

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

BİTKİSEL NİTRAT KAYNAKLARINDAN ÖN DÖNÜŞTÜRME İLE ELDE
EDİLEN NİTRİTİN FERMENTE SUCUKTA KİMYASAL NİTRİT YERİNE
KULLANIMI

Süeda ÖZTÜRK

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2023

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

BİTKİSEL NİTRAT KAYNAKLARINDAN ÖN DÖNÜŞTÜRME İLE ELDE EDİLEN NİTRİTİN FERMENTE SUCUKTA KİMYASAL NİTRİT YERİNE KULLANIMI

Süeda ÖZTÜRK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ayla SOYER

Bu çalışmada, kimyasal nitrite alternatif olarak kereviz, kırmızı pancar ve ıspanaktan ön dönüştürme ile elde edilen doğal nitrit kaynaklarının sucuğun bazı fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkileri üretim ve 3 ay depolama sırasında belirlenmiştir. Bu amaçla nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol (K), kimyasal nitrit içeren (150 mg/kg) pozitif kontrol (M1), %0,4 ön dönüştürülmüş kereviz tozu (M2), %1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak tozu (M3), %3 ön dönüştürülmüş pancar tozu (M4) içeren 5 farklı sucuk grubu oluşturulmuştur.

Üretim süresince sucuklarda kurumaya bağlı olarak nem miktarında azalma, protein, yağ ve kül miktarlarında artma görülmüştür. Üretim sırasında, nitrit kaynağı içeren sucuklarda benzer ve K sucuklarından daha düşük pH, daha yüksek a_w değerleri belirlenmiştir. Üretim ve depolama sonunda en düşük kalıntı nitrit K sucuklarda (sırasıyla 2,89 ve 2,63 mg/kg) belirlenmiştir. Nitrit kaynağı içeren sucukların kalıntı nitrit miktarları üretim sonunda 12,79-17,06 mg/kg, depolama sonunda 12,77-17,73 mg/kg arasında değişmiştir. Üretim sonunda 1,75-1,81 mg MDA/kg TBARM değerine sahip olan nitrit kaynağı içeren sucuklar TBARM oluşumunu önemli düzeyde azaltmıştır. Bitkisel nitrit kaynağı içeren sucuklarda K sucuklarından yüksek, kimyasal nitrit içeren sucuklar ile benzer düzeyde kür pigmenti ve toplam pigment miktarı belirlenmiştir. Bitkisel nitrit kaynağı içeren sucukların L^* değerleri üretim sırasında kimyasal nitrit içeren sucuklar ile benzer iken a^* değerleri en yüksek üretim süresince kimyasal nitrit içeren sucuklarda, depolama süresince ön dönüştürülmüş kereviz tozu içeren sucuklarda bulunmuştur. Toplam mezofil aerob bakteri, laktik asit bakteri ve koagülaz negatif kok bakteri sayıları tüm gruplarda benzer bir eğilim göstermiştir. Laktik asit bakteri sayısı, ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynağı ilaveli sucuklarda, K ve kimyasal nitrit içeren sucuklardan daha yüksek olmuştur. Kimyasal nitrit ve ön dönüştürülmüş nitrit kaynağı içeren sucuklarda patojen mikroorganizma belirlenmemiştir. Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar tozu içeren sucukların duyusal değerlendirme puanları kimyasal nitrit içeren sucukların puanlarına benzer olmuştur. Bu sonuçlar, nitrit kaynağı olarak ön dönüştürülmüş sebze tozlarının kullanımı, üretim ve depolama sırasında sucukların mikrobiyal güvenliğini, renk stabilitesini korumada ve oksidatif değişimleri geciktirmede iyi bir alternatif olabileceğini göstermiştir.

Şubat 2023, 152 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kereviz, kırmızı pancar, ıspanak, ön-indirgeme, nitrit, sucuk, renk, mikrobiyal kalite

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE USE OF PRE-CONVERTED NITRITE FROM VEGETABLE NITRATE SOURCES AS NITRITE SUBSTITUTE IN FERMENTED SUCUK

Süeda ÖZTÜRK

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

Supervisor: Prof. Dr Ayla SOYER

In this study, the effects of pre-converted celery, red beet and spinach powders on some physicochemical, chemical and microbiological properties of sucuk were determined as an alternative to chemical nitrite during production and 3 months of storage. For this purpose, 5 different sucuk groups were formed: negative control (K) without nitrite source, positive control (M1) containing chemical nitrite (150 mg/kg), 0,4% pre-converted celery powder (M2), 1,2% pre-converted spinach powder (M3), 3% pre-converted red beet powder (M4).

During the production, a decrease in moisture content and an increase in protein, fat and ash contents were observed in the sucuk samples due to drying. During production, similar and lower pH and higher a_w values were determined in the groups containing a nitrite source than those of K. At the end of production and storage, the lowest residual nitrite was determined in the samples of negative control (2,89 and 2,61 mg/kg, respectively). The residual nitrite amount of sucuk samples containing a nitrite source varied between 12,78-17,06 mg/kg at the end of production and 12,77-17,73 mg/kg at the end of storage. At the end of production, the sucuk samples containing nitrite source had significantly lower TBARS values with 1,75-1,81 mg MDA/kg. During production and storage, cure and total pigment amounts in the samples containing pre-converted nitrite were higher than those of K, and similar to the sucuk samples containing chemical nitrite. While L^* values of the samples containing pre-converted nitrite source were similar to sucuk samples containing chemical nitrite during production, a^* values were found the highest in the samples containing chemical nitrite during production and the samples containing pre-converted celery powder during storage period. Total mesophilic aerobic bacteria, lactic acid bacteria and coagulase negative cocci bacteria numbers showed a similar trend in all groups. The number of lactic acid bacteria was higher in M2, M3, and M4 than in K and M1. No pathogenic microorganisms were detected in the samples containing chemical nitrite and pre-converted nitrite sources. The sensory evaluation scores of the samples containing pre-converted celery, spinach, and beetroot powder were comparable to the samples containing chemical nitrite. These results showed that the use of pre-converted vegetable powders as a natural nitrite source can be a good alternative in providing the microbial safety, color stability and delaying oxidative changes of sucuk samples during production and storage.

February 2023, 152 pages

Key Words: Celery, redbeet, spinach, pre-conversion, nitrite, fermented sausage, color, microbial quality

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında bilgi ve tecrübesiyle yanımda olan, desteğini esirgmeden yol gösteren, çok değerli danışmanım Sayın Prof. Dr. Ayla SOYER’e, (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), tez çalışmam süresince bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren Tez İzleme Komitesi üyeleri değerli hocalarım Prof. Dr. Kezban CANDOĞAN (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Prof. Dr. Halil VURAL’a (Hacettepe Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), laboratuvar imkanlarından faydalandığım Prof. Dr. Mehmet ÖZKAN’a (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı) ve Arş. Gör. Dr. Simel BAĞDER ELMACI’ya (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), her konuda yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Fatmagül HAMZAOĞLU’na (Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı), laboratuvarda birlikte çalıştığım Ferdi ÇAĞLAR’a, her zaman yanımda olan ve bu süreçte desteklerini esirgemeyen değerli aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 20L0443001 no. ile “Doktora Tezi Araştırma Projesi” olarak desteklenmiştir. Bu destek için Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’ne teşekkür ederim.

Süeda ÖZTÜRK
Ankara, Şubat 2023

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1 Sucuk	5
2.2 Et Ürünlerinde Kürleme	7
2.3 Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit	8
2.4 Nitrat ve Nitritin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri	15
2.5 Nitrat ve Nitrit ile İlgili Yasal Düzenlemeler	18
2.6 Nitrit Kaynakları.....	19
2.6.1 Sentetik nitrit.....	19
2.6.2 Bitkisel nitrat kaynakları	20
2.7 Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit Kullanımına Alternatif Çalışmalar	25
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	33
3.1 Materyal	33
3.2 Yöntem	33
3.2.1 Ön dönüştürme ile bitkisel nitrit kaynağı eldesi	33
3.2.2 Bitkisel nitrit kaynaklarında yapılan analizler	34
3.2.2.1 pH analizi	34
3.2.2.2 Renk analizi	34
3.2.2.3 Nitrat analizi	35
3.2.2.4 Nitrit analizi	35
3.2.2.5 Toplam canlı hücre ve stafilocok sayısı analizi	36
3.2.3 Sucuk üretimi	36
3.2.4 Sucukta yapılan analizler	38
3.2.4.1 Nem, protein, yağ ve kül analizleri	38
3.2.4.2 pH tayini.....	39
3.2.4.3 Su aktivitesi (a _w) tayini	39
3.2.4.4 Renk analizi	40
3.2.4.5 Kalıntı Nitrit analizi	40
3.2.4.6 Kür ve toplam pigment miktarı	41
3.2.4.7 Tiyoarbitürik asit reaktif maddesi (TBARM) değeri	41
3.2.4.8 Mikrobiyolojik analizler	42
3.2.4.9 Duyusal analiz	44
3.2.4.10 İstatistik analiz	44
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	46
4.1 Ön Dönüştürülmüş Bitkisel Nitrit Kaynaklarında Fizikokimyasal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	46
4.2 Bitkisel Nitrit Kaynağı İlave Edilen Sucukların Özellikleri	49

4.2.1 Sucuk bileşimi.....	49
4.2.2 pH değeri.....	52
4.2.3 Su aktivitesi (a_w) değeri	57
4.2.4 CIE L^* , a^* ve b^* renk değerleri	61
4.2.5 Kür pigmenti ve toplam pigment miktarı.....	72
4.2.6 Kalıntı nitrit miktarı	82
4.2.7 Tiyobarbitürik asit reaktif maddesi (TBARM) değeri	88
4.2.8 Mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	93
4.2.8.1 Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı.....	93
4.2.8.2 Laktik asit bakteri (LAB) sayısı	97
4.2.8.3 Koagülaz negatif kok (KNK) sayısı	101
4.2.8.4 Maya-küf sayısı	104
4.2.8.5 <i>Enterobacteriaceae</i> sayısı	108
4.2.8.6 Patojen mikroorganizma sayısı.....	112
4.2.9 Duyusal değerlendirme.....	114
5. SONUÇ.....	125
KAYNAKLAR	128
EKLER.....	142
EK 1 Nitrat ve Nitrit Standart Eğrileri.....	143
EK 2 TBARM Standart Eğrisi.....	144
EK 3 Sucuk Duyusal Değerlendirme Formu	145
EK 4 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi sonuçlarına İlişkin p Değerleri.....	148
EK 5 Ön Dönüştürme Öncesi ve Sonrası Bitkisel Kaynaklar ve Sucuk Görseller	150
ÖZGEÇMİŞ.....	152

SİMGELER DİZİNİ

a_w	Su aktivitesi
a^*	Kırmızılık değeri
b^*	Sarılık değeri
$^{\circ}\text{C}$	Derece Santigrat
HNO_2	Nitröz asit
HNO_3	Nitrik asit
L^*	Aydınlık değeri
NaCl	Sodyum klorür
NaOH	Sodyum hidroksit
NaNO_2	Sodyum nitrit
N_2O_3	Diazot trioksit
NO	Nitrik oksit
NO_2^-	Nitrit
NO_3^-	Nitrat
ONOO^-	Peroksinitrit

