen PN örnekler en yüksek kül içeriğine sahip olmasına karşın, bu fark önemli düzeyde (p>0,05) değildir.

Sucuk örneklerinde üretim sonunda yaklaşık %30 nem kaybı olmuştur. Bitkisel nitrit kaynağı olarak sebze tozu ilave edilen sucuklarda (KV, IS ve PN) üretim sonunda nem miktarları sodyum nitrit ilave edilen ve nitrit ilavesiz sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) daha yüksek olmuştur. Sucukların 3 ay vakum ambalajlı olarak depolanması sırasında da çok olmamakla birlikte yaklaşık %8 nem kaybı gözlenmiştir. Sucuk üretiminde fermentasyon ve kuruma sürecinde nem kaybı meydana gelmektedir. Ortama hâkim olan laktik asit bakterilerinin oluşturduğu laktik asit, ortamın asitlenmesine yani pH'nın düşmesine ve proteinlerin izoelektrik noktasına ulaşmasına neden olmaktadır. Bilindiği üzere proteinler izoelektrik noktada minimum su tutma kapasitesine sahiptirler ve bu nedenle su kaybı artmaktadır (Toldrá vd. 2001, Soyer vd. 2005).

Sucu ve Yıldız Turp (2018), farklı oranlarda kırmızı pancar tozu ilave ederek ürettikleri ve vakum ambalajlayarak 4°C'de 84 gün depoladıkları sucuklarda nem, yağ, protein ve kül miktarlarının sırasıyla; %42,95-44,69, %30,68-33,07, %20,08-20,22 ve %3,21-3,39 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada bulunan sonuçlar, çalışmamızda elde edilen sonuçlardan daha yüksek nem, daha düşük protein, yağ ve kül miktarları içermiştir. Babaoğlu (2020) ise, kimyasal nitrat, nitrit ve bitkisel nitrit kaynağı olarak ıspanak, maydanoz, dereotu ve pazı tozu kullanarak ürettiği sucuklarda nem miktarlarının %35,66-37,86 aralığında değiştiğini bildirmiştir. Sonuçlar arasındaki farklılık, kullanılan hammaddeden, formülasyondan, üretim koşullarından kaynaklanabilmektedir (Soyer vd. 2005).

4.2.2 pH sonuçları

Farklı bitkisel nitrat/nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerindeki değişim şekil 4.1'de gösterilmiştir. Kontrol ve farklı bitkisel nitrit kaynakları içeren örneklerin pH değerleri incelendiğinde, 0. günde pH değerleri 5,92-5,98 arasında değişmektedir; 3., 6. ve 9. günlerde ise sucukların pH değerleri sırasıyla 4,54-4,76, 4,52- 4,72, 4,58- 4,77 arasında değişmiştir. Grupların tümünde 0. gün ve 3. gün arasında hızlı bir pH düşüşü gerçekleşmiştir. Üretimin, 3. ve 6. günleri arasında pH düşüşü daha yavaş olarak devam etmiş, üretimin sonunda ise tüm grupların pH



Şekil 4.1 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerindeki değişim

değerlerinde az da olsa artış gözlenmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, üretim süresinin ve bunların interaksiyonunun etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi; grup x gün interaksiyonunun pH değerlerine etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($p < 0,05$). Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.4'te verilmiştir. Üretimin başında gruplar arası fark önemli bulunmazken ($p > 0,05$), 3. günde nitrit kaynağı içeren gruplarda K grubundan önemli düzeyde ($p < 0,05$) daha hızlı pH düşüşü gözlenmiştir. 3. günde en fazla düşüş 4,54 ile PN grubunda olmuştur. Üretimin 6. gününde K, N ve KV gruplarının pH değerleri birbirine yakın olurken ($p > 0,05$), IS ve PN örneklerinde düşüş diğer gruplardan önemli düzeyde ($p < 0,05$) daha fazla olmuştur. Üretimin sonunda tüm grupların pH değerlerinde bir miktar artış gözlenmiştir. K grubu 4,77 ile en yüksek pH değerine, PN 4,58 ile en düşük pH değerine sahip olmuşlardır. Üretim sonunda N, KV ve IS gruplarının pH değerleri arasındaki fark önemsiz ($p > 0,05$), bu gruplarla K ve PN grupları arasındaki fark ise önemli ($p < 0,05$) düzeyde olmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde; 0. gün ile diğer günler arasındaki farklar önemli düzeyde ($p < 0,05$) düşüş şeklinde olmuştur. Üretimin 6. ve 9. günler arası pH değerleri incelendiğinde, son gün tüm gruplarda gözlenen artış ile 6. ve 9. gün pH değerleri arasındaki fark, KV hariç diğer gruplar arasında önemli düzeyde ($p < 0,05$) olmuştur.

Çizelge 4.4 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen pH değerlerindeki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	5,95±0,04 ^{abA}	4,76±0,03 ^{aB}	4,72±0,06 ^{aC}	4,77±0,01 ^{aB}
N	5,92±0,04 ^{baA}	4,70±0,01 ^{bB}	4,66±0,03 ^{abC}	4,69±0,01 ^{bB}
KV	5,96±0,00 ^{abA}	4,70±0,04 ^{bB}	4,65±0,06 ^{abC}	4,66±0,01 ^{bC}
IS	5,97±0,02 ^{abA}	4,68±0,03 ^{bB}	4,60±0,02 ^{bcC}	4,68±0,01 ^{bB}
PN	5,98±0,02 ^{aA}	4,54±0,00 ^{cB}	4,52±0,02 ^{cB}	4,58±0,02 ^{cC}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

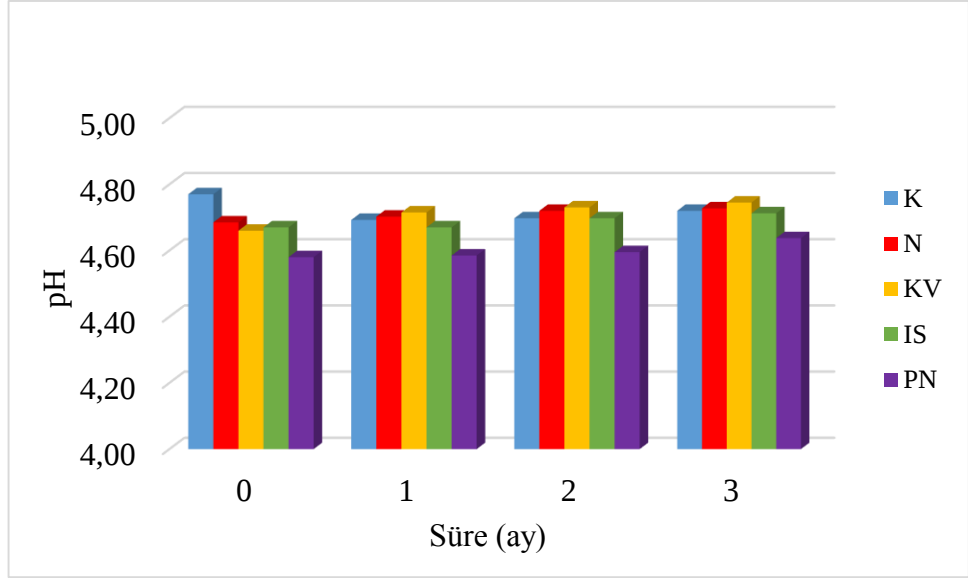
A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Sucukta fermentasyon olayı mikroorganizmalar ile gerçekleşmektedir. Özellikle laktik asit bakterilerinin (LAB) rol oynadığı fermentasyon aşamasında pH düşmektedir ve pH değerindeki düşme ürünün tekstür ve lezzetinin oluşumunda etkilidir (Lucke 1998, Montel 1999). Laktik asit bakterileri sucuk hamurundaki karbonhidrat kaynaklarını hızlı bir şekilde fermentasyona uğratarak laktik asit oluşturmakta, böylece pH düşüşüne neden olmaktadır. pH değerindeki bu düşüş, bazı istenmeyen bakterilerin gelişmesini önemli düzeyde engelleyerek ürünün mikrobiyolojik olarak güvenliğini sağlamaktadır (Gökalp vd. 1994). pH değerinin düşmesi, proteinlerin izoelektrik noktalarının altına inmesine neden olmakta ve proteinlerde kısmi denatürasyon gerçekleşerek kuruma işlemi daha kolay gerçekleşmektedir (Lücke 1998, Toldra vd. 2001). Bitkisel kaynaklar aynı zamanda karbonhidrat da içermektedirler. Özellikle %3 ile en fazla oranda katılan pancar tozunun karbonhidrat içeriğinin fermentasyonda LAB için ilave kaynak olması, PN grubundaki en fazla düşüşün nedeni olabilir. Ürünün pH değerinde meydana gelen değişim, ortamda bulunan karbonhidrat kaynağının çeşidine ve miktarına bağlıdır (Pexara vd. 2002).

Hwang vd. (2017), fermente kırmızı pancarın düşük tuzlu sosis üretiminde kullanılması üzerine yaptıkları bir çalışmada, en düşük pH değerini %1 pancar tozu eklenen örneklerde tespit etmişler ve düşük pH değerinin pancardaki karbonhidrat kaynaklarının mikroorganizmalar tarafından kullanılmasından kaynaklanabileceği yorumunu yapmışlardır. Bu sonuç çalışmamızla benzerlik göstermiştir. Işıksal (2021), farklı

nitrat/nitrit kaynaklarını (sodyum nitrit, kereviz ve siyah havuç konsantresi) farklı düzeylerde içeren sucuklarda üretim sonunda pH değerlerinin 4,92-4,81 arasında değiştiğini ve çalışmamızla benzer şekilde bitkisel kaynak içeren sucukların K sucuklardan daha düşük pH değerlerine sahip olduklarını bildirmiştir. Ozaki vd. (2021), fermente kuru sosisler için alternatif doğal nitrit kaynağı olarak pancar ve turp tozu kullandıkları çalışmada, başlangıçta 5,60-5,70 olan pH değerinin, LAB aktivitesi ve fermentasyon ile gerçekleşen olgunlaşmadan sonra 4,60' a düştüğünü ayrıca %1 pancar tozu ilave edilmiş örneğin olgunlaşma dönemi sonunda diğer örneklerle kıyasla daha düşük pH değerine sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da PN örneğinin olgunlaşma sonunda en düşük pH değerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama boyunca pH değerlerindeki değişim şekil 4.2'de gösterilmiştir. Özellikle K örneklerde 1. ayda düşüş, diğer örneklerde ise önemli bir değişim görülmemiştir. Depolama sonunda en düşük pH değeri 4,64 ile PN örneklerinde, en yüksek pH değeri ise 4,74 ile KV örneklerinde belirlenmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, depolama süresinin ve bunların interaksiyonunun etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu interaksiyonun önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Bu etkinin düzeyini gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.5'te verilmiştir. Depolama boyunca, en düşük pH değeri PN içeren örneklerde belirlenmiş ve her bir analiz döneminde PN örneklerinin pH değeri diğer örneklerin pH değerlerinden önemli düzeyde düşük bulunmuştur ($p<0,05$). Depolama başlangıcı hariç diğer aylarda K, N, KV ve IS örneklerinin pH değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Sürenin etkisi incelendiğinde; K örneklerde 0. ay ile diğer aylar arasındaki fark önemli ($p<0,05$), KV ve IS örneklerinde süreler arası fark önemsiz ($p>0,05$), PN örneklerinde ise 0, 1 ve 2. ay pH değerleri arasındaki fark önemsiz, ancak 3. ay pH değerindeki artış ile diğer aylarla arasındaki fark önemli ($p<0,05$) olmuştur.



Şekil 4.2 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında pH değerlerindeki değişim

Çizelge 4.5 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen pH değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay
K	4,77±0,01 ^{aA}	4,69±0,01 ^{aB}	4,70±0,04 ^{aB}	4,72±0,04 ^{aB}
N	4,69±0,01 ^{bB}	4,70±0,01 ^{aAB}	4,72±0,01 ^{aA}	4,73±0,00 ^{aA}
KV	4,66±0,01 ^{bA}	4,72±0,06 ^{aA}	4,73±0,02 ^{aA}	4,74±0,02 ^{aA}
IS	4,67±0,01 ^{bA}	4,67±0,02 ^{aA}	4,70±0,01 ^{aA}	4,71±0,03 ^{aA}
PN	4,58±0,02 ^{cB}	4,59±0,01 ^{bB}	4,59±0,01 ^{bB}	4,64±0,00 ^{bA}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

A-B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

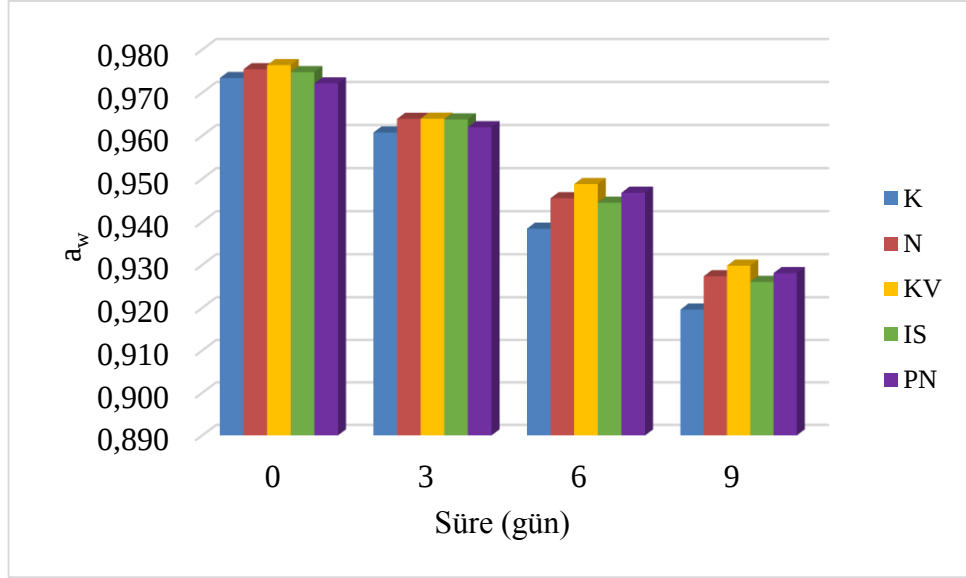
Işıksal (2021), farklı düzeylerde ve farklı nitrat/nitrit kaynakları (kara havuç suyu konsantresi ve kereviz suyu konsantresi) ile üretilen sucukların üretim ve depolama sırasında pH değerlerini belirlemiştir. Sucuk hamurunda pH değeri 5,61-5,64 aralığında, üretimin 3. ve 6. gününde pH değerleri sırasıyla 4,74-4,82, 4,64-4,68 aralığında belirlenmiştir. Son üründe ise pH değeri 4,81-4,96 aralığında tespit edilmiştir.

Araştıracının pH değerleri çalışmamızda bulunan pH değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedenleri, üretim sırasındaki olgunlaştırma koşulları, karbonhidrat kaynakları ve kullanılan starter kültür farklılığı olabilir.

Türk Gıda Kodeksi (TGK)'ne (Anonim 2019) göre, sucukta pH değeri en yüksek 5,4 olmalıdır. Çalışmamızda üretim sonunda bulunan pH sonuçları TGK' ne uygundur. Depolamada 0., 1., 2. ve 3. aylara ait pH değerleri ise sırasıyla 4,58-4,77, 4,59-4,72, 4,59-4,73, 4,64-4,74 arasında değişmektedir. Depolama aşamasında tüm grupların pH değerleri bir miktar artış göstermiştir. pH değerinde gerçekleşen artış, proteolitik aktivite sonucu oluşan amino asitlerin dekarboksile, deamine veya metabolize olmaları ile meydana gelen alkali bileşiklerden (amin ve NH_3 gibi.) kaynaklanabilmektedir (Toldrá vd. 2001). Depolamada bulunan pH değerleri TGK'ye uygundur.

4.2.3 Su aktivitesi sonuçları

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında belirlenen su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sucukların a_w değerleri üretimin başında (0. gün) ortalama 0,975 iken, kurumayla ve pH değerindeki düşüşle bağlantılı olarak giderek azalmış ve üretimin sonunda (9. gün) K, N, KV, IS ve PN örneklerinde sırasıyla 0,920, 0,927, 0,930, 0,926 ve 0,928 olarak bulunmuştur. Şekil 4.3'te görüldüğü üzere, sucukların a_w değerindeki en fazla düşüş 6. ve 9. günlerde olmuş ve örneklerin üretim sonundaki a_w değerleri başlangıç değerleri ile karşılaştırıldığında 0,05-0,06 birimlik azalmaların olduğu belirlenmiştir. Sucuklara farklı bitkisel nitrit kaynaklarının eklenmesi kontrol örneğine kıyasla su aktivitesi değerindeki azalmayı az da olsa engellemiştir. Bununla birlikte; farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, üretim süresinin ve bunların interaksiyonunun etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu a_w değerindeki değişime sadece sürenin etkisinin önemli olduğunu ($p<0,05$) göstermiştir. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.3 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında a_w değerlerindeki değişim

Çizelge 4.6 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen a_w değerlerindeki değişim

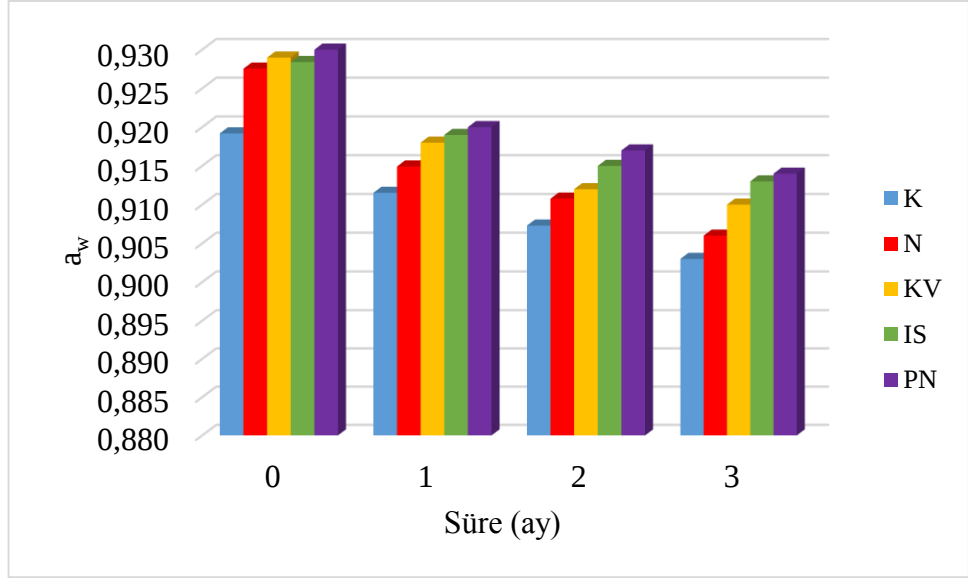
Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	0,973±0,0019	0,961±0,0102	0,939±0,0139	0,920±0,0040
N	0,976±0,0003	0,964±0,0093	0,946±0,0071	0,927±0,0051
KV	0,976±0,0004	0,964±0,0075	0,949±0,0021	0,930±0,0040
IS	0,975±0,0006	0,964±0,0069	0,945±0,0055	0,926±0,0040
PN	0,972±0,0004	0,962±0,0011	0,947±0,0008	0,928±0,0017
Ortalama	0,975±0,0017 ^A	0,963±0,0059 ^B	0,945±0,0067 ^C	0,926±0,0047 ^D

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

A-D: İlgili satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Sürenin etkisi, tüm üretim günleri arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Beklendiği gibi, olgunlaşma süresi uzadıkça a_w değerindeki düşüş artmıştır.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama süreci boyunca belirlenen a_w değerlerindeki değişim şekil 4.4'te gösterilmiştir. Sucukların su aktivitesi



Şekil 4.4 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama aşamasında a_w değerlerindeki değişim

değerleri depolamanın başında (0. ay) 0,920-0,930 arasında değişirken, her geçen ay giderek azalmış ve depolamanın sonunda (3. ay) bir miktar düşerek, 0,900-0,914 arasında değiştiği gözlenmiştir. Şekil 4.4 irdelendiğinde, su aktivitesi değerindeki en fazla düşüşün KV ile muamele edilen örneklerde (0,930'den 0,907'ye) olduğu görülmektedir.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının, üretim süresinin ve bunların interaksyonunun etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu sadece sürenin etkisinin önemli olduğunu ($p < 0,05$) göstermiştir. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.7'de verilmiştir. Sürenin etkisi 1. ve 2. aylar arasında, 2. ve 3. aylar arasında önemsizken ($p > 0,05$), 0., 1. ve 3. aylar arasında önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

Ozaki vd. (2021), doğal nitrit kaynağı olarak pancar ve turp tozları kullanarak ürettikleri fermente sosislerde a_w değerlerini üretim ve depolama sırasında incelemişlerdir. Araştırmacılar, üretim boyunca fermentasyon odasındaki bağıl nemdeki değişiklikler sebebiyle ağırlık kaybının arttığını ve su aktivitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Su aktivitesinin tüm örneklerde, en çok üretimin 14. gününde düştüğü ifade edilmiştir. Pancar ve turp tozlarının eklenmesinin, 35 günlük olgunlaşma süresince a_w üzerinde etkili