Kısaltmalar

ADI	Günlük kabul edilebilir alım düzeyi
BN	Bağıl nem
BPA	Baird Parker Agar
C.	<i>Clostridium</i>
cm^3	Santimetreküp
E.	<i>Escherichia</i>
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	Gram
JECFA	Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi
K	Nitrit ilavesiz negatif kontrol grubu
K.	<i>Kitaibelia</i>
K.	<i>Kocuria</i>
Kg	Kilogram
KNK	Koagülaz negatif bakteri
L.	<i>Lactobacillus</i>
LAB	Laktik asit bakteri
Log	Logaritma
M1	150 mg/kg nitrit ilaveli pozitif kontrol grubu
M2	Ön dönüştürülmüş kereviz tozu ilaveli grup
M3	Ön dönüştürülmüş ıspanak tozu ilaveli grup
M4	Ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli grup
Mbar	Milibar
Mg	Miligram

ml	Mililitre
MRS	De Man, Rogosa and Sharpe
NED	N-1-naftiletilendiamin dihidroklorür
<i>P.</i>	<i>Pediococcus</i>
PCA	Plate Count Agar
RBC	Rose Bengal Chloramphenicol
<i>S.</i>	<i>Staphylococcus</i>
TBARM	Tiyobarbitürük asit reaktif maddesi
TMAB	Toplam mezofil aerob bakteri
TSC	Tryptose Sulfite Cycloserine
VRBDA	Violet Red Bile Dextrose Agar
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
XLD	Xylose Lysine Deoxycholate



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Et ürünlerinde nitrat/nitrit mekanizması	10
Şekil 2.2 Nitrozamin oluşumundaki kimyasal reaksiyonlar	17
Şekil 4.1 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında pH değerlerindeki değişim	54
Şekil 4.2 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında pH değerlerindeki değişim	56
Şekil 4.3 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretim aşamasında a_w değerlerindeki değişim	58
Şekil 4.4 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda depolama aşamasında a_w değerlerindeki değişim	61
Şekil 4.5 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim	63
Şekil 4.6 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim	71
Şekil 4.7 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında nitrozopigment dönüşüm oranlarındaki (%) değişim	76
Şekil 4.8 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında nitrozopigment dönüşüm oranlarındaki (%) değişim.....	81
Şekil 4.9 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit (mg/kg) miktarlarındaki değişim.....	83
Şekil 4.10 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında kalıntı nitrit (mg/kg) miktarlarındaki değişim	87
Şekil 4.11 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında TBARM (mg MDA/kg) değerindeki değişim.....	89
Şekil 4.12 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında TBARM (mg MDA/kg) değerindeki değişim.....	91
Şekil 4.13 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında TMAB sayısındaki değişim.....	94
Şekil 4.14 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında TMAB sayısındaki değişim.....	96
Şekil 4.15 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında LAB sayısındaki değişim.....	98
Şekil 4.16 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında LAB sayısındaki değişim.....	100
Şekil 4.17 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında KNK sayısındaki değişim.....	102
Şekil 4.18 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında KNK sayısındaki değişim.....	104
Şekil 4.19 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında maya-küf sayısındaki değişim.....	105
Şekil 4.20 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında maya-küf sayısındaki değişim.....	107
Şekil 4.21 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında <i>Enterobacteriaceae</i> sayısındaki değişim.....	109
Şekil 4.22 Farklı nitrit kaynağı içeren çiğ sucuklarda depolama sırasında duyuşal özelliklerdeki değişim.....	116
Şekil 4.23 Farklı nitrit kaynağı içeren pişmiş sucuklarda depolama sırasında duyuşal özelliklerdeki değişim.....	120

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Farklı nitrit kaynakları içeren sucuk formülasyonları (%).....	37
Çizelge 4.1 Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar tozlarının pH, nitrat, nitrit miktarları ile L^* , a^* ve b^* değerleri.....	46
Çizelge 4.2 Farklı nitrit kaynakları ilave edilen sucuklarda üretimin başında, son üründe ve depolama sonrasında belirlenen nem, protein, yağ ve kül miktarlarındaki değişim.....	50
Çizelge 4.3 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların pH değerine etkisi	53
Çizelge 4.4 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların pH değerine etkisi	56
Çizelge 4.5 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların a_w değerine etkisi	58
Çizelge 4.6 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların a_w değerine etkisi	60
Çizelge 4.7 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların L^* , a^* ve b^* değerlerine etkisi	62
Çizelge 4.8 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların L^* , a^* ve b^* değerlerine etkisi	68
Çizelge 4.9 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların kür pigmenti (mg/kg) miktarına etkisi.....	72
Çizelge 4.10 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların toplam pigment (mg/kg) miktarına etkisi	74
Çizelge 4.11 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların nitrozopigment dönüşüm oranına (%) etkisi.....	75
Çizelge 4.12 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların kür pigmenti (mg/kg) miktarına etkisi	78
Çizelge 4.13 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların toplam pigment (mg/kg) miktarına etkisi	79
Çizelge 4.14 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların nitrozopigment dönüşüm oranlarına (%) etkisi	80
Çizelge 4.15 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların kalıntı nitrit (mg/kg) miktarına etkisi.....	83
Çizelge 4.16 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların kalıntı nitrit (mg/kg) miktarına etkisi.....	86
Çizelge 4.17 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların TBARM (mg MDA/kg) değerine etkisi.....	89
Çizelge 4.18 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların TBARM (mg MDA/kg) değerine etkisi.....	90
Çizelge 4.19 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların TMAB (log kob/g) sayısına etkisi	94
Çizelge 4.20 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların TMAB (log kob/g) sayısına etkisi	96
Çizelge 4.21 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların LAB (log kob/g) sayısına etkisi	98
Çizelge 4.22 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların LAB (log kob/g) sayısına etkisi	99

Çizelge 4.23 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların KNK (log kob/g) sayısına etkisi	102
Çizelge 4.24 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama sucukların KNK (log kob/g) sayısına etkisi	103
Çizelge 4.25 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların maya-küf (log kob/g) sayısına etkisi.....	105
Çizelge 4.26 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların maya-küf (log kob/g) sayısına etkisi.....	107
Çizelge 4.27 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların <i>Enterobacteriaceae</i> (log kob/g) sayısına etkisi	109
Çizelge 4.28 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların <i>Enterobacteriaceae</i> (log kob/g) sayısına etkisi	111
Çizelge 4.29 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin çiğ sucukların duyusal özelliklerine etkisi	115
Çizelge 4.30 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin pişmiş sucukların duyusal özelliklerine etkisi.....	119

1. GİRİŞ

Et, hayvansal gıdalar arasında biyolojik değeri yüksek protein, vitamin, özellikle fosfor ve demir gibi bazı mineralleri içeren, iştah arttırıcı, lezzetli, doyurucu ve üretimi kolay bir gıda olarak tanımlanmaktadır (Anar 2015). Ayrıca iyi bir B vitamin kompleksi ve çinko kaynağı olarak bilinmektedir (Singh ve Sachan 2015). Bu özellikleri nedeniyle et ürünleri tüketici tercihinde ve gıda endüstrisinde oldukça önemli bir konuma sahiptir (Simitzis 2017). Ancak işlenmediği takdirde kolaylıkla bozulacağı için bazı koruyucu yöntemlerle stabilitesi birkaç gün, hafta veya ay boyunca uzatılabilmektedir (Kęska ve Stadnik 2017).

Et kürleme, etin raf ömrünü uzatmak amacıyla eski çağlardan beri bilinen ve kullanılan bir işlemdir (Honikel 2008). Kürleme, et ürününe tuz, nitrit, askorbat gibi indirgen madde ve çeşitli baharatın dahil edildiği bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem, tüketiciler tarafından iyi bilinen karakteristik pembe rengi, farklı tat ve dokuyu oluşturmada ve mikrobiyal koruyuculuğu sağlamaktadır (Cassens 1997). Günümüzde et kürleme maddeleri kendine özgü duyuşsal özelliklere sahip ürünler elde etmek ve tüketici taleplerini karşılamak üzere kullanılmaktadır (Sindelar vd. 2007a).

Nitrit, işlenmiş et ürünlerine başlıca kür rengi oluşumu, tipik kür lezzeti gelişimi, lipid oksidasyonunu geciktirme ve mikrobiyal güvenilirlik için katılmaktadır (Pegg ve Shahidi 2006). Nitrit, *Clostridium botulinum* başta olmak üzere anaerobik bakterileri güçlü bir şekilde inhibe eder ve *Listeria monocytogenes* gibi diğer mikroorganizmaların kontrolüne katkıda bulunur (Sebranek ve Bacus 2007a). Tuz içeriği, pH, ortamdaki nitrat ya da nitrit varlığı ve işleme tekniği gibi faktörlerle olan etkileşiminden dolayı nitritin etki mekanizması hala çok iyi anlaşılamamıştır (Adams ve Moss 2008), ancak bugüne kadar, nitrit içeren et ürünlerinin karakteristik kürlenmiş et aromasını ve lezzetini etkili bir şekilde karşılayan nitrit dışında herhangi bir ikame keşfedilmemiştir (Sindelar vd. 2007a).

Et ve et ürünleri tüketimi gelir düzeyindeki artışla birlikte küresel olarak artmıştır (Alahakoon vd. 2015). Buna paralel olarak, son yıllarda tüketicilerin doğal, organik,

koruyucu kullanılmadan üretilen, kürlenmemiş yani nitrat/nitrit ilave edilmemiş et ürünlerine talepleri artmıştır (Lorenzo vd. 2014, Bedale vd. 2016). Bu nedenle ya ilave edilen nitrit miktarının azaltılması ya da nitrite alternatif katkıların geliştirilmesi et üreticileri için en önemli amaçlardan biri haline gelmiştir (Kurcubić vd. 2014). Doğal yani kimyasal/sentetik katkı maddeleri içermeyen gıdaların tüketimine yönelik giderek artan tüketici talebi, araştırmaları da doğal katkı maddeleri kullanımı doğrultusunda yönlendirmektedir (Jeong 2016).

Tüketicilerin, kürleme sırasında ve sonrasında et ve et ürünlerinde oluşabilecek bazı zararlı ürünlere maruz kalmasına ilişkin büyük endişeler uzun yıllardır dile getirilmektedir (Alahakoon vd. 2015). Gıdadaki nitrat/nitrit ile ilgili en büyük endişe, nitritin insan vücudunda olduğu gibi gıda matriksinde de oluşabilen karsinojen N-nitrozo bileşikleri oluşturma potansiyeli ile ilgilidir (Hammes 2012). Nitrozaminler, nitrit ve sekonder aminlerin düşük pH ve yüksek sıcaklıkta reaksiyonu ile oluşmaktadır ve karsinojenik olduğu bilinmektedir (Cassens 1995, Honikel 2008). Nitrit ve nitratın potansiyel toksikolojik etkilerine yönelik endişe, yeni alternatifler bulmak için sürekli araştırma yapılmasına yol açmıştır (Tompkin 2005). Bu amaçla, ürünlerde kalıntı nitrit miktarının azaltılmasını sağlayan bazı doğal bileşenlerin, antioksidanların, renk maddelerinin ve mikroorganizmaların kullanımı ve üretim basamaklarının modifikasyonu gibi uygulamalardan faydalanılmaktadır (Öztürk vd. 2015). Sebzelerden elde edilen doğal kür kaynakları kullanılarak, kürlenmiş et kalitesi ve geleneksel olarak kürlenmiş et ürünlerinde bulunanlara benzer ve genellikle de eşit gıda güvenliği özelliklerine sahip ürünler elde edilebilmektedir. Bu ürünler yalnızca “doğal” ve “organik” etiketleme gereksinimlerini karşılamakla kalmayıp aynı zamanda tüketici odaklı temiz etiket alanında genişlemeye de izin vermektedir (Sindelar 2022). Nitekim Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA), geleneksel et ürünlerinin kimyasal nitrat ve nitrit ilave edilmeden üretilmesine izin vermektedir. Bu ürünlerin etiketlerinde “nitrat/nitrit eklenmemiştir” ya da “kürlenmemiştir” ibaresi yer almaktadır (Anonymous 2010a). Ülkemizde ise nitrat/nitrit ilave edilmeden et ürünleri üretilmesine henüz izin verilmemektedir.

“Doğal kürleme”, doğrudan ilave edilen sentetik nitritin özelliklerine benzer şekilde, doğal kaynaklardaki nitratin mikrobiyal olarak nitrite dönüşümü ile yapılmaktadır. Doğal yollarla kürlenmiş et ürünleri üretimi için, doğal nitrat kaynakları olarak deniz tuzları, yeşil yapraklı bitkiler ve sebzeler kullanılmaktadır. Kürlenmiş et ürünlerinde nitrat kaynağı olarak doğal kaynak kullanılacak ise, bunun nispeten yüksek nitrat içeren bir kaynak olması gereklidir (Sebranek ve Bacus 2007b). Bazı sebzeler, nitrit kaynağı olarak kullanılabilecek önemli miktarda nitrat içermektedir (Alahakoon vd. 2015). Kereviz, ıspanak, havuç, pancar, turp, marul ve kurutulmuş pazı yüksek nitrat içeriğine sahip başlıca sebzelerdir (Djeri ve Williams 2014, Yıldız Turp ve Sucu 2016). Ispanak, marul, roka, maydanoz, dereotu gibi yeşil yapraklı sebzelerin insan diyeti için önemli nitrat ve nitrit kaynakları olduğu bilinmektedir (Djeri ve Williams 2014). Benzer şekilde kırmızı pancar, yüksek nitrat içeriği ile et ürünlerine nitrit kaynağı olarak kullanılabilir (Sucu ve Yıldız Turp 2018). Sebze suları ve sebze tozları ticari olarak temin edilebilir ve doğal ve organik gıdalarda nitrit kaynağı olarak kullanılabilir (Sebranek ve Bacus 2007b).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda, nitrat kaynağının et ürününe doğrudan katılması durumunda, mutlaka nitrat indirgeyen bir kültür ilave edilmesi ve nitrite indirgenmesi için belirli bir inkübasyon süresinin gerektiği belirtilmiştir (Sebranek ve Bacus 2007b, Sindelar vd. 2007b). Diğer yandan, et karışımlarında nitrattan nitrite dönüşüm (indirgenme) yoluyla meydana gelen nitrit konsantrasyonunu belirlemek, nitrit molekülünün yüksek reaktivitesi, yani oluşan nitritin hemen reaksiyona girmesi nedeniyle zordur. Bu durum, nitritin oldukça etkili bir antimikrobiyal olması ve başlangıçtaki nitrit miktarının antimikrobiyal etkideki önemi göz önüne alındığında et ürünlerinin güvenilirliği konusunda kuşkuya neden olmaktadır (Tompkin 2005). Bu endişelerin giderilmesi amacıyla, doğal nitrat kaynaklarının ön fermentasyonla nitrite indirgenmesi sağlanarak, ürüne nitrit içeriği yüksek bir katkı ilavesinin sağlanması yönünde çalışmalar önem kazanmıştır (Krause vd. 2011, Djeri ve Williams 2014).

Ülkemizde sucuk üretiminde alternatif nitrit kaynağı olarak kara havuç (Ekici vd. 2015), kırmızı pancar (Sucu ve Yıldız Turp 2018), dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozu (Babaoğlu 2020), kara havuç ve kereviz suyu konsantresi (Işıksal 2021) kullanılan çalışmalar bulunmaktadır. Fakat bu çalışmaların çoğunda, bitkisel ürünler nitrat

kaynakları olarak kullanılmış ve üründe nitrit oluşumu için nitrat indirgeyen starter kültür kullanılmıştır.

Bu bitkisel kaynaklar yüksek nitrat içeriğine, ancak çok düşük nitrit içeriğine sahiptirler. Nitrat içeriği yüksek bitkisel kaynakların doğrudan (konsantre ya da toz olarak) sucuğa ilave edilmesi başlangıç üründe çok düşük kalıntı nitrite neden olmaktadır. Başlangıç üründe düşük kalıntı nitrit düzeyi, ürün güvenirliliği açısından risk oluşturmaktadır ve nitratın nitrite dönüşmesine kadar geçen sürede üründe patojen bakteri çoğalması söz konusu olabilir.

Bu çalışmada son zamanlarda artarak devam eden kimyasal nitrit yerine bitkisel kaynakların kullanımında, bitkisel kaynakların doğrudan ilavesi yerine önceden nitrit dönüşümü sağlanarak kullanımı amaçlanmıştır. Buradaki hipotez, nitrit dönüşümü yapılmış kaynak, et ürününe ilave edildiğinde başlangıç üründe yeterli nitrit düzeyi ve ürün güvenirliliği sağlanacaktır. Bu kapsamda nitrat içeriği yüksek üç bitkisel kaynak (kereviz kökü, ıspanak ve kırmızı pancar) seçilmiş, kurutularak nitrat içerikleri arttırılmış, ardından nitrat redüktaz enzimi içeren starter kültürle inkübasyona maruz bırakılarak nitrit dönüşümü sağlanmış, doğal nitrit kaynağı elde edilmiştir. Bu şekilde elde edilen farklı nitrit kaynakları fermente sucuk üretiminde doğal nitrit kaynağı olarak kullanılmıştır. Doğal nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucuklar, nitrit içermeyen kontrol ve kimyasal nitrit içeren sucuklarla karşılaştırılmıştır. Ön dönüştürülmüş doğal nitrit kaynağı ilavesinin sucukların mikrobiyolojik, fizikokimyasal, kimyasal ve duyuşal özelliklerine etkileri üretim ve 3 ay vakum ambalajda depolama sırasında belirlenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Sucuk

Sucuk, olgunlaştırılmış taze etlerin kıyma haline getirilmesi, tuz ve diğer katkı maddeleri ile karıştırılıp bağırsağa doldurulması sonrasında doğal koşullarda veya hızlandırılmış yöntemlerle kurutulup olgunlaştırılmasıyla elde edilen geleneksel çiğ üründür (Öztan 2011).

Uzun işlem süresi ve doğal iklim koşullarına olan bağımlılık nedeniyle üreticiler geleneksel yöntemi değiştirme yoluna gitmişlerdir (Soyer vd. 2005). Olgunlaşma süresinin kısaltılması ve kontrol altında olması, uzun dayanıklılık süresi, ürüne renk, aroma ve lezzet kazandırılması, dilimlenme kabiliyetinin artırılması ve bu sayede daha sağlıklı, kaliteli ve standart ürün üretmek amacıyla starter kültürlerden faydalanılmaktadır (Gönülalan vd. 2004).

Sucuk üretiminde *Lactobacillus* (*L. sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum*), *Pediococcus* (*P. pentasaceus*, *P. acidilactici*), *Kocuria* (*K. varians*, *K. kristinae*) ve *Staphylococcus* (*S. xylosus*, *S. simulans*, *S. carnosus*) cinslerine ait suşlar kullanılabilmektedir (Hammes ve Hertel 1998, Franciosa vd. 2018). Yaygın olarak kullanılan ticari starter kültürler, fermentatif, proteolitik veya lipolitik özellikler gibi teknolojik aktivitelerine göre seçilmektedir (Dalmış ve Soyer 2008). Ayrıca starter kültürler sucuklarda biyojen aminler ve nitrozamin oluşumunu, oksidatif ransiditeyi, patojen, toksin üreten ve bozulmaya yol açan mikroorganizmaların gelişmesini engellemektedir (Gönülalan vd. 2004).

Sucuk hamurunun hazırlanıp, uygun kılıflara doldurulduktan sonra fermentasyona maruz bırakılması ve kurutulması olgunlaşma olarak adlandırılmaktadır (Dinçer 1985, Bozkurt ve Bayram 2006). Fermente et ürünlerinin karakteristik özellikleri, belirli sıcaklık ve bağıl nem koşulları altında olgunlaşma sırasında et karışımında meydana gelen biyokimyasal, mikrobiyolojik, fiziksel ve duyuşsal değişikliklerin sonucunda oluşmaktadır (Casaburi vd. 2007, Dalmış ve Soyer 2008). Fermentasyon sonucu oluşan

bu değişiklikler; pH düşüşü, başlangıç mikroflorasındaki değişiklikler, nitratın nitrite ve daha sonra nitrik oksite indirgenmesi, nitrozomiyoglobın oluşumu, miyofibriller ve sarkoplazmik proteinlerin çözünmesi ve jelleşmesi, proteolitik, lipolitik ve oksidatif olaylar ve dehidrasyon şeklindedir (Casaburi vd. 2007, Aro vd. 2010). Bu nedenle, arzu edilen doku, renk, pH ve duyuşal özelliklere sahip kaliteli sucuk hazırlamak için olgunlaşma koşulları sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir (Bozkurt ve Bayram 2006).

Biyokimyasal reaksiyonların sırayla ve uyum içerisinde gerçekleşebilmesi için bir mikroflora ihtiyacı duyulmaktadır. Laktobasiller, stafilokoklar, mikrokoklar ile küf ve mayalar gibi mikroorganizmaların faaliyetleri fermente sucuğa özgü özelliklerin oluşmasında önem taşımaktadır (Pehlivanoglu vd. 2015). Bunlardan laktik asit bakterileri ve koagülaz negatif stafilokoklar doku, renk ve aromanın geliştirilmesinde aktif olarak yer almaktadır. Laktik asit bakterileri ayrıca ürünün hijyenik özellikleri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olup patojen ve bozulmaya neden olan florayı asitlendirme veya antimikrobiyallerin üretimi yoluyla inhibe ederken (Casaburi vd. 2007), mikrokok ve stafilokoklar nitratı indirgeyerek renk ve aroma oluşumunda rol oynamaktadır (Dinçer vd. 1995). Ayrıca serbest aminoasitleri parçalayarak ve doymamış serbest yağ asitlerinin oksidasyonunu engelleyerek uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin bileşimini etkilemektedir (Casaburi vd. 2007).

Hem lezzet hem de güvenlikle ilişkili kalite özellikleri protein, lipid ve karbonhidratların parçalanmasından kaynaklanan son ürünlerin oluşumuyla belirlenmektedir (Molly vd. 1997). Bunlardan biri olan proteoliz, fermente sucukların olgunlaşması sırasında proteinleri etkileyen temel parçalanma mekanizmalarındandır. Kuru kürlenmiş et ürünlerinin proteolizi, çoğunlukla endojen enzimlere ya da mikroorganizmalardan kaynaklanan eksojen enzimlere bağlanmıştır (Dalmış ve Soyer 2008, Aro vd. 2010).