Çizelge 4.7 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen a_w değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay
K	0,920±0,0040	0,911±0,0051	0,908±0,0040	0,900±0,0047
N	0,927±0,0051	0,919±0,0018	0,912±0,0032	0,909±0,0037
KV	0,930±0,0040	0,912±0,0016	0,911±0,0030	0,907±0,0024
IS	0,926±0,0040	0,915±0,0047	0,912±0,0025	0,910±0,0003
PN	0,928±0,0017	0,920±0,0007	0,915±0,0040	0,914±0,0041
Ortalama	0,926±0,0047 ^A	0,915±0,0046 ^B	0,911±0,0036 ^{BC}	0,908±0,0056 ^C

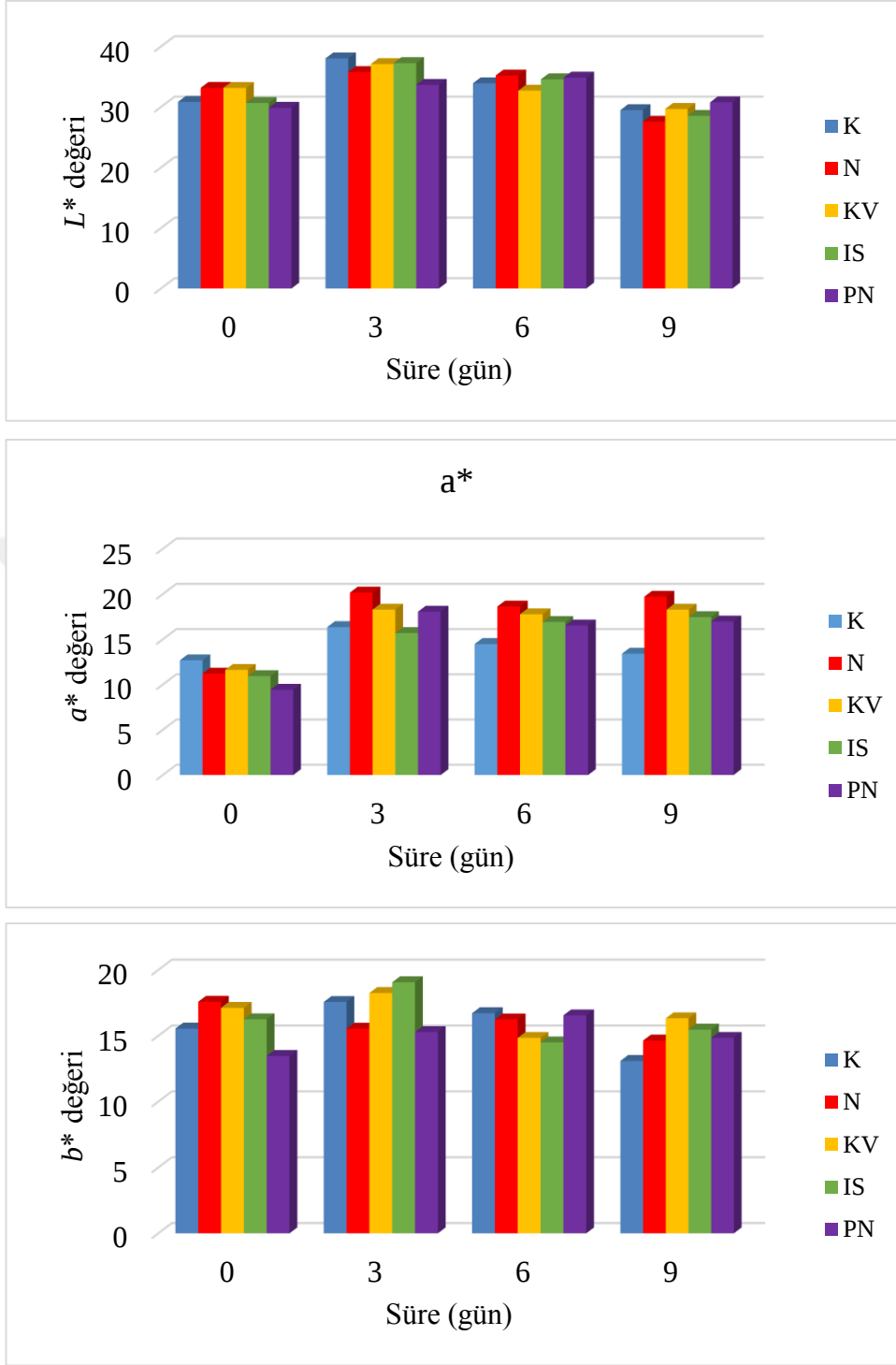
Sonuçlar iki tekerrür ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

A-C: İlgili satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

olduğu belirtilmiştir. Üretimin 7. günü %1 oranında turp tozu ilavesi yapılan örneğin su aktivitesi 0,954, %1 oranında pancar tozu ilavesi yapılan örneğin su aktivitesi ise 0,952 olarak ölçülmüştür. Araştırmacılar, depolama boyunca (15-60 gün) vakum ambalajlanmış tüm örneklerin a_w değerlerinin stabil olarak kabul edilebileceğini ve aralarında herhangi bir farklılık bulunmadığını ifade etmişlerdir.

4.2.4 Renk (L^* , a^* ve b^*) sonuçları

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında belirlenen CIE L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) renk değerleri şekil 4.5'te gösterilmiştir. Üretimin başında en düşük L^* değeri 29,87 ile PN örneklerinde, en yüksek 33,16 ile N ve KV örneklerinde belirlenmiştir. Üretimin 3. gününde tüm grupların L^* değerlerinde artış, 6. ve 9. günlerde ise azalış gözlenmiştir. Yapılan varyans analizi, L^* değerine farklı nitrit kaynağı ilavesinin önemli olmadığını ($p>0,05$), sürenin etkisinin ise önemli ($p<0,05$) olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.8'de verilmiştir. Sürenin etkisi, tüm üretim günleri arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. L^* değerinde üretimin 3. gününde gözlenen artış, 6. ve 9. günlerde gözlenen azalış önemli bulunmuştur ($p<0,01$). Üretimin 3. günü KV ve IS yüksek L^* değerleri gösterirken, 6. ve 9. günlerde



Şekil 4.5 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim aşamasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim

düşüş gözlenmiştir. Bu düşüşün, kürlenme prosesi ile nitritten nitrozilmiyoglobin oluşumu ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (McClure vd. 2011).

Çizelge 4.8 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen L^* değerlerindeki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	30,85±0,62	38,04±0,60	33,93±2,68	29,49±2,65
N	33,16±0,68	35,78±1,46	35,20±4,22	27,57±1,99
KV	33,16±1,82	37,10±1,43	32,71±0,69	29,69±2,26
IS	30,67±0,38	37,26±1,03	34,58±2,99	28,54±0,88
PN	29,87±0,64	33,67±5,04	34,87±2,16	30,77±1,74
Ortalama	31,54±0,31 ^C	36,37±0,79 ^A	34,25±0,83 ^B	29,21±0,63 ^D

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

A-D: İlgili satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Sucuk örneklerinin a^* değerleri üretimin başında 9,43-12,68 arasında değişmiş, üretimin 3. günü tüm gruplarda artış gözlenmiştir (Şekil 4.5). Bu artış en fazla sodyum nitrit içeren sucuklarda olurken, bu grubu KV ve PN içeren gruplar izlemiştir. Sucukların a^* değerleri; 3. günde 15,69 ile 20,17, 6. günde 14,48-18,62 ve 9. gün ise 13,41 ile 19,71 arasında değişmiştir. Yapılan varyans analizi, a^* değerine grup x süre interaksiyonunun önemli etkisi ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkinin düzeyini gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.9'da verilmiştir. Sucukların a^* değerinde en fazla artış 3. günde gözlenirken, en yüksek değer 20,17 ile sodyum nitrit (N) içeren sucuklarda belirlenmiştir. Bununla birlikte KV ve PN gruplarının a^* değerleri ile sodyum nitrit içeren grubun a^* değerleri arasındaki fark önemli değildir ($p>0,05$). Başka bir ifade ile ön dönüştürülmüş kereviz tozu ve pancar tozu ilavesi kimyasal nitrite eşdeğer düzeyde nitrozomiyoglobin oluşumuna neden olmuştur. Üretimin 6. ve 9. günlerinde en düşük a^* değerine nitrit kaynağı içermeyen K sucuklar sahip olmuş ve diğer gruplarla aralarındaki fark önemli ($p<0,05$) düzeyde olmuştur. Her bir grupta sürenin etkisi incelendiğinde; N, KV, IS ve PN gruplarında 3, 6 ve 9. günlerin a^* değerlerinin önemli düzeyde değişmemesi ($p>0,05$), kür renginin korunduğunu göstermektedir. Nitrit kaynağı içermeyen kontrol örneklerde ise üretimin 3. günü a^* değerinde artış, 6 ve 9. günlerde azalış olması metmiyoglobin oluşumunu göstermektedir. Bu sonuçlara göre, bitkisel nitrit kaynaklarının en az sodyum nitrit kadar kürlenme etkisi olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.9 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen a^* ve b^* değerlerindeki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
	a^*			
K	12,68±0,47 ^{aC}	16,35±1,40 ^{cA}	14,48±1,15 ^{bB}	13,41±0,30 ^{cC}
N	11,21±0,40 ^{abC}	20,17±0,38 ^{aA}	18,62±0,01 ^{aAB}	19,71±0,48 ^{aA}
KV	11,62±0,14 ^{abB}	18,29±0,16 ^{bA}	17,77±0,18 ^{abA}	18,28±0,61 ^{abA}
IS	10,94±1,38 ^{abB}	15,69±1,34 ^{cA}	16,92±1,72 ^{abA}	17,45±0,24 ^{bA}
PN	9,43±1,31 ^{bB}	18,06±0,83 ^{bA}	16,53±1,30 ^{abA}	16,97±1,23 ^{bA}
	b^*			
K	15,55±0,03 ^{aAB}	17,57±1,64 ^{abA}	16,72±1,60 ^{aA}	13,10±0,72 ^{bB}
N	17,59±1,08 ^{aA}	15,54±1,19 ^{bAB}	16,25±0,15 ^{aAB}	14,65±0,23 ^{abB}
KV	17,13±2,28 ^{aA}	18,28±0,17 ^{aA}	14,85±0,77 ^{aA}	16,34±0,88 ^{aA}
IS	16,26±2,69 ^{aAB}	19,05±0,86 ^{abA}	14,50±1,10 ^{ab}	15,47±0,96 ^{aAB}
PN	13,48±1,85 ^{aA}	15,29±1,30 ^{bA}	15,76±0,21 ^{aA}	14,85±0,13 ^{abA}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Sucuk örneklerinin üretim sırasındaki b^* değeri incelendiğinde; üretimin 3. gününde N örneği hariç diğer örneklerin b^* değerlerinde bir miktar artış gözlenmiştir (Şekil 4.5). Üretimin başında ve sonundaki veriler değerlendirildiğinde ise PN örneği hariç diğer örneklerin b^* değerlerinde bir miktar azalma görülmektedir. Yapılan varyans analizi, b^* değerine grup x süre interaksiyonunun önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkinin düzeyini gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.9'da görülmektedir. Üretim sırasında KV ve PN örneklerinin b^* değerine üretim süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p>0,05$), IS örneğinin b^* değerine 3. gün ve 6. günler arasında üretim süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının b^* değerine etkisi, 0. gün ve 6. günler baz alındığında gruplar arasında önemsiz ($p>0,05$) bulunurken; 3. gün değerlendirildiğinde KV ve PN örnekleri arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

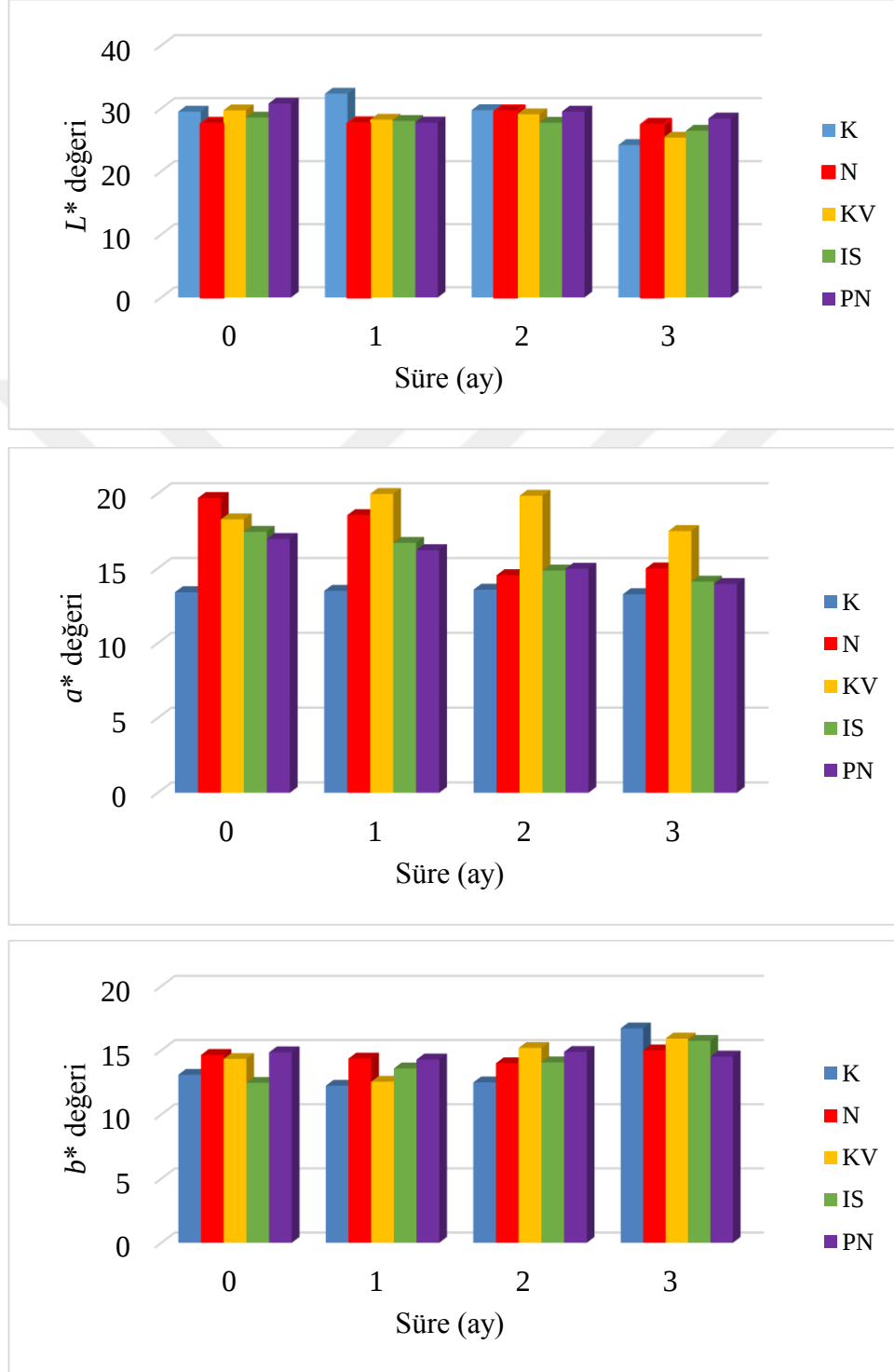
Kim vd. (2017), %10, %20 ve %30 ön dönüştürülmüş ıspanak ile kürlleme yaptıkları domuz etlerinde L^* ve b^* değerlerinin nitrit kaynağı içermeyen K ve sodyum nitrit içeren örneklerden yüksek olduğunu, bu değerlerin ıspanak düzeyi arttıkça azaldığını belirlemişlerdir. Ön dönüştürülmüş ıspanak düzeyi arttıkça kırmızılık değerinin de arttığı ifade edilmiştir. Djeri ve Williams (2014), ön dönüştürülmüş kereviz suyu tozu ve kiraz suyu tozu ile muamele ettikleri Bologna örneklerinin L^* değerlerinin daha düşük, ama a^*

değerlerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Choi vd. (2017) ise, farklı oranlarda (%5 ve 10) ön dönüştürülmüş pancar ekstraktlarının et emülsiyonlarının rengine etkisini inceledikleri çalışmalarında, %10 oranında kırmızı pancarın askorbik asitle birlikte kullanıldığında en yüksek a^* değerine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilavesi yapılan sucukların 3 ay depolama sırasında belirlenen CIE L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) renk değerleri şekil 4.6'da gösterilmiştir. Sucukların L^* değerleri depolama sonunda 24,19 ile en düşük K örneğinde ve 28,39 ile en yüksek PN örneğinde belirlenmiştir. Varyans analizi sonucu depolama sırasında sucukların L^* değerindeki değişime uygulama x süre interaksiyonunun önemli ($p<0,01$) etkisi olduğunu göstermiştir. Bu etkiyi gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.10'da verilmiştir. Sürenin etkisi K örneğinde ilk iki ay önemsiz ($p>0,05$), 3. ay ile diğer aylar arasında önemli ($p<0,05$), N, KV, IS ve PN örneklerinde ise aylar arasında önemsiz ($p>0,05$) değişimler göstermiştir. Depolamanın 1. ayında, K ile diğer grupların L^* değerleri arasındaki fark önemli ($p<0,05$), 2. ayda önemsiz ($p>0,05$) ve 3. ayda K ile N ve PN gruplarının L^* değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. Sucukların L^* değerlerinde depolama sırasında gözlenen düşüşün oksidasyon reaksiyonlarından kaynaklanabileceği belirtilmektedir (Zanardi vd. 2002).

Sucukların a^* değerlerinde depolama sonunda tüm gruplarda genel olarak azalma gözlenmiştir. Depolama başlangıcında 13,41-19,71 arasında değişen a^* değerleri depolama sonunda 13,27-17,50 arasında değişmiştir. Genel olarak üretim sonu değerleri ile kıyaslandığında 3 ay depolama sonunda a^* değerleri tüm gruplarda düşmüştür. En fazla düşüş PN örneklerinde gözlenmiştir. İstatistik değerlendirme, a^* değerine grup x süre interaksiyonunun önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Çizelge 4.10'da yer alan Duncan sonuçlarına göre; K örneklerinin a^* değerine depolama süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p>0,05$); N, IS ve PN örneklerinin a^* değerleri arasındaki fark 0 ve 1. aylar ve 2 ve 3. aylar arasında önemsiz ($p>0,05$) düzeyde değişmiştir. Ancak, bu gruplarda 0 ve 1. ay değerleri ile 2 ve 3. ay değerleri arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Ön dönüştürülmüş kereviz tozu içeren sucuklarda a^* değerinin ilk 2 ay en yüksek düzeyde olması, nitritten nitrozomiyogloblin oluşumunun devam ettiğini göstermektedir. Başka bir

ifade ile depolama sırasında ortamda hâlâ nitrit dönüşümünü sağlayacak düzeyde kalıntı nitrit olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.6 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama aşamasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim

Çizelge 4.10 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen L^* ve a^* değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay
	L^*			
K	29,48±2,65 ^{aA}	32,34±1,64 ^{aA}	29,72±0,61 ^{aA}	24,19±0,11 ^{bB}
N	27,57±1,99 ^{aA}	27,64±0,95 ^{bcA}	29,53±0,91 ^{aA}	27,40±0,79 ^{aA}
KV	29,68±2,26 ^{aA}	28,21±0,46 ^{cA}	29,05±2,62 ^{aA}	25,36±1,34 ^{abA}
IS	28,54±0,88 ^{aA}	28,00±1,55 ^{baA}	27,72±0,06 ^{baA}	26,46±1,87 ^{abA}
PN	30,77±1,74 ^{aA}	27,75±0,71 ^{bcA}	29,49±1,86 ^{aA}	28,39±0,95 ^{aA}
	a^*			
K	13,41±0,23 ^{cA}	13,50±0,36 ^{cA}	13,58±0,61 ^{baA}	13,27±0,47 ^{cA}
N	19,71±0,48 ^{aA}	18,56±0,67 ^{aA}	14,55±0,35 ^{baB}	15,00±0,63 ^{baB}
KV	18,28±0,61 ^{abA}	19,98±0,39 ^{aA}	19,86±1,20 ^{aA}	17,50±0,32 ^{abB}
IS	17,45±0,24 ^{baA}	16,71±0,26 ^{baA}	14,86±0,42 ^{baB}	14,12±0,34 ^{baB}
PN	16,97±0,18 ^{baA}	16,22±0,54 ^{baA}	14,98±1,28 ^{baB}	13,96±0,01 ^{bcB}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

Depolama sırasında sucukların b^* değerlerindeki değişim şekil 4.6'da görülmektedir. b^* değeri depolamanın başında (0. ay) 13,10-14,85 aralığında değişirken depolama sırasında K örneğinde ilk 2 ay değişmemiş, ancak 3. ayda artış (16,71) gözlenmiştir. Yapılan varyans analizi, b^* değerindeki değişime sadece grupların etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.11'de verilmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının etkisi N, KV ve IS grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), bu gruplarla diğer gruplar arasında önemli ($p<0,05$) olmuştur. En düşük b^* değeri 13,64 ile K ve 14,63 ile PN sucuklarında saptanmıştır.