Fermente sucukların kendilerine özgü lezzet, aroma ve yapıları, çoğunlukla olgunlaştırma sırasında sucuk yağında oluşan lipolitik değişiklikler sonucunda şekillenmektedir (Dinçer 1985). Bu süreçte lipitler, serbest yağ asitlerinin serbest bırakılmasını, çoklu doymamış asitlerinin karbonil bileşiklerinin üretimi ile oksidasyonunu içeren hidrolitik ve oksidatif

değişikliklere uğramaktadır (Molly vd. 1997). Lipit oksidasyonu sonrasında renk, tat, koku, doku ve hatta besin değeri gibi etin kalitesini değiştiren ürünler oluşmaktadır (Bozkurt ve Erkmen 2007). Lipoliz esas olarak bakteriyel lipaz aktivitesi ile ilişkilendirilirken; doymamış yağ asitlerinin, lipit peroksitlerinin ve karbonil bileşiklerinin üretimi ile sonuçlanan oksidatif değişiklikler hem kimyasal reaksiyonlar hem de bakteriyel metabolizma ile ilişkilendirilmiştir (Molly vd. 1997).

2.2 Et Ürünlerinde Kürleme

Et kürleme, çabuk bozulabilen gıdaları korumak için geliştirilen eski bir yöntemdir. Et kürleme işlemlerinin ilk olarak tuzla yapılan koruma yöntemlerinden elde edildiğine inanılmaktadır. MÖ 3000 tarihine kadar etin tuz ile korunduğuna dair kanıtlar bulunmakta ve Romalıların et koruma yöntemi olarak kaya tuzu kullandığı bilinmektedir (Sebranek 2009).

Etin bozulmasının kuru tuz içinde tutulmasıyla önemli ölçüde daha yavaş olduğunun anlaşılması ile kullanılan birincil bileşen tuz olmuştur (Krause vd. 2011). Bu nedenle kürleme, su aktivitesini düşüren ve bozulma yapan mikroorganizmaların gelişmesini engelleyen tuz kullanımı anlamına gelmiştir (Honikel 2008, Parthasarathy ve Bryan 2012). Ancak 19. yüzyılda bazı tuzların diğerlerinden daha iyi koruduğu fark edilmiş (Honikel 2008), etin yüzyıllarca tuzlanması ardından, bazı tuzlar, belirgin pembe renk ve eşsiz bir tat oluşturdıkları için daha çok arzu edilir hale gelmiştir. Ayrıca bu tuzlardaki sodyum ve potasyum nitratın doğal olarak oluşan bakteriler tarafından nitrite dönüştürüldüğü belirlenmiştir (Krause vd. 2011).

Et kürleme, et ürünlerinin kalite ve mikrobiyolojik yönlerine yardımcı olurken ayırt edici renk, tat ve doku özellikleri geliştirmek için ete tuz, şeker veya diğer tatlandırıcı ve nitritin eklenmesi olarak tanımlanmaktadır (Sindelar vd. 2007b). Kür bileşenleri içerisinde, özellikle sodyum klorür, tipik kürlenmiş et formülasyonlarının temel parçası olsa da tüm kürlenmiş et ürünlerinde ortak olan ayırt edici özellikleri sağlayan nitrat/nitrit olduğu bilinmektedir (Sebranek ve Bacus 2007a).

2.3 Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit

Nitrat ve nitrit, kürlenme reaksiyonlarında birincil bileşen olarak yer almaktadır (Parthasarathy ve Bryan 2012). Nitratın ilk kez bir kürlenme maddesi olarak ne zaman kabul edildiği belli olmasa da kimyagerlerin et kürlenme kimyasını çözmeye başlamadan yüzyıllar önce potasyum nitrat ya da bir sodyum klorür bulaşanı olarak eti kürlenmek için kullanılmıştır. 1800'lerin sonlarında, nitratın nitrat indirgeyen bakteriler tarafından nitrite dönüştürüldüğü ve nitritin gerçek kürlenme bileşeni olduğu keşfedilmiştir. 20. yüzyılın ilk yarısında, artan üretim kapasitesinin hızlı kürlenmeyi önemli hale getirmesi ve nitrit kimyasının daha iyi anlaşılmasıyla, kürlenmiş etler için birincil kürlenme maddesi olarak nitrattan nitrite kademeli bir geçiş yaşanmıştır (Sebranek ve Bacus 2007b).

Nitrat, kürlenme bileşeni olarak kabul edilmesine karşın nitrite indirgenmesi durumunda nitrit ile aynı şekilde etkili olabilmektedir (Sindelar ve Milkowski 2011). Ette nitrat indirgenmesi genellikle mikroorganizmalar tarafından sağlandığından mikrobiyal dönüşüm için yeterli zaman ve sıcaklık gerekmektedir (Sebranek 2009). Bu nedenle nitrat özellikle bazı kürlenme koşullarında ve uzun sürede nitrit oluşması gereken ürünlerde kullanılmakta, kürlenme reaksiyonlarında nitrit kaynağı olarak yer almaktadır. Nitrat, nitrit ile aynı işlevselliğe sahip olsa da çok daha yavaş olması nedeniyle daha az kullanılmaktadır (Majou ve Christienas 2018). Günümüzde kuru sosisler ve kuru kürlenmiş jambonlar gibi uzun olgunlaşma sürecinin, uzun süreli nitrit rezervuarına ihtiyaç duyduğu ürünlere dahil edilmektedir (Sindelar ve Milkowski 2011).

Nitratın nitrite dönüşümü bakteriyel indirgeme dışında kolayca elde edilememektedir (Sebranek 2009). Bu indirgeme ette doğal olarak bulunan bakteriyel flora veya nitrat indirgeme özelliğine sahip mikroorganizmaların eklenmesi ile gerçekleştirilebilir (Sindelar ve Milkowski 2011, Majou ve Christienas 2018). Mikrokoklar ve stafilokoklar karakteristik pigmentasyonun üretilmesinde önemli olan nitratı nitrite indirgeme yeteneğine sahip olmalarının yanında lipolitik ve proteolitik enzimlerin kaynağı olarak aroma üretimine katkıda bulunabilirler (Visessanguan vd. 2004). Bu mikroorganizmaların başlıcaları: *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus plantarum*, (Majou ve Christienas 2018, Candan ve

Bağdatlı 2018), *Lactobacillus curvatus*, *Kocuria (Micrococcus) varians*, *Pediococcus cerevisiae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas stutzeri*, *Paracoccus denitrificans*, *Bacillus licheniformis*'tir (Candan ve Bağdatlı 2018). Bunlardan *Staphylococcus carnosus*, geleneksel olarak fermente sosis (Hartmann ve Hammes 1995) ve kuru kürlenmiş jambon üretiminde starter kültür olarak kullanılmaktadır (Neubauer ve Götz 1996). Bu süreçte katalaz ve nitrat redüktaz aktivitelerinin özel bir değere sahip olduğu bilinmektedir (Hartmann ve Hammes 1995).

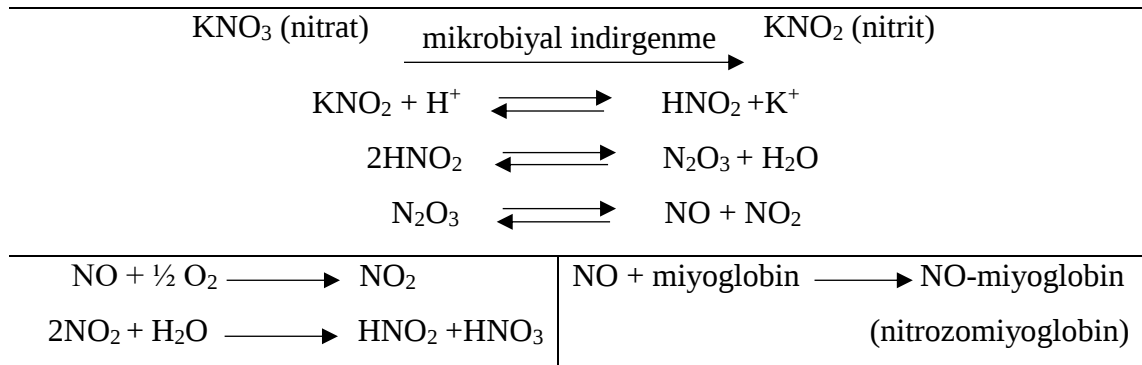
Güçlü bir koruyucu madde olan sodyum nitrit (NaNO_2), nitroz asitin (HNO_2) sodyum tuzudur ve sodyum klorür (NaCl), askorbik asit veya türevleri gibi diğer bileşenlerle birlikte etin korunmasından sorumlu aktif kürlenme bileşeni olarak kabul edilmektedir (Stoica 2019). Kürlenmiş etteki nitritin kimyası, birkaç farklı reaktanı içeren etkileşimli kimyasal reaksiyonların son derece karmaşık bir karışımıdır (Sebranek ve Bacus 2007b). Nitrit, kürlenmiş renk ve kürlenmiş et aromasının geliştirilmesi, antioksidan aktivite kazandırılması, raf ömrünün uzatılması ve *Clostridium botulinum* gelişmesinin engellenmesi dahil olmak üzere birçok önemli ve ayırt edici özellikten sorumludur (Sindelar vd. 2007b, Krause vd. 2011, Terns vd. 2011a). Nitrit, et ürünlerindeki lipitlerin oksidatif durumlarını kontrol ve stabilize etmekte, böylece lipit oksidasyonunu ve bayat kötü lezzet (warmed-over flavors) oluşumunu önlemektedir (Sindelar vd. 2007b).

Renk

Renk oluşumu ve renk kararlılığının, işlenmiş et ürünlerinde kritik kalite özelliği olması nedeniyle et endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Karakteristik kür rengi, miyogloblin, hemogloblin gibi hem pigmenti konsantrasyonundan, bunların kimyasal durumlarından, nitrojen oksitler ve indirgeyici ajanlar gibi katkı maddelerinden kaynaklanabilmektedir. Kürlenmiş et pigmentiyle sonuçlanan kimyasal reaksiyonlar, pH, pigment konsantrasyonu, redoks potansiyeli, kürlenme ajanı dağılımı, sıcaklık, nem vb. lerine bağlı olan mikrobiyal, enzimatik ve kimyasal adımları içeren karmaşık bir dizi işlemdir (Götterup vd. 2007).

Nitrat (NO_3^-) tuzlarının nitrite (NO_2^-) ve daha sonra gaz halinde nitrik oksite (NO) indirgenmesi ve ardından miyoglobin ile reaksiyona girerek nitrozomiyoglobin kompleksini oluşturmaları, kürlenmiş et tadı ve renginin temelini oluşturur (Parthasarathy ve Bryan 2012). Kürlenmiş et ürünlerinin kırmızı rengi, nitrozomiyoglobin oluşana kadar bir dizi karmaşık reaksiyon adımıyla gelişir (Honikel 2008). Nitrit, pH 5,5 olan et matrisinde iyi çözünürlüğe sahip olması nedeniyle ete ilave edildiğinde kolaylıkla çözünür (Honikel 2008, Pegg ve Honikel 2014).