Sucu ve Yıldız Turp (2018), nitrit alternatifi olarak kırmızı pancar tozu kullanarak ürettikleri ve 84 gün vakum ambalajlı olarak depoladıkları sucuklarda kırmızı pancar tozu ilavesinin a^* değerini arttırdığını depolama boyunca arzu edilir kırmızı rengin korunduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar depolama sonunda L^* değerlerini 41,37-42,26, a^* değerlerini 12-52-16,94, b^* değerlerini ise 16,21-17,88 aralığında belirlemişlerdir. Bu çalışmada belirlenen L^* değerleri çalışmamızda belirlenen L^* değerlerinden daha yüksektir. Işıksal (2021), doğal nitrit kaynağı olarak farklı oranlarda kereviz ve siyah havuç suyu konsantreleri kullanarak ürettiği ve 3 ay vakum ambalajda depoladığı

Çizelge 4.11 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen b^* değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay	Ortalama
K	13,10±0,72	12,24±0,20	12,50±1,88	16,71±1,14	13,64±0,36 ^b
N	14,64±0,23	14,36±0,35	13,99±0,13	14,99±0,73	14,50±0,42 ^a
KV	14,33±0,52	12,55±0,47	15,19±1,37	15,92±0,00	14,50±0,77 ^a
IS	12,47±0,96	13,59±0,89	14,06±0,15	15,74±0,13	13,97±0,69 ^b
PN	14,85±0,13	14,28±0,09	14,87±0,43	14,51±0,24	14,63±0,28 ^a

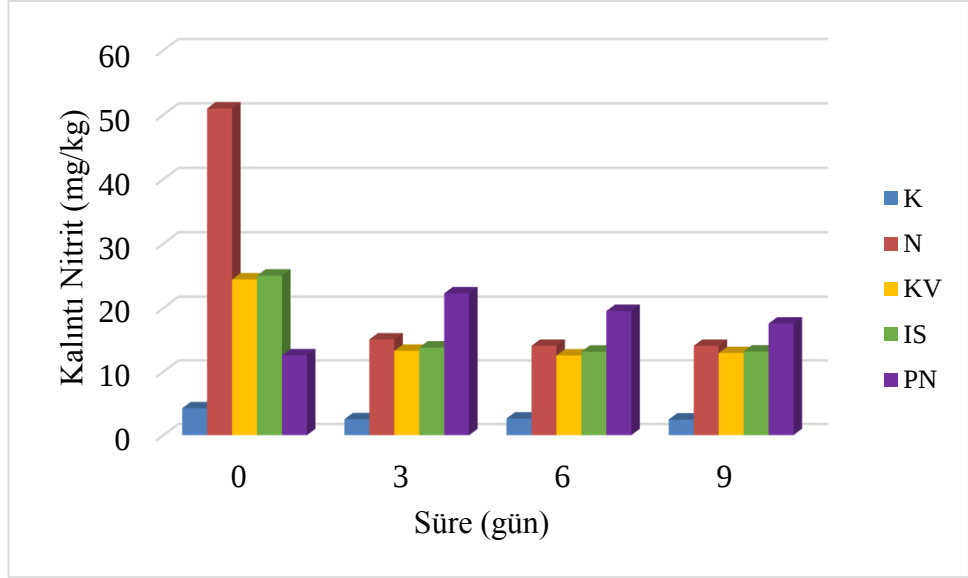
Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

sucuklarda a^* değerlerinin depolama başlangıcında 13,59-17,14 arasında, depolama sonunda 12,02-16,48 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Havuç suyu konsantresi içeren sucukların a^* değerlerinde depolama sırasında artış, kereviz suyu konsantresi içeren sucukların a^* değerlerinde ise azalma olduğunu ifade etmiştir. Depolama sırasında a^* değerindeki düşüş, nitrozomiyoglobinin kısmen ya da tamamen denatüre olması ile açıklanmaktadır (Perez-Alvarez vd. 1999).

4.2.5 Kalıntı nitrit sonuçları

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında belirlenen kalıntı nitrit miktarındaki değişim şekil 4.7’de gösterilmiştir. Sucuk hamurunda kalıntı nitrit miktarları 4,23 – 50,97 mg/kg arasında bulunmuştur. Hamurda en yüksek kalıntı nitrit miktarına 50,97 mg/kg ile sodyum nitrit içeren örnekler, en düşük ise 4,23 mg/kg ile nitrit kaynağı içermeyen K örnekler sahip olmuştur. Üretimin 3. gününde kalıntı nitrit miktarlarında hızlı bir düşüş gözlenmiş olup, miktarlar 2,51-22,27 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Sucuk hamurunda kalıntı nitrit miktarının fazla bulunmasının sebebi kimyasal ve bitkisel kaynaklı nitrit ilave edilmesidir. Üretimin 6. gününde kalıntı nitrit miktarı 2,62-19,54 mg/kg arasında bulunmuştur. Üretim sonunda ve depolamanın başlangıcında ise (9. gün ve 0. ay) 2,46-17,56 mg/kg aralığındadır. Üretim sırasındaki koşullar nedeniyle (asidik ve indirgen ortam ve nitrat redüktaz aktivitesine sahip starter



Şekil 4.7 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim

kültür), nitritten nitrit oksit oluşması ve bu bileşiğin miyogloblin ile reaksiyona girmesi sonucu kür rengi oluşumu ile nitrit içeriği giderek azalmaktadır (Honikel 2008). Sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit miktarındaki değişime üretim süresinin ve uygulamanın birlikte etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu etkinin düzeyini gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.12’de görülmektedir. Sürenin etkisi, PN içeren sucuklar dışında K, N, KV ve IS içeren sucuklarda 3, 6 ve 9. günler arasında önemsiz ($p>0,05$), 0. gün ile diğer günler arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Özellikle üretimin 3. gününde kalıntı nitrit miktarları önemli düzeyde azalmıştır. PN içeren sucuklarda ise üretimin 3. ve 6. günlerinde başlangıç düzeyinden önemli düzeylerde ($p<0,05$) artış gözlenmiştir. Bu grupta üretim sonunda azalış meydana gelmiş, ancak bu azalış 6. gün kalıntı nitrit miktarlarından önemli düzeyde olmaz iken ($p>0,05$), başlangıç ve 3. gün miktarı ile aralarındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Farklı nitrit kaynaklarının etkisi incelendiğinde; 0. günde en yüksek kalıntı nitrit içeriğine sahip N sucukları ile diğer gruplar arasındaki fark önemli ($p<0,05$), KV ve IS içeren sucuklar arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) olmuştur. Üretimin başında, nitrit kaynağı içeren bitkisel kaynaklar içerisinde en düşük kalıntı nitrit 12,56 mg/kg ile PN içeren sucuklarda en yüksek KV ve IS (sırasıyla 24,44 ve 25,03 mg/kg) içeren sucuklarda belirlenmiştir. Üretimin 3, 6 ve 9. günlerinde K örneklerinin kalıntı nitrit miktarları nitrit kaynağı içeren diğer gruplardan

Çizelge 4.12 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen kalıntı nitrit miktarlarındaki (mg/kg) değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	4,23±0,25 ^{dA}	2,51±0,57 ^{cB}	2,62±0,13 ^{cB}	2,46±0,66 ^{cB}
N	50,97±6,46 ^{aA}	15,06±0,22 ^{bB}	14,06±0,24 ^{bB}	14,06±0,24 ^{bB}
KV	24,44±0,08 ^{bA}	13,28±0,32 ^{bB}	12,55±0,15 ^{bB}	12,93±0,12 ^{bB}
IS	25,03±0,18 ^{bA}	13,79±0,05 ^{bB}	13,14±0,11 ^{bB}	13,16±0,25 ^{bB}
PN	12,56±0,41 ^{cC}	22,27±2,79 ^{aA}	19,54±0,64 ^{aAB}	17,56±0,65 ^{aB}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-d: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

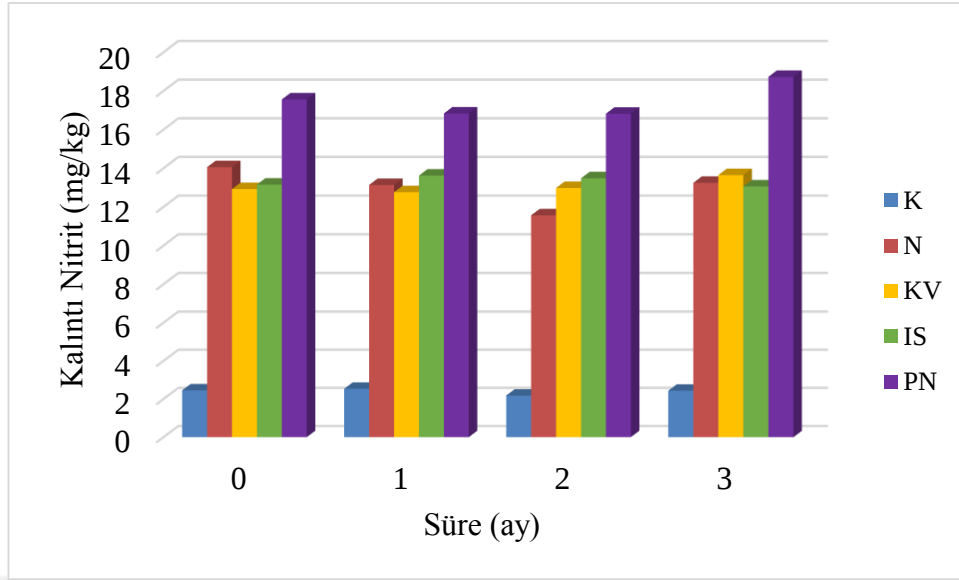
önemli düzeyde düşük bulunmuştur (p<0,05). Buna karşın, 3, 6 ve 9. günlerde PN içeren sucuklar N, KV ve IS içeren sucuklardan daha yüksek kalıntı nitrit miktarları içermişler (p<0,05), N, KV ve IS içeren sucukların kalıntı nitrit miktarları ise birbirlerine benzer düzeylerde olmuştur (p>0,05).

Ön dönüştürülmüş nitrit kaynaklarının kalıntı nitrit düzeylerindeki farklılığın, ön dönüştürme (fermantasyon) işlemi sırasında nitratın nitrite dönüşme oranları ile ilgili olabileceği (Hwang vd. 2018) ya da nitrit kaynağı olarak kullanılan bitkisel kaynağın içerdiği bileşiklerden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Fernandez-Lopez vd. 2007, 2008). Işıksal (2021) ise çalışmamıza benzer şekilde, ön dönüştürülmüş kereviz ve siyah havuç suyu konsantresi ilave ederek ürettikleri sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit miktarlarını kimyasal nitrit içeren sucuklarla benzer düzeylerde belirlemişlerdir. Diğer yandan Babaoğlu (2020), nitrat/nitrit kaynağı olarak dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozu ilave ederek ürettikleri sucuklarda kalıntı nitrit miktarlarını çalışmamızdan oldukça düşük bulmuşlardır. Babaoğlu'nun çalışmasındaki düşük kalıntı nitrit düzeylerinin bitkisel kaynakların bir ön dönüştürme işlemi yapılmadan kullanılması ve üretim sürecinde yeterli düzeyde nitrit dönüşümü sağlanamamasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Hwang vd. (2018), %3 düzeyinde ön dönüştürülmüş ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar ekstraktları ilave ederek ürettikleri pişmiş domuz sosislerinde

kalıntı nitrit miktarlarının en yüksek 150 mg/kg kimyasal nitrit ilave edilen örneklerde, bitkisel kaynaklar içerisinde de en yüksekten en düşüğe ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar içeren örneklerde (yaklaşık 2-24 mg/kg) belirlendiğini bildirmişlerdir. Ekici vd. (2015), nitrit kaynağı olarak siyah havuç suyu konsantresi kullandıkları sucuklarda üretimin sonunda (12. gün) kalıntı nitrit miktarını 150 mg/kg sodyum nitrit içeren içeren sucuklarda 7,25 mg/kg, 150 mg/kg nitrit + %0,5, %1 ve %2 havuç konsantresi içeren sucuklarda sırasıyla 7,86, 8,51 ve 8,38 mg/kg bulmuşlardır. Sadece %0,5, %1 ve %2 havuç konsantresi içeren sucuklarda ise kalıntı nitrit belirleyememişlerdir. Çalışmamızda ise kalıntı nitrit miktarları daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni çalışmamızda kullanılan bitkisel kaynakların sucuğa ilave edilmeden önce fermentasyon işlemi ile nitrit dönüşümünün sağlanması olabilir.

Sucukların 3 ay depolama sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim şekil 4.8’de görülmektedir. Depolama sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim üretim sırasındaki değişimden daha dar bir aralıkta (2,18-18,73 mg/kg) (Çizelge 4.13) olmuştur. Honikel (2008), yüksek pH değerine sahip olan örneklerde nitritin indirgenmesinin yavaşladığını belirtmiştir. Kalıntı nitrit miktarı depolamanın 1. ayında 2,54-16,83 mg/kg aralığında, 2. ayında 2,18-16,82 mg/kg aralığında, depolama sonunda ise 2,44-18,73 mg/kg aralığında değişmiştir. Yapılan varyans analizi, kalıntı nitrit miktarına farklı nitrit kaynakları ilavesinin etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.13’te verilmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının etkisi N, KV ve IS grupları arasında önemsiz ($p>0,05$); bu gruplarla K ve PN grupları arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. PN 17,49 mg/kg ile en yüksek, K 2,40 mg/kg ile en düşük kalıntı nitrit içeriğine sahip olmuştur.

Ozaki vd. (2021), fermente sosis üretiminde kimyasal nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit kullanmışlardır. Bitkisel kaynaklı nitrit kaynağı olarak turp ve pancar tozu (%0,5 turp tozu, %1 turp tozu, %0,5 pancar tozu ve %1 pancar tozu) seçilmiş ve kalıntı nitrit miktarı incelenmiştir. %0,5 ve %1 turp tozu ve pancar tozu kullanılan örneklerde üretimin 7. günü kalıntı nitrit miktarları sırasıyla; 3,01, 17,11, 1,08, ve 7,75 mg/kg olarak bulunmuştur.



Şekil 4.8 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim

Çizelge 4.13 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen kalıntı nitrit miktarlarındaki (mg/kg) değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay	Ortalama
K	2,45±0,66	2,54±0,72	2,18±0,15	2,44±0,23	2,40±0,15 ^c
N	14,06±0,24	13,14±0,25	11,57±3,66	13,25±0,01	13,00±1,04 ^b
KV	12,92±0,12	12,76±0,12	12,98±0,11	13,65±1,36	13,08±0,39 ^b
IS	13,16±0,25	13,62±0,06	13,48±0,14	13,06±0,61	13,33±0,26 ^b
PN	17,56±0,65	16,83±0,61	16,82±0,54	18,73±1,14	17,49±0,90 ^a

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Araştırmacılar, üretimin 14. gününde kalıntı nitrit miktarlarını sırasıyla 0,36, 14,18, 0,00 ve 4,97 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 1. ayı sırası ile 2,83, 11,37, 0,00 ve 4,20, depolamanın 2. ayında ise sırası ile 0,00, 2,02, 0,00 ve 0,00 mg/kg bulunmuştur. Jin vd. (2014), farklı miktarda (%0,5 ve %1,0) kırmızı pancar ilave ederek ürettikleri emülsiy domuz sosislerinde kalıntı nitrit miktarlarını üretimin başında 4,91 ve 5,09 mg/kg, 20. günde 4,96 ve 4,44 mg/kg olarak tespit etmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada kimyasal ve bitkisel nitrat kaynağı kullanılarak üretilen kuru kürlenmiş sosis

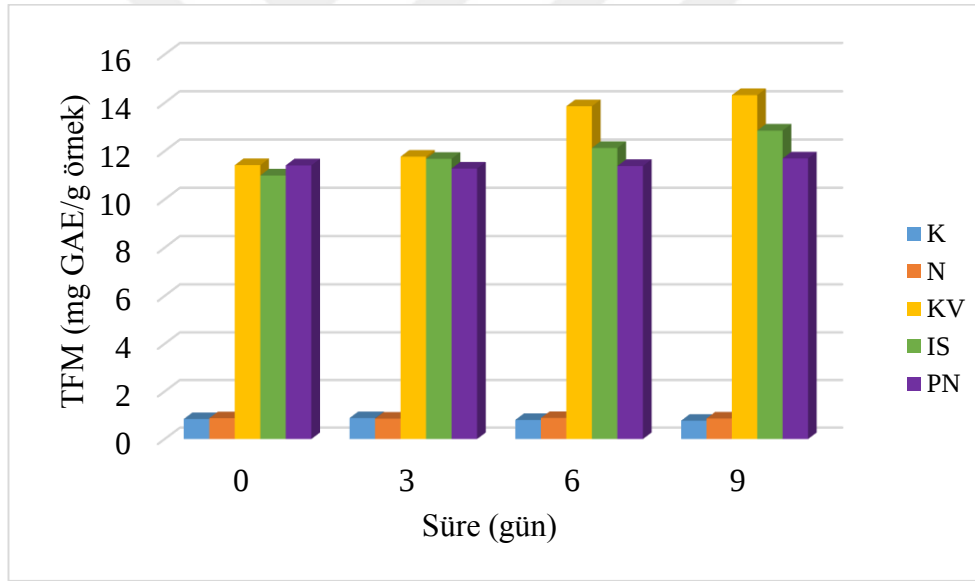
örnekleri arasında kalıntı nitrit açısından önemli bir fark bulunmadığı belirtilmiştir (Magrinyá 2009). Kim vd. (2017), domuz eti kürlenmede nitrit kaynağı olarak ıspanak kullanıldığında, kalıntı nitrit miktarının eklenen ıspanak ekstresi seviyesinin artışı ile arttığını tespit etmişlerdir. Örnekler arasında en yüksek kalıntı nitrit miktarı, nitrit ilave edilen pozitif kontrol örneğinde, en düşük kalıntı nitrit miktarı ise nitrit ilave edilmeyen negatif kontrol örneğinde gözlemlenmiştir.

Işıksal (2021) ise, ön dönüştürülmüş kereviz ve siyah havuç suyu konsantresi ilave ederek ürettikleri sucuklarda 3 ay depolama sonunda çalışmamızda bulunan miktarlardan daha düşük kalıntı nitrit miktarları belirlemişlerdir (1,78-12,30 mg/kg). 150 mg/kg nitrite eşdeğer kereviz suyu konsantresi içeren grup ile çalışmamızda ön dönüştürülmüş kereviz tozu içeren grubun kalıntı nitrit sonuçları birbirine yakın olmuştur. Sucu ve Yıldız Turp (2018) ise, sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak kırmızı pancar kullandıkları çalışmalarında; 100 mg/kg sodyum nitrit, 100 mg/kg sodyum nitrit + %0,12 kırmızı pancar tozu, 50 mg/kg sodyum nitrit + %0,24 pancar tozu ve sadece %0,35 pancar tozu içeren dört grup sucuk üretmişler ve vakum ambalajlı olarak 4°C’de 84 gün depolamışlardır. Araştırmacılar, kalıntı nitrit miktarlarının depolama sırasında azaldığını, gruplar arasında ise önemli farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Araştırmacıların depolama sırasındaki kalıntı nitrit miktarları (1,40-3,02 mg/kg) çalışmamızda belirlenen kalıntı nitrit miktarlarından (2,44-18,73 mg/kg) düşüktür. Kalıntı nitrit düzeyindeki değişime birçok faktör etki etmektedir. Ortamda indirgen maddelerin varlığı (askorbatlar gibi), kürlenme, nitrattan nitrit dönüşüm oranı ve depolama süresi kalıntı nitrit miktarını etkileyen faktörlerden birkaçını oluşturmaktadır (Hwang vd. 2018).

TGK Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği’nde (Anonim 2013), üretim sırasında eklenebilecek maksimum nitrit (potasyum ve sodyum nitrit sırasıyla E 249 ve E 250) miktarı 150 mg/kg olarak sınırlandırılmıştır. TGK’ye göre son üründe kalıntı nitrit miktarı ise en çok 50 mg/kg olarak bildirilmiştir (Anonim 2008). Kullanılan bitkisel kaynakların hiçbirinde kalıntı nitrit miktarlarının 50 mg/kg düzeyini aşmamış olması, bunların sucuk üretiminde alternatif nitrit kaynağı olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

4.2.6 Toplam fenolik madde sonuçları

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilavesi yapılan sucuklarda üretim sırasında belirlenen toplam fenolik madde (TFM) miktarlarındaki değişim şekil 4.9’da gösterilmiştir. Nitrit kaynağı içermeyen K ve sodyum nitrit içeren N örneklerinin TFM miktarları dikkate alındığında, bitkisel nitrit kaynakları ürünün TFM miktarlarını bariz bir şekilde arttırmıştır. Üretimin ilk gününde en yüksek toplam fenolik madde miktarları 11,42 ve 11,41 ve 10,99 mg GAE/g ile sırasıyla KV, PN ve IS gruplarında tespit edilmiştir. Üretim sonunda en yüksek toplam fenolik madde miktarı ise 14,32 mg GAE/g ile KV grubunda belirlenmiştir. PN örneğinin toplam fenolik madde miktarları üretim boyunca az miktarda değişkenlik göstererek neredeyse aynı kalmıştır.