Oldukça reaktif bir iyon olan nitrit, kürlenmiş et rengine neden olan pigmenti sabitlemez. Bunun yerine, daha sonra kürlenmiş et rengi üretmek için miyoglobin ile reaksiyona giren nitrik oksiti transfer etme yeteneğine sahip olan birkaç farklı mekanizma ile nitrosilleştirici maddeler oluşturur (Sindelar ve Milkowski 2011). Bu nedenle nitritten nitrik oksit üretiminin, kürlenmiş renk için gerekli bir adım olduğu kabul edilmektedir (Sebranek 2009, Sindelar ve Milkowski 2011). Nitrit, miyoglobini metmiyoglobine yükseltirken kendisi de nitrik oksite (NO) indirgenmektedir (Yıldız Turp ve Sucu 2016). Bu indirgeme bakteriyel nitrit redüktazlar ile ya da ette nitrit redüktaz aktivitesine sahip deoksimiyoglobin ile olmak üzere iki şekilde gerçekleşmektedir (Majou ve Christienas 2018).



Şekil 2.1 Et ürünlerinde nitrat/nitrit mekanizması (Honikel 2008, Pegg ve Honikel 2014)

Asidik bir ortamda nitritten nitroz asit oluşturulduktan sonra, az miktarda çözünmemiş nitroz asit, nitrik oksit (NO) ve azot dioksit (NO_2) ile dengede olan anhidritini oluşturabilir. NO, miyoglobin veya amino asit ile reaksiyona girerek (Honikel 2008)

kırmızı nitrik oksit miyoglobini (nitrozomiyoglobin) üretebilir ve bu miyoglobin pişirme sırasında pembe nitrosilhemokroma dönüşür (Sebranek 2009).

Aynı zamanda, oluşan NO_2 , nitrik oksit dizisine yeniden giren nitroz asiti (HNO_2) yeniden oluşturmak için su ile reaksiyona girebilir. Bu reaksiyon, ayrıca nitrat (NO_3^-) oluşturmak üzere ayrılan nitrik asit (HNO_3) üretir (Sebranek 2009). Oksijen varlığında ise NO, nitrite (NO_2^-) veya nitrata (NO_3^-) geri oksitlenir (Parthasarathy ve Bryan 2012). Böylece, bu reaksiyon dizisinin sonucu olarak renk gelişiminin yanı sıra nitrat da oluşmaktadır. Bu, nitratin eklenmemiş olsa bile kürlenmiş etlerde neden yaygın olarak bulunduğunu açıklamaktadır. Sodyum askorbat veya eritorbat gibi indirgeyicilerin mevcudiyetinde, nitroz asitten oluşan N_2O_3 , bir oksidasyon redüksiyon reaksiyonu ile nitrik oksite indirgenebilmektedir (Sebranek 2009).

Kürlenmiş et rengi için ürün tipine bağlı olarak 2-14 mg/kg gibi az miktarda nitrite ihtiyaç duyulduğu bildirilmiştir ancak bu seviyelerde renk, genellikle kararsızdır ve zamanla solması muhtemeldir (Sebranek ve Bacus 2007b). Uzun raf ömrü boyunca kürlenmiş et rengini korumak, oksidasyon ve ışık nedeniyle solan kürlenmiş et pigmentinin yeniden üretilmesi için bir rezervuar olarak hizmet etmek üzere az miktarda (10-15 mg/kg) kalıntı nitritin gerekli olduğu genel olarak kabul edilmektedir (Sindelar ve Milkowski 2012).

Antimikrobiyal etki

Nitrit bakteristatik ve bakteriosidal bir ajan olarak kürlenmiş ette önemli bir rol oynamaktadır (Sebranek ve Bacus 2007b, Sindelar ve Milkowski 2011). Nitritin spesifik inhibitör mekanizmaları iyi bilinmese de antimikrobiyal olarak etkinliği kalıntı nitrit seviyesi, pH, tuz konsantrasyonu, mevcut indirgeyiciler, demir içeriği gibi çeşitli faktörlere bağlıdır (Sebranek ve Bacus 2007b, Sindelar ve Milkowski 2011, Majou ve Christienas 2018).

Nitritin inhibe edici etkisinin nitrik oksit (NO) veya nitroz asit (HNO_2) üretimi ile ilişkili reaksiyonlar nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Sebranek ve Bacus 2007a, Sindelar ve Milkowski 2011). Nitrik oksitin bakteriler üzerindeki etkisi, bazıları için metabolit olarak

hareket etmekten bazıları için toksik olmaya kadar değişmektedir (Sindelar ve Milkowski 2011). Demire bağlanan nitrik oksit, enzim işlevselliği ve bakteriyel metabolizma ve büyüme için gerekli olan demirin mevcudiyetini sınırlamaktadır. Demir sülfür kompleksleri ve enzimlerin hem iyon merkezleri, demir ve nitritin yüksek reaktivitesinden dolayı genellikle nitritin hedefi olmaktadır (Alahakoon vd. 2015). Nitrik oksitin, anaerobik bakterilerin demir-kükürt enzimleriyle reaksiyonunun bu bakterilerin çoğalmasını azalttığı bildirilmiştir (Sebranek ve Bacus 2007a).

Nitrit tek başına veya diğer tuzlarla kombinasyon halinde çeşitli aerobik ve anaerobik mikroorganizmaların büyümesini engelleyebilmektedir. Nitrit, metabolik enzimleri inhibe ederek, oksijen alımını sınırlayarak ve proton gradyanını kırarak bakterileri birden fazla bölgede hedef almaktadır (Alahakoon vd. 2015). Nitritin etkileri ve muhtemel inhibe edici mekanizması bakteri türlerine göre farklılık gösterebilmektedir (Sebranek 2009, Sindelar ve Milkowski 2011). Genel olarak gram pozitif bakterilere karşı daha etkili olduğu düşünülen nitritin, patojen bakterilerin büyümesinin kontrol edilmesine katkıda bulunduğu gösterilmiştir (Sindelar ve Milkowski 2011). *Salmonella enterica* serovar Typhimurium, *Listeria* spp. ve *Clostridium botulinum* gibi patojen bakterilere karşı bakteriyostatik ve bakterisidal etkileri bulunmaktadır (Majou ve Christienas 2018). Diğer tuzlar ve küreme faktörleri ile birlikte *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium perfringens* vb. patojenlerin büyümesini de kontrol edebilmektedir. Bununla birlikte, bakteri üremesini destekleyen bir aralıkta, uzun süreli sıcaklık dalgalanması durumunda, patojen büyümesini engelleyemeyeceği ve toksin üretimine veya bozulmasına izin verebileceği bildirilmiştir (Parthasarathy ve Bryan 2012).

Antioksidan etki

Nitritin dikkate değer özelliklerinden biri, ürün kalitesinin bozulmasının önde gelen nedeni olan oksidatif ransidite gelişimini etkin bir şekilde geciktirme yeteneğidir (Sindelar ve Milkowski 2012).

Nitritin kürlenmiş etlerdeki antioksidan etkisinden çeşitli mekanizmalar sorumludur (Parthasarathy ve Bryan 2012). Bu etki, muhtemelen hem proteinleri ve metal iyonları ile

reaksiyonları, serbest radikallerin nitrik oksit tarafından şelatlanmasını ve antioksidan özelliklere sahip nitroso ve nitrosil bileşiklerinin oluşumunu içeren kûrlenmiş renk gelişiminden sorumlu mekanizmalardan kaynaklanmaktadır (Sebranek 2009, Sindelar ve Milkowski 2011).

Aslında, nitritin et kûrlemedeki pembe renk gelişimi, acılaşımanın ve klostridial büyümenin engellenmesi gibi başlıca olumlu özelliklerinin hepsi aynı kimyasal mekanizma ile açıklanmaktadır (Parthasarathy ve Bryan 2012). Bu durumun sebebi, nitrik oksitin sırasıyla hem pigmentlerine veya temel bakteriyel demir-kükûrt proteinlerine sıkı bağlanması olarak ifade edilmiştir (Parthasarathy ve Bryan 2012, Alahakoon vd. 2015). Serbest demirin, lipit oksidasyonunun güçlü bir katalizörü olduğu bilinmektedir (Parthasarathy ve Bryan 2012).

Nitrik oksit, lipit türevli alkil, alkoksil ve peroksil radikalleri ve hidroksil radikali ve süperoksit radikal anyonu gibi lipit oksidasyonunun başlatılmasında yer alan diğerk radikaller dahil olmak üzere çoğu radikalle hızla reaksiyona girer (Stoica 2019). Ayrıca nitrik oksitin kendisi oksijen varlığında kolaylıkla NO_2 'ye oksitlenebilir. Bu, bir oksijen ayırma ve dolayısıyla et hamurlarında veya jambonlarda nitritin antioksidatif etkisi anlamına gelmektedir. Oksijen eksikliğinden dolayı, ekşime veya bayat kötü-flavor gelişimi geciktirilir. Nitrit bu şekilde bir antioksidan görevi gördüğünden, bu reaksiyon et hamurlarında oldukça önemlidir (Honikel 2008).

Nitrik oksitin hidroksil radikali ile etkileşimi peroksinitrit (ONOO^-) oluşumuna yol açmaktadır. Peroksinitrit et pH'sında nitrata izomerizasyon yoluyla deaktive olabilse de hem lipit hem de protein oksidasyonunu başlatma yeteneğine sahip güçlü bir oksidandır (Stoica 2019).

Nitritin antioksidan etkisinin 40 mg/kg kadar düşük seviyelerde olduğu rapor edilmiştir (Alahakoon vd. 2015). Bu nedenle kûrlenmiş etin oksidatif stabilitesi, ürün formülasyonuna NaNO_2 ile sinerjistik olarak hareket edebilen askorbik asit gibi indirgeyici bir ajan eklenerek geliştirilebilmektedir (Stoica 2019).

Tat

Nitritin bir diğer dikkat çekici özelliği, depolama sırasında acılaştırmanın gelişimini ve ardından et ve et ürünlerinin ısıtılması üzerine geliştirilen bayat kötü-flavor geciktirme yeteneğidir (Alahakoon vd. 2015).

Et ürünlerinde nitrit kullanıldığında sadece tuzla işlem görmüş ürünlerden açıkça ayırt edilebilir şekilde kürlenmiş koku ve tat oluşmaktadır (Bozkurt ve Erkmén 2004). Nitritin etin lezzeti üzerindeki rolü, aroma/koku, doku, tat ve sıcaklık gibi özellikleri içeren karmaşık bir uyarıcıdır. Nitrit kimyası ve ilgili reaksiyonlar, benzersiz lezzetin oluşmasında muhtemelen rol oynamaktadır (Sindelar ve Milkowski 2011). Kürlenmiş et aroması, kürlenmiş etteki nitrit kimyasının en az anlaşılan yönüdür ve çok sayıda araştırmacının gözünden kaçmıştır (Sebranek 2009, Sindelar ve Milkowski 2011). Kürlenmiş ürünlerdeki lezzetin etteki nitrit reaksiyonlarının sonucu olması muhtemel görünse de buna dahil olan spesifik bileşikler bilinmemektedir (Sebranek 2009).

Kürlenmiş ette gözlenen lezzet farklılığının, nitrit tarafından lipid oksidasyonunun baskılanmasından kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. Nitrit oldukça etkili bir antioksidan iken diğer antioksidanlar tipik kürlenmiş et aroması üretmemektedirler (Sebranek 2009, Sindelar ve Milkowski 2011).

Nitröz asit, disülfid ile sonuçlanan bir oksidasyon-redüksiyon reaksiyonunda nitrik oksit açığa çıkarmak için et proteinleri üzerindeki sülfidril grupları ile reaksiyona girebilir. Nitrik oksit üretmeye ek olarak, bu reaksiyon, kürlenmiş etlerdeki dokusal değişikliklerin kısmi bir açıklaması olarak önerilmiştir. Bu reaksiyon dizileri muhtemelen nitrit tarafından kürlenmiş et aromasının oluşumunda da rol oynamaktadır (Sebranek 2009).