Şekil 4.9 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında TFM miktarlarındaki değişim

Yapılan varyans analizi, TFM miktarına bitkisel nitrit kaynakları ilavesinin etkisinin önemli ($p < 0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.14’te verilmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının etkisi K ve N grupları arasında ve KV, IS ve PN grupları arasında önemsiz ($p > 0,05$); fakat K ve N toplam fenolik madde miktarları ile KV, IS ve PN toplam fenolik madde miktarları arasında önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur.

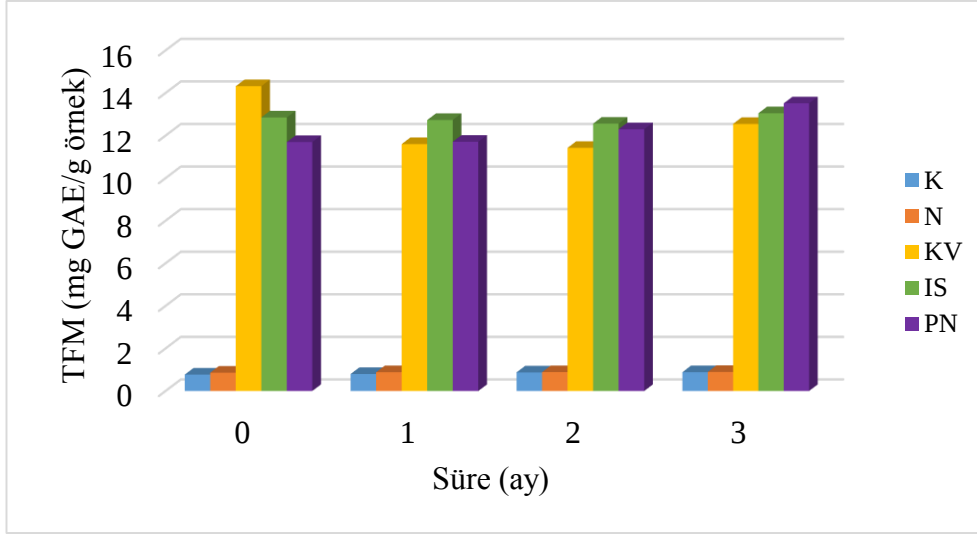
Çizelge 4.14 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen TFM (mg GAE/g) miktarlarındaki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün	Ortalama
K	0,84±0,06	0,89±0,02	0,81±0,06	0,77±0,03	0,82±0,05 ^b
N	0,88±0,01	0,86±0,01	0,89±0,01	0,86±0,01	0,87±0,01 ^b
KV	11,42±1,97	11,78±1,63	13,86±0,27	14,32±0,49	12,84±1,46 ^a
IS	10,99±0,57	11,68±1,27	12,13±0,92	12,85±0,32	11,91±0,90 ^a
PN	11,41±1,85	11,28±0,92	11,39±0,57	11,70±0,59	11,45±0,18 ^a

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-b: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama süreci boyunca belirlenen toplam fenolik madde miktarlarındaki değişim şekil 4.10'da gösterilmiştir. Depolama sırasında K, N, IS ve PN gruplarının TFM miktarlarında önemli bir değişim gözlenmezken, KV grubunda 1 ve 2. aylarda düşüş, 3. ayda az da olsa artış gözlenmiştir. Yapılan varyans analizi, TFM miktarına grupların etkisinin önemli (p<0,05) olduğunu göstermiştir. Bu etkiye ait Duncan sonuçları çizelge 4.15'te verilmiştir. Depolama sonunda en yüksek toplam fenolik madde miktarı 13,52 mg GAE/ g ile PN örneğinde tespit edilmiştir. Ancak bu farklılık istatistiksel olarak diğer bitkisel kaynaklardan önemli düzeyde yüksek olmamıştır (p>0,05). Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının etkisi K ve N grupları ve KV, IS ve PN grupları arasında önemsiz (p>0,05), ancak K ve N toplam fenolik madde miktarları ortalamaları ile KV, IS ve PN ortalamaları arasında önemli (p<0,05) bulunmuştur. Bitkisel nitrit kaynağı ilavesi depolama sırasında da yüksek TFM miktarlarına neden olmuştur. Sucuk üretimi sırasında TFM miktarları ortalamaları K, N, KV, IS ve PN sucuklarında sırasıyla 0,82, 0,87, 12,84, 11,91 ve 11,44 mg GAE/g sucuk iken, depolamada TFM ortalamaları sırasıyla 0,83, 0,88, 11,75, 11,33 ve 12,30 mg GAE/g sucuk olarak hesaplanmıştır. TFM miktarlarında KV gruplarında depolamada bir miktar azalış, IS ve PN gruplarında ise artış gözlenmiştir.



Şekil 4.10 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında TFM miktarlarındaki değişim

Çizelge 4.15 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen TFM (mg GAE/g) miktarlarındaki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay	Ortalama
K	0,77±0,03	0,80±0,04	0,87±0,03	0,88±0,03	0,83±0,06 ^b
N	0,86±0,01	0,88±0,01	0,88±0,01	0,89±0,01	0,88±0,01 ^b
KV	11,42±0,49	11,60±0,21	11,42±0,96	12,54±1,27	11,75±0,54 ^a
IS	10,05±0,32	10,72±0,03	12,56±0,55	11,97±1,70	11,33±1,14 ^a
PN	11,70±0,59	11,71±0,38	12,29±0,27	13,51±0,12	12,30±0,85 ^a

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-b: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Riazi vd. (2016), sosis örneklerine farklı iki oranda sodyum nitrit ve kuru kırmızı üzüm pirinası ilave ettikleri bir çalışmada 4 °C'de 30 günlük depolama süresi boyunca 4 farklı örneğin TFM içeriğini araştırmışlardır. Depolama süresince tüm sosislerde fenol bileşiklerinin miktarı önemli ölçüde azalmıştır ($p < 0,05$). TFM miktarı, depolamanın ilk gününde taze örneklerde 62 ile 74 (mg GAE/100 g örnek) arasında değişmiştir. En düşük seviyelerin kontrol ve şahit numunelerde tespit edildiği, en yüksek seviyelerin ise beklenildiği şekilde %1 ve %2 oranında kuru kırmızı üzüm pirinası eklenmiş örneklerde belirlendiği ifade edilmiştir. Kuru kırmızı üzüm pirinası eklenmiş tüm örneklerin TFM

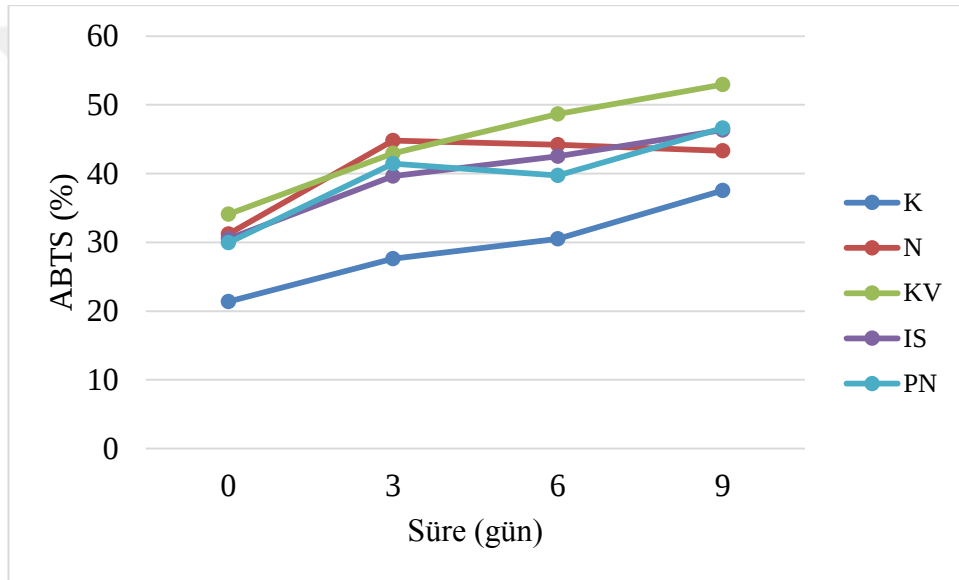
içeriği arasında önemli bir farkın olmadığı belirtilmiştir ($p>0,05$). 4 °C'de 10 günlük depolamadan sonra tüm örneklerin TFM içeriğinde; kuru kırmızı üzüm pirinası katkılı sosler için 24 ila 25 (mg GAE/100 g örnek) arasında; kontrol ve şahit örnekleri için 53 ila 56 (mg GAE/100 g örnek) arasında değişen, önemli bir düşüş gözlemlendiği ifade edilmiştir ($p>0,05$). Bununla birlikte, TFM miktarında son 20 günde daha düşük seviyelerde azalma olduğu belirlenmiştir. Bu zıt ilişkinin, daha serbest moleküller arası etkileşimlerden ve üzüm prinası ilave edilmiş numunelerde doğal olarak oluşan bileşiklerin daha yüksek stabilitesinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde bu durum, depolama süresi boyunca enzimatik olmayan oksidasyon nedeniyle fenol bileşiklerinin yapısının bozulması ile de ilgili olabilir (Patras vd. 2011). Ekici vd. (2015) ise çalışmamıza benzer olarak, farklı konsantrasyonlarda siyah havuç konsantresi ilave ederek ürettikleri sucuklarda, siyah havuç konsantresi ilavesinin sucukların TFM miktarlarını artırdığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar nitrit kaynağı içermeyen sucukta ve 150 mg/kg sodyum nitrit içeren sucuklarda TFM miktarlarını sırasıyla 0,79 ve 0,81 mg GAE/g, %0,5, %1 ve %2 konsantre içeren sucuklarda ise sırasıyla 0,99, 1,13 ve 1,20 mg GAE/g bulmuşlardır. Sucuğa ilave edilen konsantre miktarı arttıkça TFM miktarının arttığı belirtilmiştir. Çalışmamızda kullanılan bitkisel kaynaklar sucukta daha yüksek TFM miktarlarına neden olmuştur. Bu durum bitkisel kaynakların içerdiği TFM miktarının farklılığından, kullanılma düzeyi ve şeklinden (konsantre, liyofilize) kaynaklanabilir (Kähkönen vd. 1999). Çalışmamızla benzer şekilde, Ribas-Agustí vd. (2014), üzüm çekirdeği ekstraktı ve kakao çekirdeği ekstraktı ilave ederek ürettikleri fermente soslerde katılan bitkisel kaynağın fenolik profiline göre ürünün fenolik içeriğinin etkilendiğini, ancak olgunlaşma sürecinde fenolik madde miktarlarında önemli bir değişim gözlenmediğini bildirmişlerdir.

4.2.7 Antioksidan aktivite sonuçları

4.2.7.1 ABTS sonuçları

ABTS⁺, toplam antioksidatif aktiviteyi ölçmek için kullanılan hem lipofilik hem de hidrofilik antioksidanlara uygulanabilen stabil bir serbest radikal katyondur (Kim ve Lee 2009). Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilavesi yapılan sucuklarda üretim

sırasında belirlenen $ABTS^+$ radikalinin yüzde inhibisyonundaki değişim şekil 4.11’de gösterilmiştir. Nitrit kaynağı ilavesi sucuklarda daha yüksek $ABTS^+$ inhibisyon oranlarına neden olmuştur. K örnekler üretim boyunca en düşük oranlara sahip olurken, üretim sırasında artış eğilimi göstermiştir. KV ve IS örneklerinde üretim boyunca düzenli bir artış gözlemlenmiştir. Üretimin son gününde örneklerin $ABTS^+$ yüzde inhibisyonları %37,55 ile %52,97 arasında değişkenlik göstermektedir. Üretim boyunca KV örneğinin ortalama $ABTS^+$ yüzde inhibisyonu %44,66 olarak hesaplanmıştır ve diğer örnek gruplarıyla kıyaslandığında en yüksek değer olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 4.11 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında $ABTS^+$ (%) değerlerindeki değişim

Yapılan istatistik değerlendirme sonucu, $ABTS^+$ % inhibisyon değerlerine üretim süresi ve uygulamanın etkilerinin ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Sürenin etkisini gösteren Duncan sonuçlarına göre, sucukların $ABTS^+$ yüzde inhibisyon değerlerine 3., 6. ve 9. günler arasında üretim süresinin etkisi önemsizken ($p>0,05$), 0. gün ve diğer günler arasında sürenin etkisi önemli ($p<0,05$) olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4.16). Yani olgunlaşma sürecinde antioksidan aktivite artış göstermiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının etkisi, K grubu ile N, KV, IS ve PN grupları arasında önemli ($p<0,05$) bulunurken; N, KV, IS ve PN benzer $ABTS^+$ yüzde inhibisyon değerleri ortalamasına sahip olmuşlardır ($p>0,05$).

Çizelge 4.16 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen ABTS⁺ % inhibisyon değerlerindeki değişim

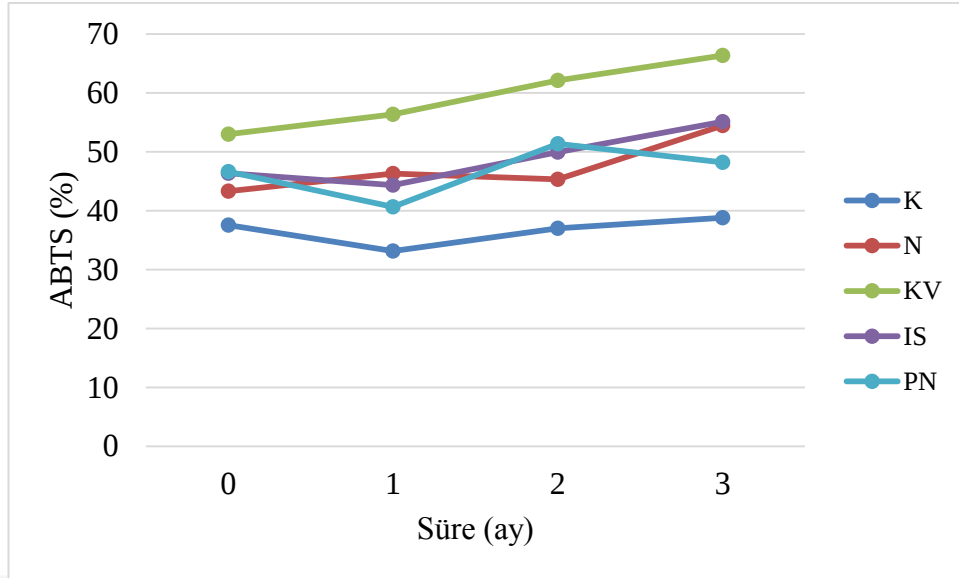
Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün	Ortalama
K	21,37±11,04	27,64±10,97	30,50±8,44	37,55±4,15	29,26±6,49 ^b
N	31,20±0,90	44,83±0,37	44,22±12,66	43,33±1,93	40,89±6,74 ^a
KV	34,11±4,86	42,93±4,10	48,66±8,92	52,97±4,40	44,66±8,25 ^a
IS	30,53±1,34	39,65±5,95	42,52±12,17	46,35±2,93	39,76±6,71 ^a
PN	29,96±2,42	41,46±6,04	39,74±1,35	46,64±5,06	39,45±6,97 ^a
Ortalama	29,43±6,12 ^B	39,30±8,01 ^A	41,12±9,59 ^A	45,36±6,02 ^A	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-b: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

A-B: İlgili satırda farklı harfleri taşıyan günler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama boyunca belirlenen ABTS⁺ radikalinin yüzde inhibisyonundaki değişim şekil 4.12’de gösterilmiştir. Depolamanın ilk gününden 1. aya kadar olan süre baz alındığında K, IS ve PN örneklerinin ABTS⁺ yüzde inhibisyonunda azalma gerçekleşirken, N ve KV örneklerinde artma gerçekleşmiştir. IS örneğinin ABTS⁺ yüzde inhibisyon değeri 1. ay sonunda düşerken, 2. ay (%49,97) ve 3. ayda (%55,08) tekrar yükselme gözlenmiştir. KV örneğinin ABTS⁺ yüzde inhibisyonu, üretim süreci boyunca olduğu gibi depolama süreci boyunca da düzenli bir artış göstererek depolamanın sonunda (3. ay) %66,37 değerine ulaşmıştır. Yapılan varyans analizi sonucu, sadece uygulamanın etkisinin önemli (p<0,05) olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.17). Farklı bitkisel nitrit kaynakları depolama sırasında da daha yüksek antioksidan aktiviteye neden olmuş ve nitrit kaynağı içermeyen K örnekler, nitrit kaynağı içeren örneklerden önemli düzeyde (p<0,05) daha düşük antioksidan aktiviteye sahip olmuştur. En yüksek antioksidan aktiviteye %59,45 ile KV içeren örnekler sahip olurken, diğer gruplarla aralarındaki fark önemli (p<0,05) bulunmuştur. Buna karşın N, IS ve PN içeren grupların antioksidan aktivite değerleri arasındaki fark önemli bulunmamıştır (p>0,05).



Şekil 4.12 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında ABTS⁺ (%) değerlerindeki değişim

Çizelge 4.17 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen ABTS⁺ % inhibisyon değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay	Ortalama
K	37,54±4,15	33,15±5,16	37,01±9,42	38,79±2,63	36,62±2,43 ^c
N	43,32±1,93	46,29±2,78	45,35±5,32	54,43±6,90	47,35±4,88 ^b
KV	52,97±4,40	56,36±3,44	62,09±3,18	66,37±2,13	59,45±5,95 ^a
IS	46,34±2,93	44,32±8,12	49,97±2,98	55,08±2,79	48,93±4,72 ^b
PN	46,64±5,06	40,68±1,72	51,38±0,30	48,18±2,41	46,72±4,49 ^b

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

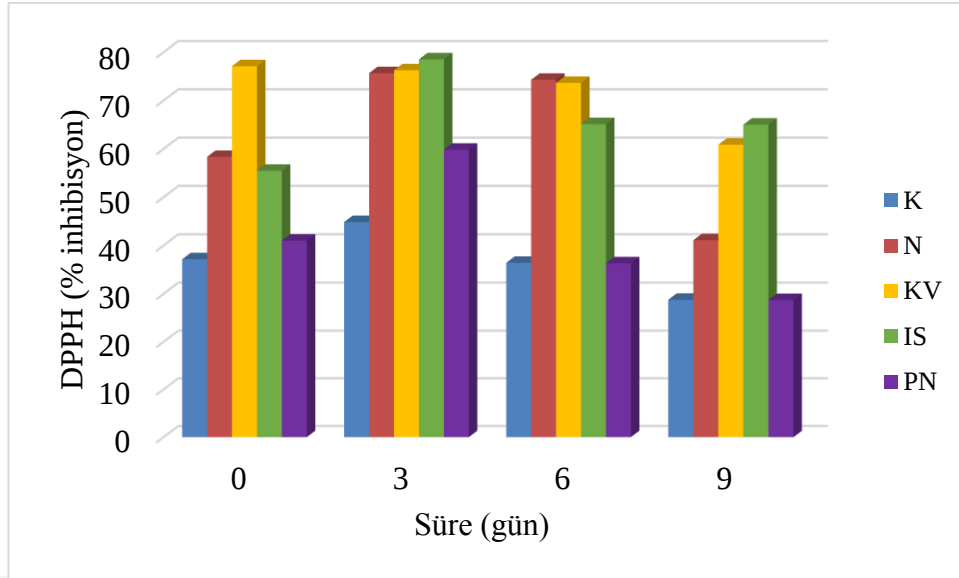
Qwele vd. (2013), yemlerine 3 farklı ürün ilavesi yaparak yetiştirdikleri keçilerden elde edilen etlerin antioksidan potansiyelini incelemişlerdir. İlave yapılmış ürünlerle beslenmiş keçi etlerinin ABTS⁺ radikalinin yüzde inhibisyonunda %70,15 ile %93,51 arasında önemli bir farklılık olduğu görülmektedir. *Moringa oleifera* yaprağı takviyesi ile beslenen keçiden elde edilen etin, ot samanı diyeti (%70,15) ile beslenen keçi etleriyle karşılaştırıldığında en etkili radikal süpürücü (%93,51) olduğu belirtilmiştir. *Moringa oleifera* yaprağı takviyesi ile desteklenmiş keçi etinin en yüksek ABTS⁺ indirgeme

aktivitesine sahip olması, bu örneklerin serbest radikalleri nötralize etmek için elektron verme potansiyelinin en yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışmamızda KV içeren sucukların ABTS⁺ yüzde inhibisyon oranı, depolamanın sonunda (3. ay) %66,37 değerine ulaşmıştır. Bu değer ve ot samanı diyetiyle beslenmiş olan keçi etinin ABTS⁺ yüzde inhibisyon değeri (%70,15) arasında yakınlık olduğu ifade edilebilir. Ayrıca KV örneğinin en yüksek ABTS⁺ indirgeme aktivitesine sahip olması, bu örneğin serbest radikalleri etkisizleştirmek için elektron verme potansiyelinin en yüksek olduğunu göstermektedir.

4.2.7.2 DPPH sonuçları

Antioksidanlar, bir elektron ya da hidrojen atomunun transferi yoluyla DPPH radikali ile etkileşerek serbest radikalleri nötralize etmektedirler (Naik vd. 2003). Dolayısıyla % inhibisyon oranının yüksekliği, antioksidan etkinin yüksekliğini göstermektedir.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim boyunca belirlenen DPPH radikalının inhibisyon yüzdesinin değişim şekil 4.13'te gösterilmiştir. Üretimin başlangıcında (0. gün) %37,17 ile K örneği en düşük, %77,14 ile KV örneği en yüksek DPPH inhibisyon yüzdesine sahip olmuşlardır. Bitkisel nitrit kaynağı ilavesi sucukların antiradikal özelliğini artırmıştır. Bitkisel kaynaklar içerisinde en düşük DPPH inhibisyon oranına PN içeren örnekler sahip olmuştur. Üretim süresi boyunca KV örneği hariç diğer örneklerin DPPH inhibisyon yüzdeleri üretimin 3. gününde artış göstermiş, 6. ve 9. günlerde ise azalış göstermiştir. Yapılan varyans analizi DPPH % inhibisyon oranına üretim süresi x uygulamanın birlikte etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkiyi gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.18'de görülmektedir. Farklı nitrit kaynaklarının etkisi incelendiğinde, 0. günde KV en yüksek inhibisyon oranı ile diğer gruplarla önemli fark ($p<0,05$) oluşturmuş, 3. günde N, KV ve IS en yüksek ve birbirlerine yakın düzeyde ($p>0,05$) % inhibisyon oranı göstermişlerdir. Üretimin 6. gününde K, PN, ve N, KV ve IS arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) düzeylerde olmuştur. Üretimin sonunda ise en yüksek % inhibisyon oranları KV ve IS içeren örneklerde



Şekil 4.13 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim

Çizelge 4.18 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	37,18±2,51 ^{cAB}	44,89±2,74 ^{cA}	36,44±1,55 ^{cAB}	28,79±6,54 ^{cB}
N	58,36±5,52 ^{bB}	75,69±6,82 ^{aA}	74,31±3,29 ^{aA}	41,12±4,02 ^{bC}
KV	77,14±5,08 ^{aA}	76,29±3,60 ^{aA}	73,67±2,56 ^{aA}	60,90±1,86 ^{aB}
IS	55,49±10,63 ^{bB}	78,56±3,46 ^{aA}	65,15±0,62 ^{bAB}	65,05±2,93 ^{aAB}
PN	41,01±6,33 ^{bcB}	59,85±4,65 ^{bA}	36,33±3,08 ^{cB}	28,74±4,13 ^{cB}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

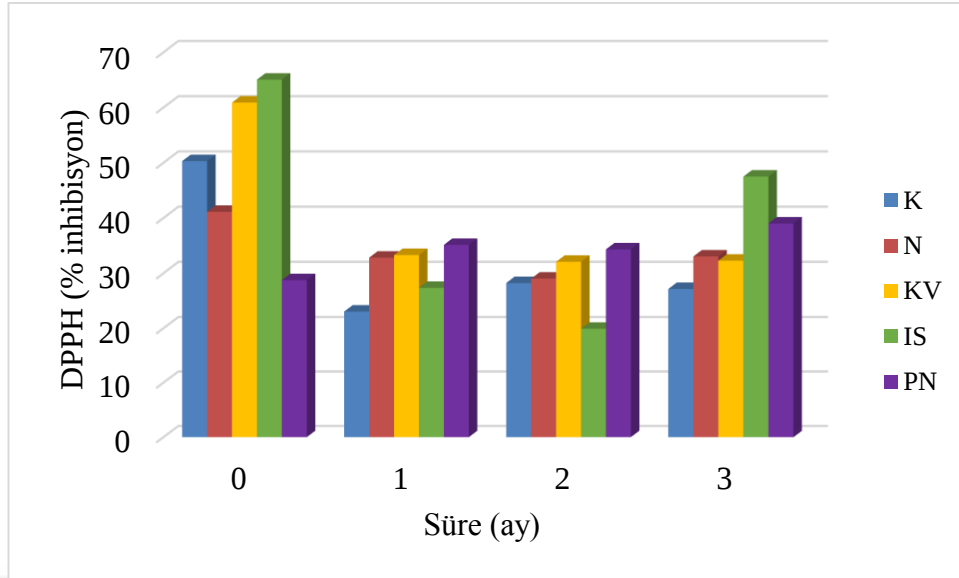
belirlenirken ($p > 0,05$), bu örneklerle diğer gruplar arasındaki fark önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde; en düşük DPPH inhibisyon değerlerine sahip K örneklerin ilk 6 gün değerleri arasındaki fark önemli olmazken ($p > 0,05$), 9. günde diğer günlerden önemli düzeyde düşüş ($p < 0,05$) gözlenmiştir. KV içeren örneklerde DPPH yüzde inhibisyon değerlerine 0, 3 ve 6. günlerde üretim süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p > 0,05$); N örneğinin DPPH yüzde inhibisyon değerine 0. gün, 6. gün ve 9.

günler arasında üretim süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ön dönüştürülmüş IS tozu içeren örneklerde üretimin 3, 6 ve 9. günlerinde DPPH % inhibisyon oranları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Bu durum üretim sırasında antiradikal aktivitenin korunduğunu göstermektedir. Diğer yandan ABTS % inhibisyon oranı yüksek olan PN içeren örnekler üretim sonunda K ile benzer düzeyde düşük DPPH % inhibisyon değerlerine sahip olmuştur.

Ekici vd. (2015), %0,5, 1 ve 2 oranlarında siyah havuç konsantresi ilavesinin sucuğun biyoaktif özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Siyah havuç konsantresi eklenmesi sucuğun antiradikal aktivitesini geliştirmesini sağlamıştır. Sucuk örneklerinin antiradikal aktiviteleri, siyah havuç konsantresi ilavesinden önemli ölçüde etkilenmiştir ($p<0,05$). 12 günlük olgunlaşma sürecinin sonunda DPPH radikali inhibisyon yüzdesi; 150 mg/kg düzeyinde sodyum nitrit içeren kontrol örneği için %15,22, 150 mg/kg düzeyinde sodyum nitritle birlikte %2 oranında siyah havuç konsantresi içeren örnek için %65,18 olarak hesaplanmıştır. Çalışmamızda 150 mg/kg sodyum nitrit içeren sucuklarda belirlenen DPPH % inhibisyon değeri Ekici vd. (2015)'nin sonuçlarından daha yüksek çıkmış, KV ve IS içeren sucuklarda ise benzer sonuçlar bulunmuştur.

Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama boyunca belirlenen DPPH radikalının yüzde inhibisyonundaki değişim şekil 4.14'te gösterilmiştir. Depolamanın sonunda ürünlerin DPPH radikali inhibisyon yüzdeleri en düşük K (%27,14), en yüksek IS (%47,50) örneklerinde belirlenmiştir. Genel olarak tüm grupların DPPH % inhibisyon oranlarında azalma gözlenmiştir. Depolamanın 1. ayındaki sonuçlara göre PN örneği hariç diğer tüm ürünlerin DPPH radikali inhibisyon yüzdesinde azalma meydana gelmiştir. Depolamanın sonunda ürünlerin DPPH radikali inhibisyon yüzdeleri %27,14 ile %47,50 arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek inhibisyon yüzdesi ise %47,50 ile IS örneğinde belirlenmiştir.

Yapılan varyans analizi DPPH % inhibisyon oranına depolama süresi x uygulamanın birlikte etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etki çizelge 4.19'da görülmektedir. N ve PN örneklerinin DPPH yüzde inhibisyon değerine depolama



Şekil 4.14 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim

Çizelge 4.19 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen DPPH % inhibisyon değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay
K	50,28±4,42 ^{bA}	23,06±3,56 ^{aB}	28,23±1,70 ^{abB}	27,14±4,25 ^{cB}
N	41,11±4,02 ^{bA}	32,81±7,72 ^{aA}	29,02±1,07 ^{abA}	33,03±2,70 ^{bcA}
KV	60,89±1,86 ^{aA}	33,28±6,21 ^{aB}	32,07±8,45 ^{aB}	32,28±3,20 ^{bcB}
IS	65,05±2,93 ^{aA}	27,34±0,96 ^{aC}	19,91±0,23 ^{bD}	47,50±0,59 ^{aB}
PN	28,74±4,13 ^{cA}	35,13±8,38 ^{aA}	34,31±3,14 ^{aA}	39,01±1,55 ^{bB}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

A-D: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

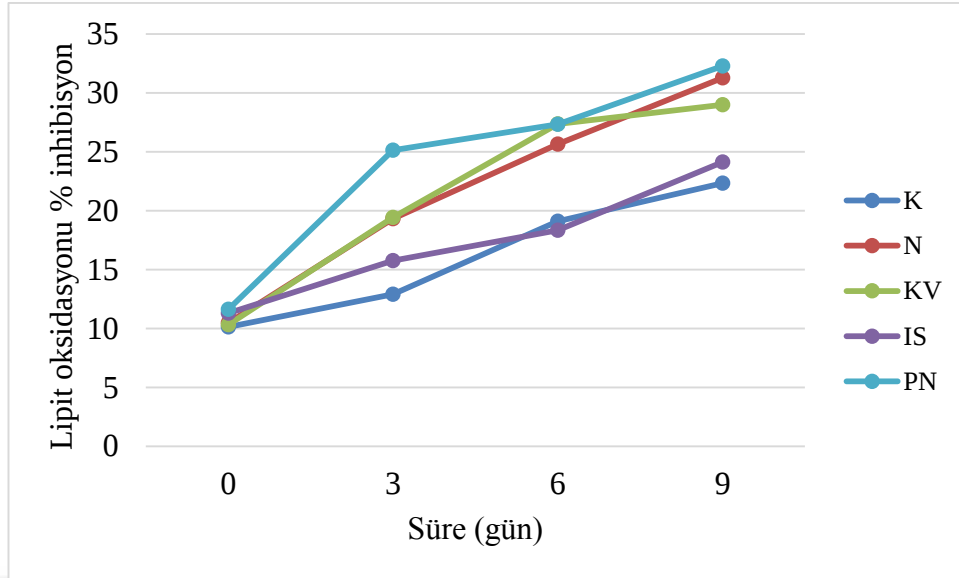
süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p > 0,05$), IS örneğinin DPPH yüzde inhibisyon değerine depolama süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının DPPH yüzde inhibisyon değerine etkisi, 1. ay değerlendirildiğinde tüm gruplar arasında önemsiz ($p > 0,05$) bulunurken; 0. ay ve 3. aylar baz alındığında K, IS ve PN grupları arasında önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Depolama sonunda en yüksek DPPH % inhibisyon oranı depolama başlangıcına göre azalmış olmasına karşın %47,50 ile IS

tozu içeren sucuklarda belirlenmiştir. DPPH % inhibisyon oranları PN sucuklarında depolama sırasında artış gösterirken, KV ve IS örneklerinde azalmıştır.

Zhao vd. (2021), fermente et ürünlerinde laktik asit bakterilerinin bitkisel kaynakların antioksidan aktivitesini artırdıklarını, bunun nedeninin de ürün pH'sında meydana gelen düşüş ile ve fermantasyon sırasındaki enzimatik parçalanma ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, fermantasyon sırasında antioksidan aktiviteye önemli katkı yapan fenolik bileşiklerin serbest kaldığını ve bunun antioksidan aktivitede artışa neden olduğunu, ancak depolama sürecinde ileri parçalanma nedeniyle antioksidan aktivitede azalmalar olabileceğini belirtmişlerdir.

4.2.8 Lipit oksidasyonu % inhibisyon sonuçları

Lipit oksidasyonunun % inhibisyon oranı, ortamdaki antioksidan bileşiklerin oksidasyona karşı ne kadar etkili olduklarına ilişkin bilgi vermektedir. % inhibisyon oranının yüksekliği, ortamdaki bileşiğin antioksidan kuvvetini göstermektedir (Qwele vd. 2013). Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilave edilen sucuklarda üretim süreci boyunca belirlenen lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim şekil 4.15'te gösterilmiştir. En düşük % inhibisyon oranı K örneklerde ve daha sonra IS içeren örneklerde belirlenmiştir. En yüksek inhibisyon oranları 3. günden itibaren belirlenmiş ve üretimin 6. ve 9. günlerinde artış şeklinde devam etmiştir. Üretimin 9. gününde en yüksekten düşüğe doğru % inhibisyon oranları PN'de %32,28, N'de 31,26, KV'de %28,98, IS'de %24,12 ve K'de %22,33 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, bitkisel nitrit kaynaklarının ve özellikle de kırmızı pancar ve kerevizin antioksidan etkisinin en az sodyum nitrit kadar etkili olduğunu göstermektedir. N, PN, KV içeren örneklerin yüksek inhibisyon oranları bu katkıların antioksidan etkisinden kaynaklanmaktadır. Yapılan varyans analizi sonucu üretim süresi ve uygulamanın birlikte etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etki çizelge 4.20'de görülmektedir. Üretim sırasında KV örneğinin lipit oksidasyonu % inhibisyon değerine 6. gün ve 9. günler arasında üretim süresinin etkisi önemsiz bulunurken ($p>0,05$), PN örneğinin değerine üretim süresinin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Nitrit kaynağı ilavesi lipit oksidasyonunu önemli düzeyde inhibe etmiştir.



Şekil 4.15 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim sırasında lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim

Çizelge 4.20 Sucuklarda üretim sırasında belirlenen lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim

Grup	0. gün	3. gün	6. gün	9. gün
K	10,15±0,37 ^{aC}	12,92±1,00 ^{cC}	19,10±2,35 ^{bB}	22,33±2,28 ^{cA}
N	10,49±0,30 ^{aD}	19,34±0,67 ^{bC}	25,66±5,40 ^{aB}	31,26±3,34 ^{aA}
KV	10,35±0,59 ^{aC}	19,44±1,47 ^{bB}	27,35±0,27 ^{aA}	28,98±0,73 ^{bA}
IS	11,31±0,48 ^{aC}	15,77±2,46 ^{bcBC}	18,34±1,77 ^{bB}	24,12±3,18 ^{cA}
PN	11,63±0,05 ^{aD}	25,15±0,56 ^{aC}	27,34±0,25 ^{aB}	32,28±1,28 ^{aA}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

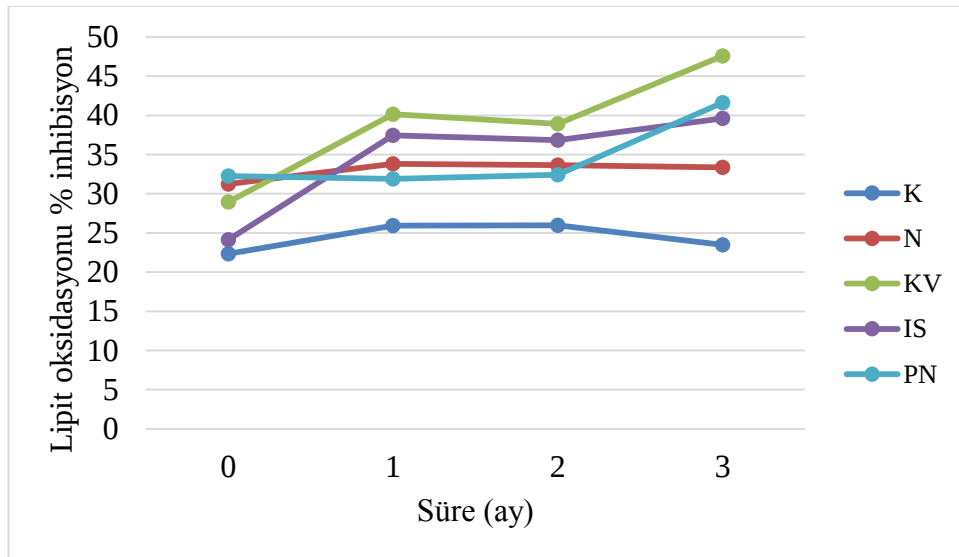
a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

A-D: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p < 0,05$).

Üretimin başında gruplar arası farklılık önemli olmazken ($p > 0,05$), 3, 6 ve 9. günlerde gruplar arası farklılık önemli ($p < 0,05$) olmuştur. Üretimin 3. gününde en yüksek inhibisyon oranı PN içeren örneklerde belirlenmiş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Üretimin 6. gününde N, KV ve PN birbirlerine yakın ($p > 0,05$) ve en yüksek, 9. günde ise N ve PN içeren sucuklar en yüksek inhibisyon

oranlarına sahip olmuşlar ve diğer gruplarla aralarındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Pancarın yüksek antioksidan aktivite göstermesi sucuk formülasyonuna en fazla düzeyde (%3) katılan nitrit kaynağı olması olabilir. Zira nitritin yanı sıra pancarda bulunan antioksidan bileşiklerin oransal olarak miktarı da yüksek düzeyde ilave edildiğinde artmaktadır. Sürenin etkisi, N ve PN içeren örneklerde her bir üretim döneminde önemli düzeyde artmıştır ($p<0,05$).

Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının sucuklarda depolama süreci boyunca belirlenen lipid oksidasyonu % inhibisyon değerindeki değişime etkisi Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Depolamanın başlangıcında örneklerin lipid oksidasyonu inhibisyon değerleri %22,33 ile %32,28 arasında değişirken, depolamanın 1. ayında, PN örneği hariç diğer tüm grupların lipid oksidasyonu % inhibisyon değerlerinde depolamanın başlangıcına göre artış gözlenmiştir. Depolamanın sonunda (3. ay) en yüksek inhibisyon oranı KV örneğinde (%47,59) belirlenmiştir. Depolama sırasında sodyum nitrit içeren örneklerde % inhibisyon değeri stabil seyrederken, KV, IS ve PN içeren örneklerde artması, nitrattan nitrit dönüşümünün devam ettiğinin göstergesidir. Diğer yandan kereviz, ıspanak ve kırmızı pancardaki biyoaktif bileşenlerin lipid oksidasyonunun inhibisyonunda etkili olduğu da düşünülmektedir.



Şekil 4.16 Farklı bitkisel nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama sırasında lipid oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim

Farklı nitrit kaynaklarının ve depolama süresinin etkisini belirlemek üzere yapılan varyans analizi sonucu, sürenin ve nitrit kaynağı ilavesinin ayrı ayrı etkisi olduğunu göstermiştir. Sürenin etkisi; 1. ve 2. aylar arasında önemsiz ($p>0,05$), bu aylarla diğer aylar arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.21). Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanımının etkisine bakıldığında ise en düşük % inhibisyon oranına sahip K (%24,42) ile en yüksek % inhibisyon oranına sahip KV (%38,90) ve diğer grupların inhibisyon oranları arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Sucuklarda depolama sırasında belirlenen lipit oksidasyonu % inhibisyon değerlerindeki değişim

Grup	0. ay	1. ay	2. ay	3. ay	Ortalama
K	22,33±2,28	25,92±1,79	25,96±3,29	23,47±2,13	24,42±1,81 ^c
N	31,26±3,34	33,84±6,19	33,64±0,33	33,36±0,90	33,03±1,19 ^b
KV	28,97±0,73	40,13±12,15	38,91±0,31	47,59±4,31	38,90±7,65 ^a
IS	24,12±3,18	37,43±3,67	36,84±4,50	39,61±4,66	34,50±7,02 ^b
PN	32,28±1,27	31,88±4,48	32,45±4,87	41,63±2,87	34,56±4,72 ^b
Ortalama	27,79±4,50 ^C	33,84±7,17 ^B	33,56±5,29 ^B	37,13±8,99 ^A	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-C: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