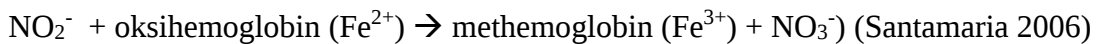
Hidrokarbonlar, ketonlar, alkoller, fenoller, esterler, furanlar, pirazinler, aldehitler ve diğer azot içeren bileşikler ve artan karboksilik asitler, kükürt ve nitrit/nitrat içeren bileşikler, kürlenmemiş ete kıyasla kürlenmiş ette tespit edilmiştir. Alkoller ve fenoller nitrozasyon reaksiyonlarına girerek uçucu bileşikler de etkileyebilmektedir (Alahakoon vd. 2015).

Bugüne kadar, nitrit içeren et ürünlerinin karakteristik kürlenmiş et aromasını ve lezzetini etkili bir şekilde üreten nitrit için herhangi bir ikame keşfedilmemiştir (Sindelar vd. 2007a). Et ürünlerinde 50 mg/kg kadar düşük nitrit seviyelerinin, tüketici duyuşal değerdendirmeleri tarafından belirlenen lezzet farklılıklarını indüklemek için yeterli olduğu bulunmuştur (Sindelar ve Milkowski 2011).

2.4 Nitrat ve Nitritin İnsan Sağılığı Üzerine Etkileri

Nitritin arzu edilen birçok etkisi olmasına rağmen, güvenliğı konusunda birtakım endişeler bulunmaktadır (Krause vd. 2011). Nitrit, insan vücudunda iki tip zehirlenmeye yol açmaktadır. Bunlardan ilki akut zehirlenme olup “methemoglobinemi” olarak adlandırılırken ikincisi kronik nitrit zehirlenmesi olup oluşan nitrozaminlerden kaynaklanmaktadır (Yıldız Turp ve Sucu 2016).

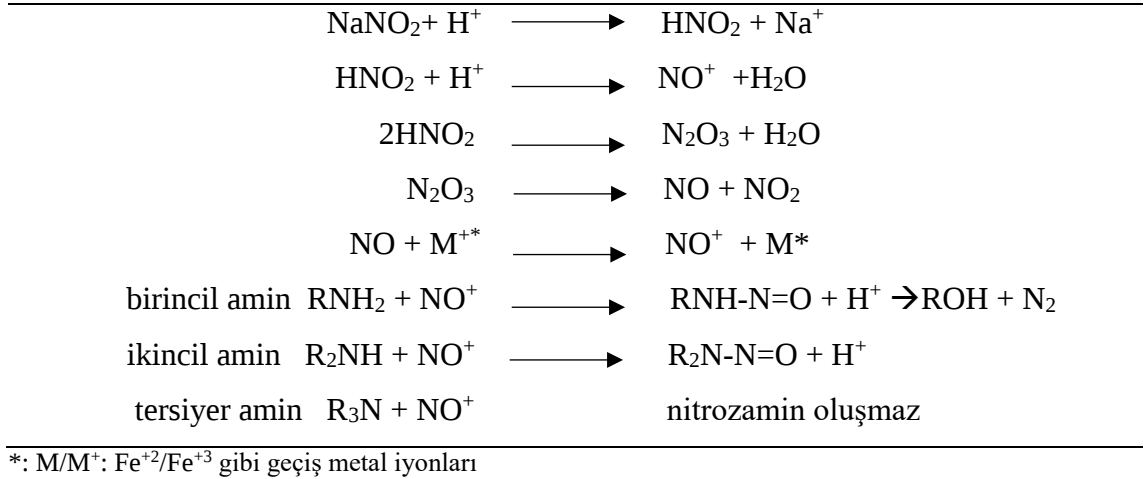
Nitrat iyonlarının doğrudan toksik etkisinin bulunmadığı bilinmekte (Özdestan ve Üren 2010), tek kronik toksik etkisi ise, bakteriyel indirgenme sonucu oluşan nitritten kaynaklanmaktadır (Santamaria 2006). Vücuda alınan nitrat ağız boşluğunda bulunan bakteriler tarafından nitrite indirgenirken (Özdestan ve Üren 2010, Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012) kalanı ise mide-bağırsak sistemine geçmektedir. Bu şekilde dolaşım sistemine dahil olan nitratın bir kısmı tükürük bezleri aracılığıyla tekrar ağız boşluğuna salgılanarak nitrite indirgenmeye devam eder (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012). Oluşan nitrit kandaki hemoglobini methemoglobine dönüştürerek kanın oksijen taşıma görevini engellemektedir (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012, Öztürk vd. 2015). Methemoglobinemi olarak adlandırılan bu durum (Özdestan ve Üren 2010, Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012) methemoglobin oranı normal hemoglobin düzeyinin %10’una ulaştığında, kanın oksijensiz kalması nedeniyle derinin mavi renge değışmesinden boğulmaya kadar çeşitli klinik semptomlara yol açmaktadır (Santamaria 2006). Çocuklar için tehlike arz etmesi nedeniyle “mavi bebek sendromu” olarak da adlandırılmaktadır (Özdestan ve Üren 2010).



Üç aylıktan küçük bebeklerin methemoglobinemiye özellikle duyarlı olduğu bilinmektedir. Bunun, bebeklerin kanında hala mevcut olan ve fetal olmayan oksihemoglobinden daha kolay methemoglobine oksitlenen daha yüksek fetal oksihemoglobin seviyeleri nedeniyle meydana geldiğine inanılmaktadır. Sütten kesme sonrası fizyolojik dönemde methemoglobin redüktazın indüksiyonu nedeniyle çocuklar ve yetişkinler küçük bebeklere göre methemoglobinemiye çok daha az duyarlı hale gelmektedir (Santamaria 2006).

Nitritin insan sağlığı ile ilgili diğer olumsuz etkisi ise sekonder aminlerle tepkimeye girmesi sonucu nitrozamin oluşumuna yol açmasıdır (Özdestan ve Üren 2010). Sorun ilk olarak 1960'ların sonlarında nitritle kürlenmiş etlerin nitrozamin üretme potansiyeline sahip olduğunun ortaya çıkmasıyla başlamıştır. Nitrozaminlerin birçoğunun karsinojen olduğunun bulunması (Krause vd. 2011) ve karsinojen N-nitrozamin izlerinin kürlenmiş et ürünlerinde rapor edilmesi büyük bir endişe uyandırmıştır (Sen vd. 1974). Nitrozaminlerin kuvvetli karsinojen olmalarının yanında mutajen ve teratojen özelliğe de sahip oldukları bilinmektedir (Özdestan ve Üren 2010, Candan ve Bağdatlı 2018).

Nitrozasyon gıda ürününün depolanması ve olgunlaşması sırasında ve endojen veya eksojen nitratın enzimatik indirgenmesi yoluyla üretilen nitritin etkisiyle midede meydana gelebilmektedir (Santamaria 2006). Nitrozaminler şekil 2.2'deki reaksiyonlara göre yüksek sıcaklıkta nitrit ve aminler tarafından oluşturulmaktadır. Bu reaksiyonların gerçekleşmesi bazı ön koşullara bağlı bulunmaktadır. Öncelikle aminlerin mevcut olması gerekmektedir. Taze ette çok az amin bulunduğu bilinmekle birlikte olgunlaştırma ve fermentasyon sırasında daha fazla amin oluşmaktadır. Birincil aminler hemen alkol ve nitrojene parçalandığından, tersiyer aminler de reaksiyona giremediğinden sadece ikincil aminler kararlı nitrozamin oluşturmaktadır. Bir diğer koşul ise pH'nın, NO^+ üretecek kadar düşük olması veya NO^+ oluşturmak için metal iyonlarının devreye girmesidir (Honikel 2008).



Şekil 2.2 Nitrozamin oluşumundaki kimyasal reaksiyonlar (Honikel 2008)

Nitrozaminlerin oluşum hızı, aminlerin doğası, reaktanların konsantrasyonu, pH ve reaksiyon ortamının sıcaklığı gibi birçok faktöre bağlıdır. Genel olarak, pH ne kadar alkali olursa, nitrozasyon reaksiyonunun hızı o kadar yavaş olmaktadır. Bu nedenle, bu ön karışımlara hafif bir alkali veya sodyum askorbat eklenmesinin nitrozamin oluşumunu engelleyebileceği düşünülmüştür (Sen vd. 1974). Tokoferol, laktik asit ve eritorbatın nitrozamin oluşumunu azalttığı, askorbik asitin ise engellediği bildirilirken tiyosiyanat iyonunun nitrozamin oluşumunu hızlandırdığı bildirilmiştir (Yıldız Turp ve Sucu 2016).

Nitrozaminler, kürlenmiş et ürünlerinin ızgara edilmesi veya kızartılması sırasında sadece küçük miktarlarda ortaya çıkmakta ve uzun süreler boyunca küçük miktarlara bile maruz kalan insanlarda kansere neden olduğundan şüphelenilmektedir. Bazı epidemiyolojik çalışmalar, nitrozaminler ile farklı kanser türlerinin riski arasında potansiyel bir ilişki olduğunu göstermiştir (Stoica 2019).

Uygun fizyolojik koşullarda kimyasal reaksiyonla veya bakteriyel faaliyetler sonucunda midede nitrozamin oluşabildiği bildirilmiştir (Palamutoğlu ve Sarıçoban 2012, Yıldız Turp ve Sucu 2016). Kürlenmiş et ürünlerinin tüketilmesinin ardından bu ürünlerin içeriğinde bulunan kalıntı nitrit, mide öz suyunda reaksiyona girerek midede N-nitrozaminleri oluşturmaktadır. Burada oluşan nitrozaminlerin bağırsak kanserine neden olduğu (Candan ve Bağdatlı 2018) ve bazı kanser türlerinin ortaya çıkma riskini

arttırabildiği bilinmektedir (Yıldız Turp ve Sucu 2016). Ayrıca nitrozaminlerin karaciğer, akciğer, böbrek, gırtlak, mide ve pankreas kanserlerinin oluşumunda rol sahibi oldukları belirtilmiştir (Öztürk vd. 2015).