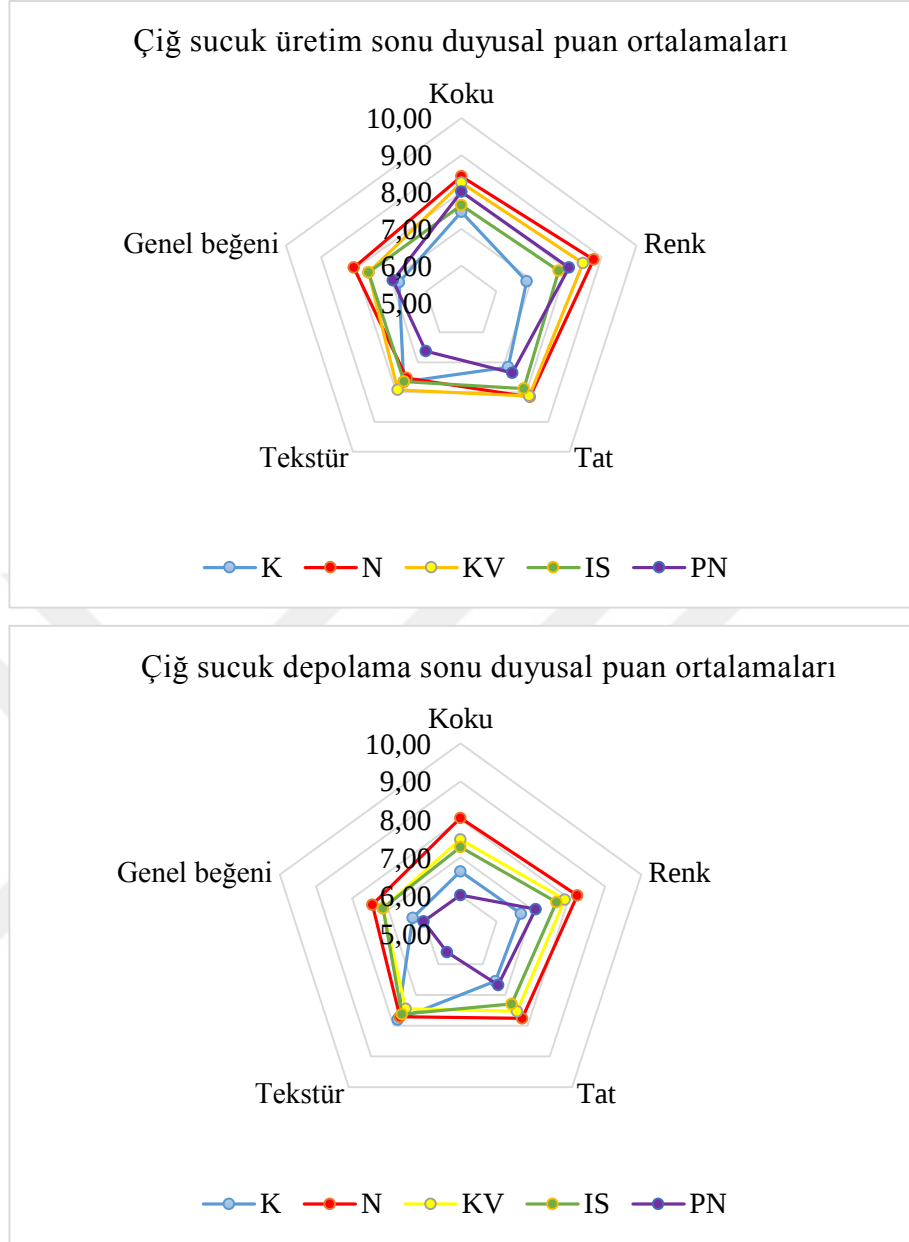
Qwele vd. (2013), yemlerine 3 farklı ürün ilave ederek besledikleri keçilerden elde ettikleri etlerde lipit oksidasyon değerlerini incelemişlerdir. Bu çalışmada; *Moringa oleifera* yaprağı, ayçiçeği küspesi ve ot samanı ile beslenmiş keçi etlerinin et ürünlerinde oluşan lipit oksidasyonu üzerinde önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir ($p<0,05$). *Moringa oleifera* yaprağı ile beslenmiş keçilerden elde edilen etin (%47,90), ayçiçeği küspesi ile beslenmiş keçilerden elde edilen ete (%20,27) göre en yüksek lipit oksidasyonu inhibisyon yüzdesine sahip olduğu belirtilmiştir. Ot samanı ile beslenmiş keçilerden elde edilen etin ise en düşük lipit oksidasyonu inhibisyon yüzdesine (%11,03) sahip olduğu ifade edilmiştir. *Moringa oleifera* yaprağı ile beslenmiş keçilerden elde edilen ette gözlenen yüksek inhibisyon oranı, aşırı düzeyde serbest radikal oluşumunu

önleyen savunma mekanizmasını göstermektedir. Lipit peroksidasyonu, aerobik hücrelerde meydana gelen karmaşık bir süreçtir ve moleküler oksijen ile çoklu doymamış yağ asitleri arasındaki etkileşimi yansıtır (Verma vd. 2009). Bu süreç, özellikle et oksijene, ısıya ve ışığa maruz kaldığında aralarında reaktif hidrojene sahip metilen-CH₂ gruplarının bulunduğu çoklu çift bağların varlığından dolayı etin bozulmasına neden olur. Verma vd. (2009), Moringa bitkisinde; karotenoidler, vitaminler, mineraller, amino asitler, steroller, glikozitler, alkaloidler, flavonoidler ve fenolikler gibi bazı fitokimyasalların varlığını bildirmiştir. Bu bileşiklerin önemli bir antioksidan potansiyeli içerdiği kanıtlanmıştır. Polifenoller, zincir kırıcı peroksil-radikal temizleyiciler olarak hareket ederek lipid peroksidasyonunu engeller ve eti oksidasyondan koruyabilirler (Sreelatha ve Padma 2009). Çalışmamızda da kereviz, ıspanak ve kırmızı pancarda bulunan fenolik bileşiklerin benzer inhibisyona neden olduğu görülmüştür.

Hwang vd. (2018), %3 düzeyinde ön dönüştürülmüş ıspanak (0,16 mg MA/kg), marul (0,22 mg MA/kg, kereviz (0,36) ve kırmızı pancar (0,38 mg MA/kg) ekstraktları ilave ederek ürettikleri pişmiş domuz sosislerinde TBARM oluşumunun 150 mg/kg sodyum nitrit içeren sosisler kadar (0,06 mg MA/kg) engellenemediğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte TBARM oluşumunu geciktirmede ön dönüştürülmüş ıspanak ve marul ekstraktının etkili olduğunu bildirmişlerdir.

4.2.9 Duyusal analiz sonuçları

Farklı nitrit kaynaklarının sucuğun duyusal özelliklerine etkisi çiğ ve pişmiş örneklerde incelenmiştir. Üretim sonunda (9. gün) ve 3 ay depolama sonunda çiğ ve pişmiş sucuk örnekleri koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden duyusal değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Çiğ sucuğa ait sonuçlar şekil 4.17’de verilmiştir. Üretim sonunda N, KV ve IS tozu içeren örnekler en yüksek koku ve renk puanları alırken, tat yönünden N ve KV en yüksek, tekstür yönünden ise PN içeren örnekler en düşük puanı almıştır. Depolama sonunda sucukların duyusal puanları düşmüş, ancak hiçbir grubun puanı kabul sınırı olan 5’in altında olmamıştır.



Şekil 4.17 Farklı nitrit kaynakları içeren çiğ sucukların üretim ve depolama sonunda duyusal değerlendirme sonuçları

En iyi renk puanı, kimyasal nitrit içeren örneklere (8,78) verilirken, KV içeren örneklerin renk puanı (8,47) N içeren gruba yakın olmuştur. Çiğ sucuklarda üretim sonunda en beğenilen, N içeren grup olurken, KV ve IS içeren örneklerin puan ortalamaları da N grubuna yakın olmuştur. Üretim sonu tekstür puanları incelendiğinde, 6,78 ile K ve 6,95 ile PN örnekleri en düşük puanları almıştır. Üç ay depolama sonunda PN içeren grup, koku, tekstür ve genel beğeni yönlerinden en düşük puan ortalamalarına sahip olmuştur.

PN sucuğa en yüksek oranda katılan grup olmuştur. Bundan dolayı sucuğun tekstür ve genel beğeni puanları düşmüştür. N, KV ve IS en beğenilen gruplar olmuştur.

Pennisi vd. (2020), 3 g/kg kereviz tozu, kereviz/pancar tozu ve ıspanak tozu/pancar tozu ilave ettikleri İtalyan fermente sosislerin duyusal puanlarını nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol ve 150 mg/kg potasyum nitrit içeren pozitif kontrol ile karşılaştırdıkları çalışmalarında, nitrit kaynağı içermeyen grubun ve ıspanak/pancar tozlarını birlikte içeren grubun en düşük renk ve genel beğeni puanları aldıklarını belirlemişlerdir. Kimyasal nitrit, kereviz tozu, kereviz/pancar tozunu birlikte içeren grup en yüksek genel kabul puanlarına sahip olmuşlardır. Sucu ve Yıldız Turp (2018), sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak kırmızı pancar tozunun kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Araştırmacılar, 150 mg/kg sodyum nitrit içeren pozitif kontrol, 100 mg/kg sodyum nitrit/%0,12 pancar tozu, 50 mg/kg sodyum nitrit/%0,24 pancar tozu ve %0,35 pancar tozu içeren olmak üzere 4 grup sucuk üretmişler ve 4°C’de 84 gün depolamışlardır. Pancar tozu içeren örneklerin duyusal değerlendirme sonuçlarının (görünüş, renk ve genel kabul edilebilirlik yönlerinden) kimyasal nitrit içeren sucuklar ile karşılaştırılabilir düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Varyans analizi sonucu, çiğ sucukların koku değerlerine farklı bitkisel nitrit kaynaklarının ve sürenin birlikte etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Bu etkiyi gösteren Duncan sonuçları çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, N ve IS gruplarının koku puanlarına sürenin etkisinin önemsiz ($p>0,05$) olduğu görülürken, K, KV ve PN gruplarının koku puanlarına sürenin etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu görülmektedir. Çiğ sucukların koku puanları arasındaki farklılık, üretim sonu dikkate alındığında KV, IS ve PN grupları arasında önemsizken ($p>0,05$), depolama sonu dikkate alındığında K, N, KV ve PN grupları arasında önemli ($p<0,05$) olarak bulunmuştur.

Çiğ sucuklar tat yönünden değerlendirildiğinde; depolama sonunda tüm örnek gruplarının tat puanları üretim sonundaki puanlara göre daha düşüktür. Çiğ sucuk tat puanları incelendiğinde formülasyona eklenen farklı bitkisel nitrit kaynaklarından en yüksek

puanları hem üretim sonunda hem de depolama sonunda KV örneği almıştır. KV örneğinin puanları her iki süreç sonunda da N örneğinin puanlarına oldukça yakın

Çizelge 4.22 Çiğ sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen koku puanlarındaki değişim

Grup	Üretim sonu	Depolama sonu
K	7,45±0,06 ^{bA}	6,63±0,25 ^{cB}
N	8,42±0,13 ^{aA}	8,03±0,12 ^{aA}
KV	8,25±0,11 ^{abA}	7,47±0,09 ^{bB}
IS	7,64±0,67 ^{abA}	7,27±0,11 ^{bA}
PN	8,00±0,25 ^{abA}	6,01±0,28 ^{dB}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-d: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-B: Aynı satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

çıkmiştir. İstatistik değerlendirme sonucu; çiğ sucukların tat değerlerine grup x gün interaksyonu önemsizken ($p>0,05$); sürenin ve uygulamanın (Çizelge 4.23) etkisi ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Çiğ sucukların tat puanlarındaki farklılık N ve KV grupları arasında önemsizken ($p>0,05$), K ve IS grupları arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Sucukların renk değerleri; üretim sonunda 7,16-8,16 arasında, depolama sonunda ise 6,56-7,76 arasında değişmiştir. İstatistik değerlendirme sonucu; çiğ sucukların renk değerlerine grup x gün interaksyonu önemsizken ($p>0,05$); sürenin ve uygulamanın (Çizelge 4.23) etkisi ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Çiğ sucukların renk puanlarındaki farklılık IS ve PN grupları arasında önemsizken ($p>0,05$); K, N ile IS ve PN renk puanları ortalaması arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çiğ sucukların tekstür puanları değerlendirildiğinde; depolama sonunda K ve N gruplarının puanları üretim sonundaki puanlara göre daha yüksek iken, KV, IS ve PN gruplarının puanları üretim sonundaki puanlara göre daha düşük olarak belirlenmiştir. En fazla düşüş ise yaklaşık 1 puan fark ile PN örneğinde gözlemlenmiştir. Üretim sonunda en yüksek tekstür puanı 7,93 ile KV örneğindeyken depolama sonunda en yüksek tekstür puanı 7,81 ile K örneğinde belirlenmiştir. Varyans analizi sonucu, çiğ sucukların tekstür puanlarına uygulamanın etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.23). Çiğ

sucukların tekstür puanlarındaki farklılık K, N, KV ve IS grupları arasında önemsizken ($p>0,05$), bu grupların tekstür puanları ortalaması ile PN grubu arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.23 Çiğ sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarındaki değişim

Grup	Üretim sonu	Depolama sonu	Ortalama
Renk			
K	6,86±0,52	6,67±0,11	6,77±0,32 ^c
N	8,77±0,64	8,23±0,03	8,50±0,49 ^a
KV	8,47±0,43	7,88±0,05	8,19±0,42 ^{ab}
IS	7,77±0,39	7,65±0,35	7,71±0,31 ^b
PN	8,07±0,21	7,07±0,25	7,57±0,60 ^b
Ortalama	7,99±0,77 ^A	7,50±0,61 ^B	
Tat			
K	7,16±0,35	6,56±0,51	6,86±0,50 ^c
N	8,16±0,08	7,76±0,16	7,96±0,25 ^a
KV	8,13±0,31	7,53±0,12	7,83±0,39 ^a
IS	7,89±0,17	7,29±0,42	7,59±0,43 ^{ab}
PN	7,35±0,20	6,68±0,52	7,02±0,51 ^{bc}
Ortalama	7,74±0,47 ^A	7,17±0,57 ^B	
Tekstür			
K	7,66±0,62	7,81±0,08	7,73±0,37 ^a
N	7,53±0,44	7,71±0,34	7,62±0,34 ^a
KV	7,93±0,40	7,45±0,08	7,69±0,36 ^a
IS	7,64±0,28	7,62±0,39	7,63±0,27 ^a
PN	6,63±0,45	5,61±0,42	6,12±0,69 ^b
Genel Beğeni			
K	6,78±0,81	6,31±0,15	6,55±0,54 ^b
N	8,06±0,11	7,43±0,09	7,75±0,37 ^a
KV	7,64±0,15	7,15±0,06	7,40±0,30 ^a
IS	7,65±0,42	7,14±0,22	7,40±0,40 ^a
PN	6,95±0,24	6,02±0,11	6,48±0,55 ^b
Ortalama	7,42±0,60 ^A	6,81±0,58 ^B	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: İlgili sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

A-B: İlgili satırda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir ($p<0,05$).

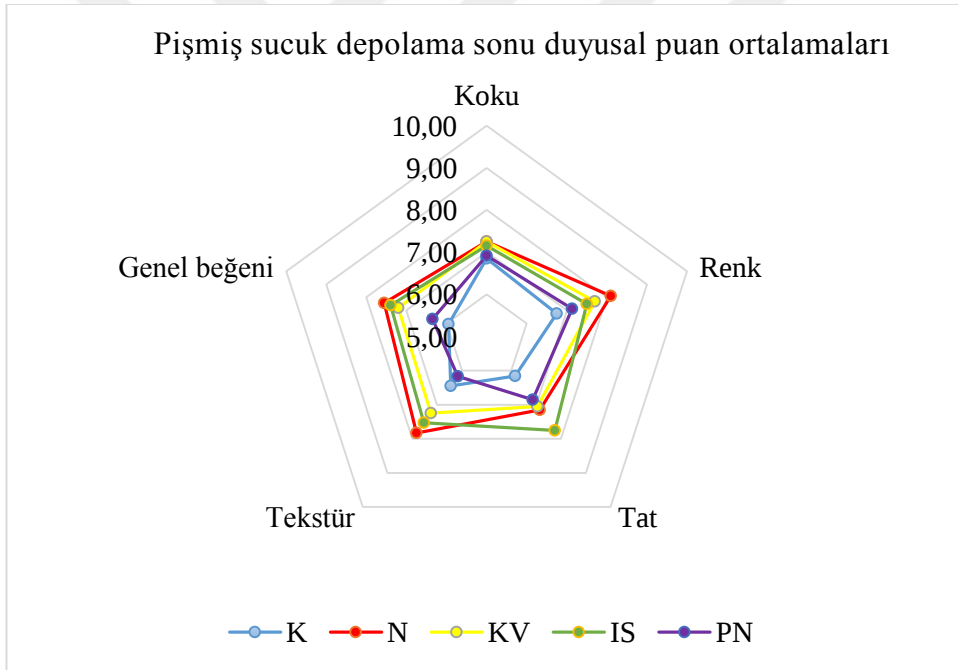
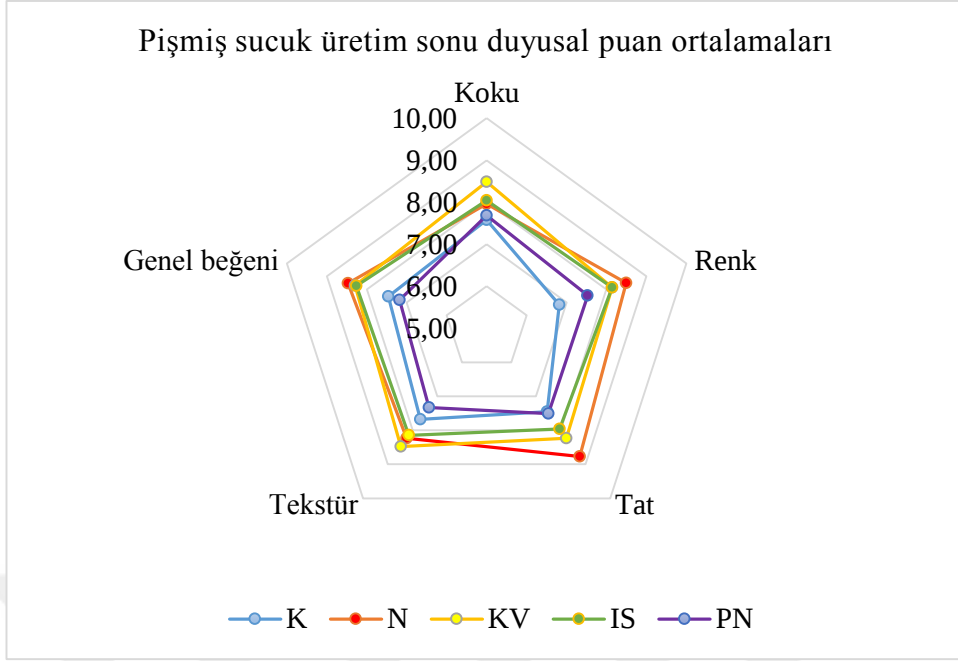
Çiğ sucuk örneklerinin genel beğeni puanları irdelendiğinde, tüm grupların depolama sonundaki puanları üretim sonundaki puanlarına göre daha düşük olarak belirlenmiştir. N örneği üretim sonunda 8,06 ile en yüksek tekstür puanına sahipken, K örneği 6,78 ile en düşük tekstür puanına sahip olmuştur. Depolama sonunda ise, N örneği 7,43 ile en yüksek tekstür puanına sahipken, PN örneği 6,02 puan ile en düşük tekstür puanına sahip olmuştur. Üretim ve depolama sonunda KV ve IS örnekleri neredeyse aynı puanları

almışlardır. İstatistik değerlendirme sonucu, çiğ sucukların genel beğeni değerlerine grup x gün interaksyonu önemsizken ($p>0,05$), sürenin ve uygulamanın (Çizelge 4.23) etkileri ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Çiğ sucukların genel beğeni puanlarındaki farklılık N, KV ve IS grupları ile K ve PN grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), fakat N, KV ve IS genel beğeni puanları ortalaması ile K ve PN ortalamaları arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çiğ sucuk örnekleri için genel olarak verilen puan ortalamaları incelendiğinde, kimyasal nitrite alternatif farklı bitkisel nitrit kaynaklarının kullanımı ürünlerin duyu özelliklerini olumsuz yönde etkilememiş ve tüm puanlar kabul sınırı olan 5 puanın üzerinde kalmıştır.

Pişmiş sucuklarda üretim ve depolama sonunda koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni sonuçları şekil 4.18’de görülmektedir. Üretim sonunda N, KV ve IS içeren pişmiş sucukların koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanları, K ve PN gruplarından yüksek olmuştur. Depolama sonunda pişmiş sucukların puan ortalamaları tüm gruplarda, üretim sonu puan ortalamalarından düşük olmuştur. Bu durum depolama ile birlikte kalite niteliklerindeki azalma ile ilişkilidir. Herhangi bir nitrat/nitrit kaynağı içermeyen K örnekler tüm özellikler yönünden en düşük puanları alırken, çiğ örneklerde olduğu gibi pişmiş örneklerde de N, KV ve IS içeren sucuklar en yüksek puan ortalamalarına sahip olmuşlardır.

Babaoğlu (2020)’nın çalışmasında, pişmiş sucuklara ait duyu analiz sonuçları, pazı tozu ile kürlenmiş sucukların en yüksek duyu puanları aldığını bildirmiştir. Bu çalışma sonucunda, fermente sucuk üretiminde sentetik nitrit kullanımına alternatif olarak özellikle pazı ve ıspanağın kullanılabileceğini belirtmiştir. Işıksal, farklı düzeylerde (75 ve 150 mg/kg) kereviz ve siyah havuç konsantreleri kullanarak ürettiği fermente sucukların pişmiş hâlinde koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarının sodyum nitrit içeren sucuklarla benzer olduğunu ve bu özellikleri depolama boyunca koruduklarını ifade etmiştir.



Şekil 4.18 Farklı nitrit kaynakları içeren pişmiş sucukların üretim ve depolama sonunda duyusal değerlendirme sonuçları

Pişmiş sucuk örnekleri koku yönünden incelendiğinde, koku puanları üretim sonunda ve depolama sonunda sırasıyla ortalama 7,95 ve 7,08 olarak bulunmuştur. Üretim sonunda KV örneği 8,48 ile en yüksek koku puanını almıştır. Depolama sonunda ise KV ve N

örnekleri 7,25 ile en yüksek koku puanını almıştır. İstatistik değerlendirme sonucunda, pişmiş sucukların koku değerlerine grup x gün interaksyonu önemsiz ($p>0,05$) çıkmıştır. Koku puanlarındaki değişime uygulamanın etkisi önemsizken ($p>0,05$), sürenin etkisi önemli ($p<0,05$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Pişmiş sucuk örneklerinin renk puanları irdelendiğinde; K, N, KV, IS ve PN örneklerinin üretim sonunda aldığı puanlar sırasıyla 6,82, 8,49, 8,14, 8,14 ve 7,53 olarak tespit edilmiştir. Üretim ve depolama sonunda en yüksek renk puanlarını N örneği almıştır. Depolama sonunda örneklerin ortalama puan değeri 7,44 olarak belirlenmiştir. Varyans analizi sonucu; pişmiş sucukların renk değerlerine grup x gün interaksyonu önemsiz ($p>0,05$) çıkmıştır. Renk puanlarındaki değişime sürenin etkisi önemsizken ($p>0,05$), uygulamanın etkisi önemli ($p<0,05$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.24). Pişmiş sucukların renk puanlarındaki farklılık N ve KV grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), fakat N ve KV renk puanları ortalaması ile K ve PN grupları arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Pişmiş sucuk örneklerinin tat puanları değerlendirildiğinde, depolama sonunda tüm örneklerin puanları başlangıca göre düşmüştür. En fazla düşüş K, N ve KV örneklerinde belirlenirken en az düşüş IS örneğinde belirlenmiştir. Farklı bitkisel nitrit kaynakları içeren gruplar arasında bir inceleme yapıldığında üretim sonunda en yüksek tat puanı 8,3 ile KV örneğinde belirlenirken en düşük tat puanı 7,50 ile PN örneğinde belirlenmiştir. Depolama sonunda ise IS örneği 7,5 ile en yüksek tat puanını alırken PN örneği 6,85 ile en düşük tat puanını almıştır. Varyans analizi sonucu; pişmiş sucukların tat değerlerine grup x gün interaksyonu önemsiz ($p>0,05$) çıkmıştır. Tat puanlarındaki değişime uygulamanın etkisi önemsizken ($p>0,05$), sürenin etkisi önemli ($p<0,05$) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Pişmiş sucuk örnekleri tekstür açısından değerlendirildiğinde, üretim sonunda en yüksek puanı 8,48 ile KV örneği alırken depolama sonunda en yüksek puanı 7,82 ile N örneği almıştır. Ürünlerin üretim sonunda ortalama tekstür puanı 7,97 olarak belirlenirken depolama sonunda 7,04 olarak belirlenmiştir. İstatistik değerlendirme sonucu, pişmiş sucukların tekstür değerlerine grup x gün interaksyonu önemsizken ($p>0,05$), sürenin ve

Çizelge 4.24 Pişmiş sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarındaki değişim

Grup	Üretim sonu	Depolama sonu	Ortalama
Koku			
K	7,58±0,06	6,85±0,07	
N	7,96±0,06	7,25±0,35	
KV	8,48±0,19	7,25±0,49	
IS	8,04±0,08	7,15±0,49	
PN	7,68±0,05	6,91±0,44	
Ortalama	7,95±0,34 ^A	7,08±0,35 ^B	
Renk			
K	6,82±0,24	6,75±0,21	6,78±0,19 ^c
N	8,49±0,12	8,10±0,00	8,30±0,24 ^a
KV	8,14±0,08	7,70±0,28	7,93±0,31 ^a
IS	8,14±0,32	7,50±0,28	7,82±0,44 ^{ab}
PN	7,53±0,11	7,13±0,76	7,33±0,50 ^b
Tat			
K	7,45±0,06	6,15±0,36	
N	8,77±0,09	7,15±1,06	
KV	8,23±0,68	7,05±0,63	
IS	7,96±0,07	7,75±0,49	
PN	7,50±0,12	6,85±0,36	
Ortalama	7,98±0,57 ^A	6,99±0,72 ^B	
Tekstür			
K	7,68±0,47	6,45±0,21	7,06±0,77 ^{ab}
N	8,23±0,18	7,82±0,39	8,03±0,34 ^a
KV	8,48±0,10	7,25±0,21	7,86±0,72 ^a
IS	8,14±0,11	7,52±0,60	7,83±0,50 ^a
PN	7,33±0,11	6,16±0,08	6,75±0,68 ^b
Ortalama	7,97±0,47 ^A	7,04±0,72 ^B	
Genel Beğeni			
K	7,46±0,06	5,95±0,21	6,70±0,88 ^b
N	8,47±0,08	7,55±0,49	8,01±0,60 ^a
KV	8,29±0,11	7,20±0,49	7,74±0,69 ^{ab}
IS	8,26±0,15	7,39±0,84	7,83±0,70 ^{ab}
PN	7,18±0,24	6,35±0,34	6,76±0,53 ^b
Ortalama	7,93±0,55 ^A	6,89±0,77 ^B	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

a-c: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan gruplar arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

A-B: Aynı sütunda farklı harfleri taşıyan süreler arasındaki fark istatistik olarak önemlidir (p<0,05).

uygulamanın (Çizelge 4.24) etkileri ayrı ayrı önemli (p<0,05) bulunmuştur. Pişmiş sucukların tekstür puanlarındaki farklılık N, KV ve IS grupları arasında önemsiz (p>0,05), fakat N, KV ve IS tekstür puanları ortalaması ile PN grubu arasında önemli (p<0,05) bulunmuştur.

Piřmiř sucuk gruplarının depolama sonundaki genel beğeni puanları üretim sonundaki genel beğeni puanlarına göre daha dūřüktür. Örneklerin üretim sonundaki genel beğeni puanlarının ortalaması 7,93 olarak belirlenirken depolama sonundaki genel beğeni puanlarının ortalaması ise 6,89 olarak belirlenmiştir. Piřmiř sucuk örneklerinin genel beğeni puanları irdelendiğinde, K, N, KV, IS ve PN örneklerinin depolama sonunda aldığı puanlar sırasıyla 5,95, 7,55, 7,20, 7,39 ve 6,35 olarak tespit edilmiştir. Üretim sonunda ve depolama sonunda en yüksek genel beğeni puanlarını N örneği almıştır. En düşük puanları, üretim sonunda PN, depolama sonunda K örneği almıştır. Sadece bitkisel nitrit kaynak ilaveli örnekler değerlendirildiğinde ise üretim sonunda en yüksek genel beğeni puanını 8,29 ile KV örneği alırken, depolama sonunda en yüksek genel beğeni puanını 7,39 ile IS örneği almıştır. Varyans analizi sonucu; pişmiş sucukların genel beğeni puanlarına sürenin ve uygulamanın etkileri ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Piřmiř sucukların genel beğeni puanlarındaki farklılık K ve PN grupları ile KV ve IS grupları arasında önemsiz ($p>0,05$), fakat K ve PN genel beğeni puanları ortalaması ile N grubu arasında önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Pişmiş sucuk örnekleri için verilen puan ortalamaları genel olarak değerlendirildiğinde, bitkisel nitrit kaynağı ilavesi pişmiş sucuk gruplarının duysal özelliklerini olumsuz yönde etkilememiş ve verilen tüm puanlar kabul sınırının (5 puan) üzerinde kalmıştır.

5. SONUÇ

Çalışma sonuçları, kereviz, ıspanak ve kırmızı pancardan elde edilen ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarının sucukta antioksidatif aktiviteyi artırmada kullanılma potansiyeli olduğunu ortaya koymuştur.

Ön dönüştürülmüş nitrit kaynakları arasında pancar tozu, sucukta üretim ve depolama sonunda sırası ile 17,56 mg/kg ve 18,73 mg/kg ile en yüksek kalıntı nitrit içeriğine sahip olmuştur. Ancak tüm sucuk gruplarında kalıntı nitrit miktarları izin verilen düzeyin oldukça altındadır. Sucuklara ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar tozu ilavesi TFM miktarlarında önemli düzeyde artışa neden olmuştur. Üretim aşamasında TFM ortalamaları K ve N içeren örneklerde en düşük (0,82 ve 0,87 mg GAE/g), KV, IS ve PN sucuklarında en yüksek (sırasıyla 12,84, 11,91 ve 11,45 mg GAE/g) bulunmuştur. Depolama sırasında TFM miktarı K ve N sucuklarında değişmezken, KV’de az da olsa azalış, IS ve PN sucuklarında artış gözlenmiştir. Nitrit kaynağı içeren sucuklar, içermeyen kontrol sucuklardan önemli düzeyde yüksek antioksidan aktiviteye sahip olmuşlardır. Üretim aşamasında nitrit kaynakları arasında önemli bir fark oluşmazken ($p>0,05$), depolama aşamasında kereviz tozu içeren sucuklar en yüksek antioksidan aktivite gösteren grup (%59,45 ABTS⁺ % inhibisyon oranı), ıspanak ve kırmızı pancar tozu içeren sucuklar ise sodyum nitrit içeren sucuklarla benzer aktivite göstermişlerdir.

Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrat/nitrit kaynağı ilavesi sucuklarda daha dengeli kurumaya neden olurken, sucukların kırmızılık değerleri sodyum nitrit içeren örneklerle benzer düzeylerde olmuştur. Üretim boyunca en yüksek a^* değerlerine N, KV, IS ve PN içeren sucuklar sahip olmuştur. Sodyum nitrit, kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar tozu içeren sucuklarda üretimin 3, 6 ve 9. günlerinde a^* değerinin değişmemesi ($p>0,05$), kür renginin korunduğunu göstermektedir. Son üründe en yüksek a^* değerleri 19,71 ile N ve 18,28 ile KV gruplarında belirlenmiştir.

Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının kullanımı, sucukların duyu özelliklerini üretim ve depolama süresi boyunca olumsuz etkilememiştir.

Sonuç olarak, sucuk üretiminde kereviz, ıspanak ve kırmızı pancardan elde edilen ön dönüştürülmüş doğal nitrit kaynaklarının, özellikle de kereviz ve ıspanaktan elde edilen tozların kullanılması, ürünün biyoaktif bileşen miktarını artırması ve antioksidan aktivitesini artırması yönlerinden önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Agourram, A., Ghirardello, D., Rantsiou, K., Zeppa, G., Belviso, S., Romane, A., Oufdou, K., Giordano, M. 2013. Phenolic content, antioxidant potential, and antimicrobial activities of fruit and vegetable by-product extracts. *International Journal of Food Properties*, 16, 1092–1104.
- Alahakoon, U.A., Jayasena, D.D., Ramachandra, S., Jo, C. 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. *Trends in Food Science and Technology*, 45, 37-49.
- Anjana, A., Umar, S., Iqbal, M. 2007. Nitrate accumulation in plants, factors affecting the process, and human health implications. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27, 45–57.
- Anonim. 2008. Türk Gıda Kodeksi Renklendiriciler ve Tatlandırıcılar Dışındaki Gıda Maddeleri Tebliği. <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2008/05/20080522-7.htm> (22.08.2022).
- Anonim. 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. Sayı: 28693.
- Anonim. 2019. Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği. Tebliğ no: 2018/52.
- AOAC. 1990. Nitrites in cured meat. In: *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Arlington, VA: AOAC 973.31. *Official Methods of Analysis* (pp. 938). (15th ed.) Arlington, VA: AOAC International.
- AOAC. 2010. *Official Methods of Analysis*. Horwitz, W. (Ed.), 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.
- Aquilani, C., Sirtori, F., Flores, M., Bozzi, R., Lebre, B., Pugliese, C. 2018. Effect of natural antioxidants from grape seed and chestnut in combination with hydroxytyrosol, as sodium nitrite substitutes in Cinta Senese dry-fermented sausages. *Meat Science*, 145, 389-398.
- Babaoğlu, A.S. 2020. Kurutulmuş bazı sebze tozlarının fermente sucuk üretiminde alternatif kürlleme ajanı olarak kullanılabilme imkânları. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 183, Konya.
- Barbieri, G., Bergamaschi, M., Barbieri G., Franceschini M. 2013. Kinetics of nitrite evaluated in a meat product. *Meat Science*, 93, 282-286.
- Berardo, A., De Maere, H., Stavropoulou, D. A., Rysman, T., Leroy, F., De Smet, S. 2016. Effect of sodium ascorbate and sodiumnitrite on protein and lipid oxidation in dry fermented sausages. *Meat Science*, 121, 359–364.
- Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199–1200.

- Bozkurt, H. 2006. Utilization of natural antioxidants: Green tea extract and *Thymbra spicata* oil in Turkish dry-fermented sausage. *Meat Science* 73, 442-450.
- Calvo, M.M., Garcia, M.L., Selgas, M.D. 2008. Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science* 80, 167-172.
- Cammack, R., Joannou, C. L., Cui, X. Y., Torres Martinez, C., Maraj, S. R., Hughes, M. N. 1999. Nitrite and nitrosyl compounds in food preservation. *Biochimica et Biophysica Acta - Bioenergetics*, 1411(2-3), 475-488.
- Carrilloa, C., Wilches-Perez, Hallmann, E., Kazimierczak, R., Rembialkowska, E. 2019. Organic versus conventional beetroot. Bioactive compounds and antioxidant properties. *LWT - Food Science and Technology*, 116, 108552.
- Cassens, R. G. 1990. Nitrite-cured meat: A food safety issue in perspective. Trumbull, CT: Food and Nutrition Press Inc.
- Chen, H., Zuo, Y., Deng, Y. 2001. Separation and determination of flavonoids and other phenolic compounds in cranberry juice by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, 913(1-2), 387-395.
- 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.
- Choksi, P. A., Joshi, V. Y. 2007. A review on lycopene-extraction, purification, stability and applications. *International Journal of Food Properties*, 10(2), 289-298.
- Correia, M., Barroso, Â., Barroso, M.F., Soares, D., Oliveira, M.B.P.P., Delerue-Matos, C. 2010. Contribution of different vegetable types to exogenous nitrate and nitrite exposure. *Food Chemistry*, 120, 960–966.
- Djeri, N., Williams, S.K. 2014. Celery juice powder used as nitrite substitute in sliced vacuum-packaged turkey Bologna stored at 4°C for 10 weeks under retail display light. *Journal of Food Quality*, 37, 361-370.
- Doolaege, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., Meulenaer, B.D., Verhé, R., Paelinck, H., De Smet, S. 2012. Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés. *Meat Science*, 90(4), 925-931.
- Duncan, C.L., Foster, E.M. 1968. Effect of sodium nitrite, sodium chloride, and sodium nitrate on germination and outgrowth of anaerobic spores. *Applied and Environmental Microbiology*, 16(2), 406-411.

- Eim, V.S., Simal S., Rosello C., Femenia A. 2008. Effects of addition of carrot dietary fiber on the ripening process of a dry fermented sausage (sobrassada). *Meat Science*, 80, 173-182.
- Ekici, L., Öztürk, I., Karaman, S., Çalışkan, O., Tornuk, F., Sağdıç, 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, 718-726.
- Erel, O. 2004. A novel automated direct measurement method for total antioxidant capacity using a new generation, more stable ABTS radical cation. *Clinical Biochemistry*, 37, 277–285.
- Eyiler, E., Öztan, A. 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. *LWT-Food Science and Technology*, 44, 307-311.
- Falowo, A.B., Fayemi, P.O., Muchenje, V. 2014. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review, *Food Research International*, 64, 171-181.
- Fernandez-Lopez, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., Perez-Alvarez, J.A. 2007. Orange fiber as potential functional ingredient for dry cured sausages. *European Food Research and Technology*, 226, 1-6.
- Fernandez-Lopez, J., Sendra, E., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., Perez-Alvarez, J.A. 2008. Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichon” (Spanish dry-fermented sausage enriched with orange fiber. *Meat Science*, 80, 410-417.
- Ferysiuk, K., Wójciak, K.M. 2020. Reduction of nitrite in meat products through the application of various plant-based ingredients. *Antioxidants*, 9, 4, doi:10.3390/antiox9080711
- Fox, J. B., Jr. 1966. Chemistry of meat pigments. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14(3), 207–210.
- Francis, D. M., Barringer, S. A., Whitemoyer, R. E. 2000. Ultrastructural characterization of yellow shoulder disorder in a uniform ripening tomato genotype. *Hort Science*, 35(6), 1114-1117.
- Georgiev, V. G., Weber, J., Kneschke, E. M., Denev, P. N., Bley, T., Pavlov, A. I. 2010. Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit Dark Red. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 105–111.
- Golden, M. C., McDONNELL, L. M., Sheehan, V., Sindelar, J. J., Glass, K. A. 2014. Inhibition of *Listeria monocytogenes* in deli-style Turkey breast formulated with cultured celery powder and/or cultured sugar–vinegar blend during storage at 4°C. *Journal of Food Protection*, 77(10), 1787–1793.

- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Tülek, Y. ve Zorba, Ö. 1993. Et ve et ürünlerinde kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu. Atatürk Üniv., Ziraat Fak., Yayın no. 318, Erzurum.
- Gökalp, H.Y., Kaya, M. ve Zorba, Ö. 1994. Et ürünleri işleme mühendisliği. Atatürk Üniversitesi, Yayın No:786. Erzurum.
- Gutfinger, T. 1981. Polyphenols in olive oils. Journal of the American Oil Chemists'Society, 58, 966–968.
- Hammes, W.P. 2012. Metabolism of Nitrate in Fermented Meats: The Characteristic Feature of a Specific Group of Fermented Foods. Food Microbiology, 29, 151-156.
- Hayes, J.E., Stepanyan, V., Allen, P., O’Grady, M.N., Kerry, J.P. 2011. Evaluation of the effects of selected plant-derived nutraceuticals on the quality and shelf- life stability of raw and cooked pork sausages. LWT- Food Science and Technology 44, 164-172.
- 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., Ruther, B.L., 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, 400-407.
- Hospital, F.X., Carballo, J., Fernandez, M., Arnau, J., Gratacos, 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.
- Humada, M.J., Sañudo, C., Serrano, E. 2014. Chemical composition, vitamin E content, lipid oxidation, colour and cooking losses in meat from Tudanca bulls finished on semi-extensive or intensive systems and slaughtered at 12 or 14 months. Meat Science, 96(2), 908-915.
- Hung, Y., Verbeke, W., Kok, M.T. 2016. Stakeholder and consumer reactions towards innovative processed meat products: Insights from a qualitative study about nitrite reduction and phytochemical addition. Food Control, 60, 690-698.
- Hwang, K.E., Kim, T.K., Kim, H.W., Oh, N.S., Kim, Y.B., Jeon K.H, Choi, Y.S. 2017. Effect of fermented red beet extracts on the shelf stability of low-salt frankfurters. Food Science and Biotechnology, 26(4), 929–936.
- 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), 1358-1365.

Hygreeva, D., Pandey, M.C., Radhakrishna, K. 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*, 98(1), 47-57.

Igene, J.O., Yamauchi, K., Pearson, A.M., Gray, J.I. 1985. Mechanisms by which nitrite inhibits the development of warmed-over flavour (WOF) in cured meat. *Food Chemistry*, 18(1), 1-18.

İşıksal, S. 2021. Sucuk üretiminde bitkisel kaynaklı nitrat kullanımı. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 225, Ankara.

Jayawardana, B.C., Hirano, T., Han K.H., Ishii, H., Okada, T., Shibayama, S., Fukushima, M., Sekikawa, M., Shimada K.I. 2011. Utilization of adzuki bean extract as a natural antioxidant in cured and uncured cooked pork sausages. *Meat Science* 89, 150-53.

Jiang, J., Xiong, Y.L. 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Science*, 120, 107-117.

Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., Cofrades, S. 2001. Healthier meat and meat products: Their role as functional foods. *Meat Science* 59(1), 5-13.

Jin, S. K., Choi, J. S., Moon, S. S., Jeong, J. Y., Kim, G. D. 2014. The assessment of red beet as a natural colorant, and evaluation of quality properties of emulsified pork sausage containing red beet powder during cold storage. *Korean journal for food science of animal resources*, 34(4), 472-481.

Jo, K., Lee, S., Yong, H.I., Choi, Y-S., Jung, S. 2020. Nitrite sources for cured meat products. *LWT- Food Science and Technology*, 129, 109583.

Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vuorela, H.J., Rauha, J-P., Pihlaja, K., Kujala, T.S., Heinonen, M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 3954-3962.

Kanner, J., Harel, S., Shagalovich, J., Berman, S. 1984. Antioxidative effect of nitrite in cured meat products: nitric oxide-iron complexes of low molecular weight. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 32(3), 512-515.

Karakaya, M., Bayrak, E., Ulusoy, K. 2011. Use of natural antioxidants in meat and meat products. *Journal of Food Science and Engineering*, 1(1), 1-10.