2.5 Nitrat ve Nitrit ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Kanser araştırmalarında uluslararası iş birliğini sağlamak amacı ile kurulan Dünya Sağlık Örgütü'nün uzmanlaşmış kanser ajansı olan “Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC)” tarafından insanlar için karsinojen tehlikelerin belirlenmesi üzerine monograflar yayınlanmaktadır. Bu monograflarda, karsinojen nitrozaminlerin oluşumuna katkıda bulunan bir faktör olması nedeni ile “işlenmiş et” insanlar için karsinojen bir tehlike (Grup 1) olarak (Anonymous 2018), “endojen nitrozasyonla sonuçlanan koşullar altında (yutulmuş) nitrat veya nitrit” ise insanlar için muhtemelen karsinojen ajan (Grup 2A) olarak (Anonymous 2010b) yer almaktadır.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından ortaklaşa yönetilen uluslararası uzman bilim komitesi olan ve gıda katkı maddelerinin güvenilirlik değerlendirmesini yapan “Gıda Katkı Maddeleri Uzman Komitesi-JECFA” (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) tarafından nitrat ve nitrit için günlük kabul edilebilir alım miktarı olan ADI değerleri belirlenmektedir. Bu değer nitrat için 3,7 mg/kg vücut ağırlığı iken nitrit için 0,07 mg/kg vücut ağırlığı şeklindedir (Anonymous 2002). Bu veriler ışığında nitrat ve nitritin gıdalarda kullanımı ile ilgili ülkelere ve ürün çeşidine göre getirilen kısıtlamalar bulunmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nin (30/06/2013 tarih ve 28693 sayı) güncel halinde nitrat ve nitritlerin et ürünlerinde kullanımı “Isıl İşlem Görmüş Et Ürünleri” ve “Isıl İşlem Görmemiş Et Ürünleri” olmak üzere iki başlıkta, üretim sırasında eklenebilecek NaNO_2 veya NaNO_3 cinsinden maksimum miktar olarak verilmiştir. “Isıl İşlem Görmemiş Et Ürünleri” başlığında nitritler (E 249-E 250) 150 mg/kg, nitratlar (E 251-252) 150 mg/kg; “Isıl İşlem Görmüş Et Ürünleri” başlığında ise nitritler (E 249-E

250) sterilize et ürünleri ve kavurma hariç 150 mg/kg, sterilize et ürünlerinde ise 100 mg/kg şeklinde yer almaktadır (Anonim 2013).

1333/2008/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konseyi'nin gıda katkı maddeleri hakkındaki tüzüğünün güncel halinde ısıtılma işlemi görmemiş et ürünlerinde nitrat ve nitrit miktarı 150 mg/kg; ısıtılma işlemi görmüş et ürünlerinde ise nitrit miktarı sterilize et ürünleri hariç ürünlerde 150 mg/kg, sterilize et ürünlerinde ise 100 mg/kg olarak yer almaktadır (Anonymous 2008). Ülkemizde et ürünlerinde nitrat ve nitrit için belirlenen limitlerin AB mevzuatı ile uyumlu olduğu görülmektedir.

2.6 Nitrit Kaynakları

2.6.1 Sentetik nitrit

Sodyum nitrit ve potasyum nitrit gibi sentetik nitrit kaynakları stabil, homojen ve ucuz oldukları için et endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Sodyum nitrit, endüstriyel olarak sodyum hidroksit ya da sodyum karbonat çözeltilerindeki nitrik asitten oluşan nitrojen dioksit (NO_2) ve nitrik oksit (NO) içeren gaz absorpsiyonu yoluyla üretilmektedir (Anonymous 2017, Jo vd. 2020). Sodyum nitrit absorpsiyon kulesinden çözeltinin kristalize edilmesi ve konsantre edilmesi ile katı hale gelmektedir. Tekrarlanan kristalizasyon işlemi ile daha saf sodyum nitrit üretilebilmektedir. Sodyum nitrit kristali ana sıvının santrifüjlenmesi ve kurutulması ile üretilmektedir. Potasyum nitrit, potasyum hidroksit ya da potasyum karbonat çözeltisinden üretilmektedir. Endüstriyel kimyasal nitrit üretim, maliyeti düşük ve kullanımı kolay olmasına karşın, bazı sentetik katkı maddelerinin insanlar için sağlık riski oluşturduğunun ortaya konulmasından dolayı oluşan tüketici endişesi nedeniyle doğal ve organik gıdaların kullanımına yönelim giderek artmaktadır (Sebranek ve Bacus 2007b). Organik gıda, sentetik katkı maddesi içermeyen gıda anlamına gelmektedir. İspanya'da yapılan bir çalışmada erkek bireylerin organik gıda satın almak için %11,4, kadınların ise %9,5 daha fazla ödeme yapmaya istekli olduklarını göstermiştir (Ureña vd. 2008).

Özellikle nitritin karsinojenik olduğu bilinen nitrozamin oluşturmada, kürlenmiş et ürünlerinde sentetik nitrit kullanımını bir sorun haline getirmektedir. Nitrozamin yüksek sıcaklıkta ve düşük pH'da aminlerle nitritin reaksiyonu ile oluşmaktadır (Honikel 2008). Kürlenmiş et ürünlerinde karsinojenik nitrozamin oluşumunu önlemek için nitrit yerine diğer bileşiklerin kullanılması konusu uzun bir süredir değerlendirilmekte ve çalışmalar yürütülmektedir. Bununla birlikte henüz nitritin işlevini yerine getirebilecek bir bileşik bulunamamıştır. Nitrozamin oluşumunu azaltmak için geliştirilen stratejilerden biri et ürününe katılan nitrit miktarının azaltılmasıdır. Bu doğrultuda et endüstrisi sentetik nitrite alternatif doğal kaynakların kullanımına ilgi göstermiş ve bu şekilde tüketici beklentisi olan daha sağlıklı ürün üretimini karşılamayı hedeflemiştir (Jo vd. 2020).

2.6.2 Bitkisel nitrat kaynakları

Nitrit için güvenli olan limitler belirlenmiş olsa da potansiyel karsinojen olarak tanımlanan nitrozamine dönüşebilmesi nedeniyle birçok tüketicinin kullanımının yasaklanmasından yana olduğu belirtilmiştir (Choi vd. 2017). Nitritin sayısız faydası olmasına rağmen, tüketicilerin sağlık ile ilgili endişeleri, tipik kürlenmiş etlere benzeyen ancak nitrat/nitrit ilave edilmemiş ürünlerin geliştirilmesini, üretilmesini teşvik etmiş (Krause vd. 2011) ve üretimlerinde önemli artışlara neden olmuştur. Tüketicilerin doğal gıdalara yönelik tercihinin, et işleme endüstrisinin uygulamaları üzerinde güçlü etkiye sahip olması nedeniyle işlenmiş et ürünleri için daha sağlıklı olduğu düşünülen doğal kaynaklardan elde edilen sentetik nitrit alternatifleri geliştirilmeye başlanmıştır (Choi vd. 2017).

İnsanlarda nitrat alımı başlıca sebzelerden, sudan ve kürlenmiş et ürünlerinden olmak üzere başlıca 3 kaynaktan olmaktadır (Santamaria 2006). Sebzelerin önemli miktarda nitrat içerdiği (Krause vd. 2011, Sindelar vd. 2007b), nitrat ile kıyaslandığında ise oldukça düşük miktarda nitrit içerdiği bilinmektedir (Ayaz ve Yurttagül 2006).

Bitkisel dokularda nitrat alımını ve birikimini etkileyen genetik, çevresel ve tarımsal olmak üzere çeşitli faktörler bulunmaktadır (Santamaria 2006). Genel olarak gübre

seviyeleri, gübrelemenin kaynağı ve zamanlaması, mineralizasyon koşulları, su kaynağı, ışık yoğunluğu, sıcaklık, tür ve çeşitlilik bu faktörlerin önemlileri arasında yer almaktadır (Mirecki vd. 2015). Özellikle topraktaki ışık yoğunluğu ve nitrat içeriğinin hasat öncesi veya hasat sırasındaki nitrat seviyelerinin belirlenmesinde kritik faktörler olduğu bilinmektedir (Santamaria 2006).

Nitrat içeriğinin, farklı kök sebzelerde büyük ölçüde değişebildiği (Mirecki vd. 2015), roka, maydanoz, ıspanak gibi koyu yeşil yapraklı sebzelerin nitrat içeriğinin köklü, soğanlı, yumrulu sebzelerden daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bitkinin çeşitli kısımlarında nitrat miktarının farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Ayaz ve Yurttagül 2006).

Genel olarak nitrat biriktiren sebzeler Brassicaceae (roket, turp, hardal), Chenopodiaceae (pancar, pazı, ıspanak) ve Amarantaceae familyalarına ait olup Asteraceae (marul) ve Apiaceae (kereviz, maydanoz) familyaları da nitrat içeriği yüksek türleri içermektedir (Santamaria 2006).

Kereviz, marul ve pancar 1.500-2.800 mg/kg konsantrasyonları ile çok önemli nitrat kaynağı olarak bilinmektedir (Sebranek 2009). Pancarda 2.500 mg/kg üzerinde, kerevizde 1.000-2.500 mg/kg arasında, havuçta ise 200-500 mg/kg arasında nitrat bulunduğu bildirilmiştir (Mirecki vd. 2015). Piyasada bulunan bazı sebze sularından havuç suyunun 171 mg/kg, kereviz suyunun 2.114 mg/kg, pancar suyunun 2.273 mg/kg ve ıspanak suyunun 3.227 mg/kg nitrat içerdiği tespit edilmiştir (Sebranek ve Bacus 2007b). Kurutulmuş sebze suyu tozlarının ise %2,5'in üzerinde veya 25.000 mg/kg'dan fazla nitrat içerdiği bulunmuştur (Sebranek 2009).

Nisan ve Eylül ayları arasında toplanan marul, pancar, beyaz lahana, havuç, salatalık, turp, domates ve patatesin nitrat konsantrasyonlarının tespit edildiği bir çalışmada sonuçların 10-4.800 mg/kg arasında olduğu, en yüksek nitrat konsantrasyonlarının turp (2.132 mg/kg), yağlı marul (1.725 mg/kg), pancar (1.306 mg/kg) ve aysberg marulda (890 mg/kg); en düşük ise hıyar (32 mg/kg) ve domateste (35 mg/kg) bulunduğu belirtilmiştir (Raczuk vd. 2014). Santamaria vd. (1999), yeşil yapraklı sebzelerin nitrat içeriğini rokada

2.500 mg/kg'ın üzerinde, kereviz, hindiba, marul, pancar yaprağı, maydanoz ve ıspanakta 1.000 ve 2.500 mg/kg arasında, yeşil soğan, lahana, rezenede 200 ve 500 mg/kg arasında, kara lahana ve kırmızı hindibada 200 mg/kg'ın altında tespit etmişlerdir.

Aynı şekilde Artık vd. (2002), pişirilerek tüketilen sebzelerde nitrat miktarını kerevizde 1.904-3.667 mg/kg arasında, pazıda 2.622 mg/kg, semizotunda 1.677 mg/kg, kabakta 935 mg/kg, ıspanakta 486-726 mg/kg arasında; salata ve çiğ olarak doğrudan tüketilen rokada 1.325-3.019 mg/kg, taze soğanda 502-1.718 mg/kg, marulda 317-1.118 mg/kg, maydanozda 304-1.228 mg/kg ve kırmızı turpta 329-2.258 mg/kg arasında saptamışlardır.

Kereviz

Kereviz (*Apium graveolens* L.) Apiaceae familyasından Avrupa genelinde, Afrika ve Asya'nın tropikal ve subtropikal bölgelerinde (Kooti ve Daraei 2017) ve Güney ve Kuzey Amerika'nın bazı bölgelerinde yetişen küçük boyutlu, yıllık veya iki yıllık bir bitkidir (Das vd. 2019).

Kereviz, flavonoidler, fenolik asitler, alkaloidler ve steroidler gibi polifenoller, aminler, karbonhidratlar, askorbik asit, vitaminler, kumarin, uçucu yağlar ve triterpenoidler gibi çok çeşitli aktif bileşikler içerir (Polat ve Sayan 2021). Bu biyoaktif bileşenler nedeniyle son yıllarda kereviz tüketimi büyük ölçüde artmıştır. Bu doğal bileşenlerin sık tüketilmesi, diğer koşulların yanı sıra oksidatif hasar, inflamatuvar yanıt, kardiyovasküler hastalık ve tümör riskini azaltabilmektedir (Liu vd. 2020).