- Kavalcová, P., Bystrická, J., Tomáš, J., Karovičová, J., Kovarović, J., Lenková, M. 2015. The content of total polyphenols and antioxidant activity in red beetroot. *Potravinárstvo, Scientific Journal for Food Industry*, 9(1), 77-83.
- Kaynakçı, E., Kılıç, B. 2009. Et ürünlerinde yeni eğilimler: Daha sağlıklı ürün geliştirme çalışmaları. *Akademik Gıda* 7(6), 52-59.
- Khare, C. P. 2008. *Indian medicinal plants*: London: Springer Science Pub.
- Kim, J. S., Lee, Y. S. 2009. Antioxidant activity of maillard reaction products derived from aqueous glucose/glycine, diglycine, and triglycine model systems as a function. *Food Chemistry*, 116, 227–232.
- Kim, T.K., Kim, Y.B., Jeon, K.H., Park, J.D., Sung, J.M., Choi, H.W., Hwang, K.E., Choi, Y.S. 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.
- Kim, T. K., Hwang, K. E., Song, D. H., Ham, Y. K., Kim, Y. B., Paik, H. D., Choi, Y.S. 2019a. Effects of natural nitrite source from Swiss chard on quality characteristics of cured pork loin. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(12), 1933–1941.
- Kim, T. K., Hwang, K. E., Lee, M. A., Paik, H. D., Kim, Y. B., Choi, Y. S. 2019b. Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids. *Meat Science*, 152, 141–145.
- King, A. M., Glass, K. A., Milkowski, A. L., Sindelar, J. J. 2015. Comparison of the effect of curing ingredients derived from purified and natural sources on inhibition of *Clostridium perfringens* outgrowth during cooling of deli-style Turkey breast. *Journal of Food Protection*, 78(8), 1527–1535.
- Kooti, W., Daraei, N. 2017. A Review of the Antioxidant Activity of Celery (*Apium graveolens* L). *Journal of Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 22(4), 1029-1034.
- 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.
- Lee, C. H., Reed, J. D., Richards, M. P. 2006. Ability of various polyphenolic classes from cranberry to inhibit lipid oxidation in mechanically separated turkey and cooked ground pork. *Journal of Muscle Foods*, 17(3), 248-266.
- Lorenzo, J.M., González-Rodríguez, R.M., Sánchez, M., Amado, I.R. and Franco, D. 2013. Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical,

- microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo”. *Food Research International*, 54(1), 611-620.
- Loypimai, P., Moongngarm, A., Naksawat, S. 2017. Application of natural colorant from black rice bran for fermented Thai pork sausage–Sai Krok Isan. *International Food Research Journal*, 24(4), 1529-1537.
- Lucke, F.K. 1998. Fermented sausages. *The Microbiology of Fermented Foods*, 14 (2), 441-483. Boston
- Magrinyà, N., Bou, R., Tres, A., Rius, N., Codony, R. ve Guardiola F. 2009. Effect of tocopherol extract, *Staphylococcus carnosus* culture, and celery concentrate addition on quality parameters of organic and conventional dry-cured sausages. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57 (19), 8963-8972.
- Malekian, F., Khachaturyan, M., Gebrelul, S., Henson, J. F. 2014. Composition and fatty acid profile of goat meat sausages with added rice bran. *International Journal of Food Science*, doi.org/10.1155/2014/686298.
- Martin, D., Salas-Perez, L., Villalva, M., Vazquez, L., Garcia-Risco, M.R., Jaime, L., Reglero, G. 2017. Effect of alkylglycerol-rich oil and rosemary extract on oxidative stability and antioxidant properties of a cooked meat product. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(7), 1600412.
- McClure, B. N., Sebranek, J. G., Kim, Y. H., Sullivan, G. A. 2011. The effects of lactate on nitrosylmyoglobin formation from nitrite and metmyoglobin in a cured meat system. *Food Chemistry*, 129(3), 1072–1079.
- Mirmiran P., Houshialsadat Z., Gaeini Z., Bahadoran Z., Azizi F. 2020. Functional properties of beetroot (*Beta vulgaris*) in management of cardio-metabolic diseases. *Nutrition and Metabolism*, 17, 1–15.
- Møller, J. K., Skibsted, L. H. 2002. Nitric oxide and myoglobins. *Chemical Reviews*, 102(4), 1167–1178.
- Montealegre, R. R., Peces, R. R., Vozmediano, J. C., Gascueña, J. M., Romero, E. G. 2006. Phenolic compounds in skins and seeds of ten grape *Vitis vinifera* varieties grown in a warm climate. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 687-693.
- Montel, M.C. 1999. Fermented Meat Products. *Academic Press Encyclopedia of Food Microbiology*, 1-10, San Diego.
- Murkovic, M., Steinberger, D., Pfannhauser, W. 1998. Antioxidant spices reduce the formation of heterocyclic amines in fried meat. *European Food Research and Technology*, 207(6), 477-480.

- Naik, G., Priyadarsini, K., Satav, J., Banavalikar, M., Sohoni, D., Biyani, M., Mohan, H. 2003. Comparative antioxidant activity of individual herbal components used in Ayurvedic medicine. *Journal of Phytochemistry*, 63, 97-104.
- Nassu, R.T., Gonçalves, L.A.G., da Silva, M.A.A.P., Beserra, F.J. 2003. Oxidative stability of fermented goat meat sausage with different levels of natural antioxidant. *Meat Science*, 63(1), 43-49.
- Niehius, W. G., Samuelson, B. 1968. Formation of malondialdehyde from phospholipid arachidonate during microsomal lipid peroxidation. *European Journal of Biochemistry*, 6, 126–130.
- O’Grady, M. N., Maher, M., Troy, D. J., Moloney, A. P., Kerry, J. P. 2006. An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. *Meat Science*, 73(1), 132-143.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., Lacroix, M. 2006. Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. *Meat Science*, 73(2), 236-244.
- Ozaki, M.M., Munekata, P.E.S., Jacinto-Valderrama, R.A., Efraim, P., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., Pollonio, M.A.R. 2021. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. *Meat Science*, 171, 108275 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108275>.
- Ozgur, M., Ozcan, T., Akpınar-Bayizit, A., Yılmaz-Ersan, L. 2011. Functional compounds and antioxidant properties of dried green and red pepper. *African Journal of Agricultural Research*, 6(25), 5638-5644.
- Özdestan, Ö., Üren, A. 2010. Gıdalarda Nitrat ve Nitrit. *Akademik Gıda Dergisi*, 8(6), 35-43.
- 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.
- Palamutoğlu, R., Sarıçoban, C. 2012. Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kürleme maddeleri. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3), 46-58.
- Park, W.Y., Kim, Y.J. 2009. Effect of garlic and onion juice addition on the lipid oxidation, total plate counts and residual nitrite contents of emulsified sausage during cold storage. *Korean Journal for Food Science of animal resources* 29(5), 612-618.
- Parthasarathy, D.K., Bryan, N.S. 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. *Meat Science*, 92(3), 274-279.

- Patras, A., Brunton, N. P., Tiwari, B., Butler, F. 2011. Stability and degradation kinetics of bioactive compounds and colour in strawberry jam during storage. *Food and Bioprocess Technology*, 4, 1245-1252.
- Pegg, R. B., Shahidi, F. 2000. Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives. Trumbull, CT: Food and Nutrition Press. Inc.
- Pennisi, L., Verrocchi, E., Paludi, D., Vargara, A. 2020. Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage. *Italian Journal of Food Safety*, 9(8422), 132-136.
- 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.
- Pexara, E.S., Metaxopoulos, J., Drosinos, E.H. 2002. Evaluation of shelf life of cured, cooked, sliced turkey fillets and cooked pork sausages-“piroski”- stored under vacuum and modified atmospheres at 4°C and 10°C. *Meat Science*, 62, 33-43.
- Pires, M.A., Munekata, P.E., Villanueva, N.D., Tonin, F.G., Baldin, J.C., Rocha, Y.J., Carvalho, L.T., Rodrigues, I., Trindade, M.A. 2017. The antioxidant capacity of rosemary and green tea extracts to replace the carcinogenic antioxidant (BHA) in chicken burgers. *Journal of Food Quality*, Article ID 2409527.
- Poudel, P. R., Tamura, H., Kataoka, I., Mochioka, R. 2008. Phenolic compounds and antioxidant activities of skins and seeds of five wild grapes and two hybrids native to Japan. *Journal of Food Composition and Analysis*, 21, 622-625.
- Qiu, X., Wu, V.C.H. 2007. Evaluation of *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* Typhimurium and *Staphylococcus aureus* in ground beef with cranberry concentrate by thin agar layer method. *Journal of Rapid Methods and Automation in Microbiology*, 15(3), 282-294.
- Qwele, K., Hugo, A., Oyedemi, S. O., Moyo, B., Masika, P. J., Muchenje, V. 2013. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93(3), 455-462.
- Račkauskienė, I., Pukalskas, A., Venskutonis, P. R., Fiore, A., Troise, A. D., Fogliano, V. 2015. Effects of beetroot (*Beta vulgaris*) preparations on the Maillard reaction products in milk and meat-protein model systems. *Food Research International*, 70, 31–39.
- Ranasinghe, R., Marapana, R. 2018. Nitrate and nitrite content of vegetables: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7, 322–328.
- Rao, A.V., Rao, L.G. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacology Research*, 55, 207-216.

- Redfield, A.L. 2014. Effects of conventional and alternative curing methods on processed turkey quality traits. MS. Thesis, The Graduate College at the University of Nebraska, 107 pages, A.B.D.
- Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L., Zhang, L. 2003. Flavonoids: Promising Anticancer Agents. *Medicinal Research Reviews*, 23(4), 519-53.
- Rezaei, M., Fani, A., Moini, A.L., Mirzajani, P., Malekirad, A.A., Rafiei, M. 2014. Determining nitrate and nitrite content in beverages, fruits, vegetables, and stews marketed in Arak. *Iran Hindawi Publ. Corp. Int. Sch. Res. Not.*, 1–5.
- Riazi, F., Zeynali, F., Hoseini, E., Behmadi, H., Savadkoohi, S. 2016. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems. *Meat Science*, 121, 350–358.
- Ribas-Agustí, A., Gratacós-Cubarsí, M., Sárraga, C., Guàrdia, M.D., García-Regueiro, J.A., Castellari, M. 2014. Stability of phenolic compounds in dry fermented sausages added with cocoa and grape seed extracts. *LWT - Food Science and Technology*, 57, 329-336.
- 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.
- Roberts, J.L., Moreaua, R. 2016. Functional properties of spinach (*Spinacia oleracea* L.) phytochemicals and bioactives. *Food and Function*, 7, 3337–3353.
- Robinson, A., Gibson, A. M., Roberts, T. A. 1982. Factors controlling the growth of *Clostridium botulinum* types A and B in pasteurized, cured meats. V. Prediction of toxin production. *Journal of Food Technology*, 17, 727–744.
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- Santarelli, R.L., Pierre, F., Corpet, D.E. 2008. Processed meat and colorectal cancer: a review of epidemiologic and experimental evidence. *Nutrition and Cancer*, 60(2), 131-144.
- Sasse, A., Colindres, P., Brewer, M. 2009. Effect of natural and synthetic antioxidants on the oxidative stability of cooked, frozen pork patties. *Journal of Food Science*, 74(1), 30-35.
- Schrader, K.D. 2010. Investigating the control of *Listeria monocytogenes* on uncured, no-nitrate-or-nitrite-added meat products. Ph.D. Dissertation, Graduate Thesis and Dissertations, Iowa State University, Paper 11551.

- Sebranek, J. G., Bacus, J. N. 2007. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat Science*, 77, 136-147.
- Sebranek, J. G. 2009. Basic curing ingredients. *Ingredients in meat products*, 1–23. New York, Springer.
- 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.
- Shah, M.A., Bosco, S.J.D., Mir, S.A. 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat Science*, 98(1), 21-33.
- Shin, D. M., Hwang, K. E., Lee, C. W., Kim, T. K., Park, Y. S., Han, S. G. 2017. Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 418-428.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A., Ahn, D. U. 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.
- 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., Houser, T.A. 2009. Alternative curing systems. In: *Ingredients in meat products: properties, functionality and applications*, edited by R. Tarte, Springer Science Business Media, LLC, New York, USA.
- Sindelar, J.J., Terns, J.M., Meyn, E., Boles, A.J. 2010. Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky. *Meat Science*, 86, 298-303.
- Sing, P.K., Rao, K.M. 2012. Phytochemicals in vegetables and health protective effects. *Asian Economic and Social Society*, 2(2), 177-183.
- Singleton, V.L., Rossi, J.A. Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144-158.
- Skibsted, L.H. 2011. Nitric oxide and quality and safety of muscle based foods. *Nitric Oxide* 24(4), 176-183.

- Soyer, A., Ertas, A. H., Uzumcuoglu, U. 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Science*, 69(1), 135–141.
- Sreelatha, S., Padma, P. R. 2009. Antioxidant activity and total phenolic content of *Moringa oleifera* leaves in two stages of maturity. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 303–311.
- Stojanović-Radić, Z., Pejčić, M., Joković, N., Jakanović, M., Ivić, M., Šojić, B., Škaljac, S., Stojanović, P., Mihajilov-Krstev, T. 2018. Inhibition of *Salmonella* Enteritidis growth and storage stability in chicken meat treated with basil and rosemary essential oils alone or in combination. *Food Control*, 90, 332-343.
- Sucu, C., Yıldız Turp, G. Y. 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat science*, 140, 158-166.
- Thakur, A., Sharma, R. 2018. Health promoting phytochemicals in vegetables: A Mini Review. *International Journal of Food Fermentation Technology*, 8(2), 107-117.
- Toldrá, F., Reig, M. 2011. Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science and Technology*, 22, 517-522.
- Toldrá, F., Sanz, Y., Flores, M. 2001. Meat Fermentation Technology. In: Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R.W., Young, O.A. editors. *Meat Science and Applications*. Marcel Dekker Inc. 537-561. New York.
- Tsoukalas, D.S., Katsanidis, E., Marantidou, S., Bloukas, J.G. 2011. Effect of freeze-dried leek powder (FDLP) and nitrite level on processing and quality characteristics of fermented sausages. *Meat Science*, 87, 140-145.
- Ueda, S., Yamashita, H., Kuwabara, Y. 1982. Inhibition of *Clostridium botulinum* and *Bacillus* sp. by spices and flavoring compounds. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 29, 389-392.
- Vasconcellos, J., Conte-Junior, C., Silva, D., Pierucci, A.P., Paschoalin, V., Alvares, T.S. 2016. Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 79-84.
- Verma, A. R., Vijayakumar, M., Mathela, C. S., Rao, C. V. 2009. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves. *Food and Chemical Toxicology*, 47, 2196–2201.
- von Gadow, A., Joubert, E., Hansamann, C.F. 1997. Comparison of antioxidant activity of aspalathin with that of other plant phenols of Rooibose tea (*Aspalathus linearis*), α -tocopherol, BHT and BHA. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 632–648.

- Vossen, E., Utrera, M., De Smet, S., Morcuende, D., Estévez, M. 2012. Dog rose (*Rosa canina* L.) as a functional ingredient in porcine frankfurters without added sodium ascorbate and sodium nitrite. *Meat science*, 92(4), 451–457.
- Wijernewardana, N., Navarathne, S., Wickramasinghe, I. 2015. Comparison of antioxidant properties of dehydrated fruits and vegetables with different drying techniques. *International Journal of Research in Biological Sciences*, 5(4), 40-44.
- 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.
- Yao, Y., Sang, W., Zhou, M., Ren, G. 2010. Phenolic composition and antioxidant activities of 11 celery cultivars. *Journal of Food Science*, 75(1), C9-C13.
- Yosefi, Z., Tabaraki, R., Asadi-Gharneh, H.A., Mehrabi, A. 2010. Variation in antioxidant activity, total phenolics, and nitrate in spinach. *International Journal of Vegetable Science* 16(3),233-242.
- Yu, J., Ahmedna, M. 2013. Functional components of grape pomace: their composition, biological properties and potential applications. *International Journal of Food Science and Technology*, 48, 221-237.
- Yun, J., Shahidi, F., Rubin, L.J., Diosady, L.L. 1987. Oxidative Stability and Flavour acceptability of nitrite-free meat-curing systems. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal*, 20(4), 246-251.
- Zanardi, E., Dorigoni, V., Badiani, A., Chizzolini, R. 2002. Lipid and colour stability of Milano-type sausages: effect of packing conditions. *Meat Science*, 61, 7–14.
- Zeng, X., Bai, W., Lu, C., Dong, H. 2017. Effects of composite natural antioxidants on the fat oxidation, textural and sensory properties of cantonese sausages during storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(2), e13010.
- Zhao, Y.S., Eweys, A.S., Zhang, J.Y., Zhu, Y., Bai, J., Darwesh, O.M., Zhang, H.B., Xiao, X. 2021. Fermentation affects the antioxidant activity of plant-based food material through the release and production of bioactive Components. *Antioxidants*,10, 2004. <https://doi.org/10.3390/antiox10122004>.
- Zhou, Z.Y., Wang, M.J. Wang, J.S. 2000. Nitrate and nitrite contamination in vegetables in China. *Food Review and International*, 16, 61–76.

EKLER

EK 1 Sucuk Duyusal Değerlendirme Formu

EK 2 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi Sonuçlarına İlişkin p Değerleri

2) Renk

Açıklama: Örneklerin kesit yüzey renklerini bir arada değerlendiriniz. Tipik doğal fermente sucuk rengini dikkate alarak, hedonik ölçek üzerinde işaretleyiniz (X).

1: Çok kötü , 2: bayağı kötü, 3: kötü, 4: biraz kötü, 5: nötr, 6: biraz iyi, 7: orta iyi, 8: iyi, 9: oldukça iyi, 10:çok iyi

Örnek no

	Çok kötü	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Çok iyi
125												
141												
135												
123												
175												
161												

3) Tat/lezzet

Açıklama: Sucuk dilimini yeterli düzeyde ısırarak, arka dişlerle iyice çiğneyiniz. Yuttuktan (veya yutmadan ağızdan çıkarttıktan) sonra algılanan tipik sucuk tadını (asidik ve baharatsız tat) hedonik ölçek üzerinde işaretleyiniz (X).

****Örnekler arasında, ağızınızdaki bir önceki tadın etkisini gidermek için bir parça grissini ve sudan yararlanınız.**

1: Çok kötü , 2: bayağı kötü, 3: kötü, 4: biraz kötü, 5: nötr, 6: biraz iyi, 7: orta iyi, 8: iyi, 9: oldukça iyi, 10:çok iyi

Örnek no

	Çok kötü										Çok iyi
125	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
141	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
135	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
123	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
175	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
161	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

4) Tekstür

Açıklama: Size verilen ürünlerin dokusu hakkındaki hissinizi en iyi tanımlayan hedonik ölçek üzerinde işaretleyiniz (X). Arka dişlerle iyice çiğnenen küçük bir parça sucuk diliminin dişlere gösterdiği direnç tekstür olarak değerlendirilecektir. Örnekler arasında, ağızınızdaki bir önceki tadın etkisini gidermek için bir parça galeta ve sudan yararlanınız.

1: Çok kötü , 2: bayağı kötü, 3: kötü, 4: biraz kötü, 5: nötür, 6: biraz iyi, 7: orta iyi, 8: iyi, 9: oldukça iyi, 10:çok iyi

Örnek no

Çok kötü

Çok iyi

125

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

141

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

135

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

123

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

175

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

161

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5) Genel beğeni

Açıklama: Ürünleri kendi aralarında beğeni durumunuza göre hedonik ölçek üzerinde işaretleyiniz (X).

1: Çok kötü , 2: bayağı kötü, 3: kötü, 4: biraz kötü, 5: nötür, 6: biraz iyi, 7: orta iyi, 8: iyi, 9: oldukça iyi, 10:çok iyi

Örnek no

Çok kötü

Çok iyi

125

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

141

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

135

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

123

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

175

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

161

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Not: Belirtmek istediğiniz bir şey varsa buraya yazabilirsiniz.

EK 2 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi Sonuçlarına İlişkin p Değerleri

Bitkisel nitrit kaynakları kullanılan sucukların fizikokimyasal ve antioksidatif özelliklerinde meydana gelen değişimlere uygulamanın ve sürenin etkisini gösteren varyans analizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Fizikokimyasal ve antioksidatif özellikler	Üretim			Depolama		
	Grup x gün interaksyonu	Grup	Gün	Grup x gün interaksyonu	Grup	Gün
pH	0,000	0,010	0,000	0,024	0,006	0,000
a _w	0,979	0,548	0,000	0,685	0,130	0,000
L*	0,443	0,923	0,000	0,006	0,400	0,000
a*	0,002	0,016	0,000	0,015	0,007	0,000
b*	0,040	0,186	0,010	0,245	0,027	0,436
Nitrit	0,000	0,000	0,000	0,607	0,000	0,280
Toplam fenolik	0,165	0,000	0,191	0,141	0,000	0,979
ABTS	0,976	0,011	0,000	0,646	0,001	0,141
DPPH	0,003	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000
Lipit oksidasyonu % inhibisyon	0,014	0,005	0,000	0,057	0,033	0,000

Bitkisel nitrit kaynakları kullanılan sucukların fizikokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimlere uygulamanın ve sürenin etkisini gösteren varyans analizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Özellikler	Başlangıç, üretim sonu, depolama sonu		
	Grup x süre interaksiyonu	Grup	Süre
Nem	0,004	0,000	0,000
Yağ	0,004	0,000	0,000
Protein	0,473	0,084	0,000
Kül	0,333	0,092	0,000

Bitkisel nitrit kaynakları kullanılan sucukların duyu özelliklerinde meydana gelen değişimlere uygulamanın ve sürenin etkisini gösteren varyans analizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Duyusal özellikler	Üretim sonu, depolama sonu		
	Grup x süre interaksiyonu	Grup	Süre
Koku (çiğ)	0,008	0,013	0,000
Renk (çiğ)	0,500	0,006	0,029
Tat (çiğ)	0,977	0,014	0,012
Tekstür (çiğ)	0,337	0,004	0,264
Genel beğeni (çiğ)	0,637	0,018	0,002
Koku (pişmiş)	0,517	0,201	0,000
Renk (pişmiş)	0,865	0,002	0,067
Tat (pişmiş)	0,554	0,217	0,015
Tekstür (pişmiş)	0,124	0,014	0,000
Genel beğeni (pişmiş)	0,726	0,011	0,002