Kerevizin taze yaprakları sebze olarak kullanılırken; tohumları keskin bir kokuya sahip olduğu için gıda ürünlerinde baharat ve aroma maddesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Das vd. 2019). Kerevizin karakteristik aromasından sorumlu ana aroma bileşiklerinden biri sedanolit olarak kabul edilmektedir. Sedanolite ek olarak, sedanenolit ve 3-n-bütülfalıt gibi başka ftalitler de yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Mišić vd. 2008).

Son zamanlarda kerevizin antikanser, diüretik, antifungal ve antibakteriyel etkiler gibi pek çok özelliğe sahip olduğu bildirilmiştir (Salimi vd. 2022). Limonen, selinen, frokumarin glikozitler, flavonoidler, A ve C vitaminleri gibi bileşiklerin varlığı, kerevizin geleneksel tıpta en çok kullanılan bitki olmasının nedeni olarak görülmektedir (Kooti ve Daraei 2017). İdrar yolu tıkanıklığı, gut, romatizmal bozukluklar, epilepsi, hiperlipidemi, hipertansiyon, hafıza geliştirme ve kardiyovasküler hastalıkların geleneksel tedavisinde kullanılmaktadır (Polat ve Sayan 2020). Glikozu, kan lipitlerini ve kan basıncını düşüren kerevizin (Kooti ve Daraei 2017), bronşit ve astımın yanı sıra karaciğer ve dalak hastalıklarını tedavi etmek için de kullanıldığı bilinmektedir (Mišić vd. 2008). Ayrıca, uçucu yağlarının antibakteriyel etkileri de bulunmaktadır (Kooti ve Daraei 2017).

Kereviz suyu ve kereviz tozu, çok az bitkisel pigment içermesi ve son ürün aromasını değiştirmeyecek düzeyde hafif bir lezzeti olması nedeniyle işlenmiş et ürünleriyle oldukça uyumlu görünmektedir (Sebranek ve Bacus 2007b). Kereviz gibi nitrat içeren kaynaklardan üretilen sebze suları ve tozlarının, doğal nitrat kaynağı olarak kürlenmiş et ürünlerinde yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir (Terns vd. 2011a, Salehi 2021).

Kırmızı Pancar

Pancar (*Beta vulgaris* L.) Chenopodiaceae bitki familyasından (Ng ve Sulaiman 2018), Asya ve Avrupa kökenli otsu, çiçekli, iki yıllık bir bitkidir. Kırmızı pancarın nitrat, fenolik, askorbik asit, vitaminler, mineraller, karbonhidratlar, lif, protein, esansiyel amino asitler, yağ asitleri, fitosteroller, alkaloidler, steroidler, karotenoidler ve betalainler gibi besinsel ve biyoaktif bileşikleri büyük miktarlarda içerdiği bilinmektedir (Nirmal vd. 2021).

Pancar, sarı betaksantinler ve kırmızı-mor betasiyaninlerden oluşan betalain pigmentlerinin (Račkauskienė vd. 2015, Sucu ve Yıldız Turp 2018) ve nitratin (Sucu ve Yıldız Turp 2018) zengin bir kaynağıdır. Nitrojen içeren ve suda çözünür bir pigment olan betalainler (Nouairi vd. 2021), antosiyaninlerden daha güçlü antioksidan ve renklendirme gücüne sahiptir (Nirmal vd. 2021). Bu nedenle pancardan elde edilen betalain içeren ekstraktlar, gıda endüstrisi tarafından farklı yiyecek ve içeceklerle

pembeden menekşeye değişen aralıkta renk vermek için doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır (Račkauskienė vd. 2015).

Betalainlerin anti-inflamatuar, hepatoprotektif ve antitümör, kanser kemopreventif özellikleri dahil olmak üzere biyolojik aktivitelere sahip olduğu ve bu nedenle sağlığı geliştirme potansiyeli bulunduğu bildirilmiştir (Račkauskienė vd. 2015). Bazı çalışmalar kırmızı pancar tüketiminin kardiyovasküler sağlığı iyileştirdiğini, günlük sistolik kan basıncını düşürdüğünü ve koşu performansını iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Seremet vd. 2020). Pancar özü ve suyunun antioksidan, antistres, antianksiyete, antihipertansif, antiinflammatuar, antidiyabetik, antikanser, antiobezite ve lipit düşürücü gibi sayısız etkisi rapor edilmiştir (Nirmal vd. 2021).

Pancar taze haliyle yüksek su içeriğine sahip olması nedeniyle raf ömrünü uzatmak için toz hale işlenebilmektedir. Pancar tozu, ısı kararsızlığı nedeniyle kuru karışımlarda ve şekerlemelerde kullanılabilirken (Ng ve Sulaiman 2018) sporcular için hazır içeceklerde önemli bir bileşen, et ürünlerinde nitrit veya renklendirici alternatifi olarak kullanılabilir (Seremet vd. 2020).

Ispanak

Ispanak (*Spinacia oleracea* L.), serin mevsimlerde yetişen tek yıllık bir sebzedir (Ozkan vd. 2007). Vitaminler, mineraller ve fitokimyasallar, özellikle beslenmenin ötesinde sağlığı destekleyen polifenoller ve karotenoidler dahil olmak üzere çeşitli besin bileşimi nedeniyle fonksiyonel bir gıda olarak bilinmektedir (Kamiloglu 2020). Kalorisi düşük ve iyi bir askorbik asit (C vitamini) kaynağı olan ıspanak (Ozkan vd. 2007), kalsiyum, fosfor, potasyum, magnezyum, demir, çinko, bakır ve manganez dahil mineral ve diyet lifi kaynağı olarak adlandırılmaktadır (Waseem 2021). Sinerjik olarak hareket ettiği bildirilen flavonoidler, p-kumarik asit türevleri ve üridin dahil olmak üzere birçok aktif antioksidan bileşen içermekte (Cho vd. 2008) ve diğer yeşil yapraklı sebzelerden daha fazla nitrat biriktirme eğilimi göstermektedir (Mu vd. 2020).

Ispanak potansiyel bir karotenoid, folat ve demir kaynağı olarak kabul edilmekte ve maküler dejenerasyon gibi göz bozuklukları, beslenme anemisi ve nöral tüp kusurlarına karşı iyileştirici etkileri bulunmaktadır. Ispanak yaprakları ayrıca kanama bozukluklarına çare olarak hareket eden yüksek miktarlarda filokinon içermektedir (Waseem 2021).

Ispanak flavonoidleri ve suda çözünür ıspanak ekstraktlarının biyolojik sistemlerde antimitojenik, antioksidatif, antitümör ve antiinflamatuvar özelliklere sahip olduğu bildirilmiştir (Cho vd. 2008). İçerdiği karotenoidler ve klorofillerin, kanser, kardiyovasküler, nörodejeneratif ve oküler hastalık riskinde azalma ile ilişkili lipofilik bileşikler olduğu bilinmektedir (Grace vd. 2022).

Ispanak, çiğ, haşlanmış, konserve, dondurulmuş halde veya unlu mamuller, çorbalar ve diğer formüle edilmiş gıda formlarının içerisinde tüketilmektedir. Taze ıspanağın kolay bozulabilir olması taşımayı, nakliye ve depolamayı zor ve maliyetli hale getirirken (Grace vd. 2022) kurutma ile vitamin içeriği korunup tüketim süresi uzatılabilmektedir (Ozkan vd. 2007).

2.7 Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrit Kullanımına Alternatif Çalışmalar

Son yıllarda, et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımının azaltılması ya da yeni alternatifler bulunmasına yönelik çalışmalar artmıştır. Bu kapsamda; bitkisel nitrit kaynaklarının kullanımının yanı sıra, farklı doğal katkı maddelerinin, kombinasyonlarının (Fernández-López vd. 2007, Perez-Alvarez 2008) ve mikrobiyal kaynakların (da Costa vd. 2019, Slima vd. 2017) kullanımı uzun süredir çalışılmaktadır. Nitrit miktarının azaltılması için ışınlama, yüksek basınç, soğuk plazma teknolojisi, nitrit içeren aktif ambalaj kullanımı, çinko protoporfirin IX bileşiği oluşumu ve enkapsülasyon uygulamaları yeni potansiyel yöntemler olarak dikkat çekmektedir (Alahakoon vd. 2015, Yıldız Turp ve Avcı 2022). Bu yöntemlerin bazıları, et ürününde mikrobiyal güvenirliliğin sağlanmasında, lipid oksidasyonunun yavaşlatılmasında, kalıntı nitrit miktarının azaltılmasında, arzu edilir kür renginin oluşmasında ve ürünün duyu özelliklerinin korunmasında yeterli olurken, bazıları ise yetersiz kalmıştır (Yıldız Turp ve Avcı 2022). Yüksek basınç uygulaması,

bitki bazlı ekstraktlar, mikrobiyal kaynaklar ve organik asitler nitrit alternatifi olarak işlenmiş et ürünlerinde kullanılabilir. Ancak fonksiyonel özellikleri çok olan nitritin yerini alabilecek tek bir uygulama ya da katkı maddesi henüz bulunamamıştır. Et kürlenmede nitrit miktarı azaltıldığında ya da formülasyondan tamamen çıkarıldığında, nitritin sağladığı etkileri gerçekleştirmek üzere engel teknolojilerinin kullanılması önerilmektedir. Örneğin formülasyondaki nitrit miktarı azaltıldığında, yerine yeni bir bileşen eklendiğinde ve diğer teknolojilerle kombine edildiğinde ürün güvenirliliğini ne ölçüde sağladığına yönelik çalışmaların çok iyi ortaya konulması gereklidir (Alahakoon vd. 2015, Yıldız Turp ve Avcı 2022). Aşağıda ağırlıklı olarak nitrit alternatifi olarak bitkisel kaynaklar kullanılarak yapılan çalışmalar derlenmiştir.

Sodyum nitrit eklenmeden kürlen en et ürünlerine olan talebin artması (Sullivan ve Sebranek 2012), doğal ve organik gıda ürünlerine yönelik sağlıklı oldukları algısı (Djeri ve Williams 2014) bu konuda yapılan çalışmalara ağırlık verilmesine yol açmıştır. Doğal kaynaklardan elde edilen katkıların nitrite alternatif olarak kullanımı, yapılan çalışmaların çoğunluğunu oluşturmaktadır (Yıldız Turp ve Sucu 2016). Fermente et ürünlerinin geleneksel bileşimine bitki özleri, lifler ve sebzelerin eklenmesi ile yağ miktarının azaltılması ya da kısmen değiştirilmesinin teknolojik olarak mümkün olduğu belirtilmiştir (Kurćubić vd. 2014). Araştırmalar, geleneksel olarak üretilen gıdalara kıyasla organik tüketmenin sağlığa yararlarını ortaya koymasa da sağlıklı olduğuna yönelik artan algı, tüketiciler tarafından bu ürünleri yaygın olarak satın almanın nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir (Sullivan ve Sebranek 2012).

Nitritin formülasyonda ete doğrudan eklenmesi yerine; genellikle sebze suyu/tozu olarak eklenen doğal nitratin bakteriyel indirgenmesiyle nitrit kaynağı sağlanmaktadır (Sullivan ve Sebranek 2012). Bu şekilde işlenmiş etlere nitrat indirgeyen starter kültür ile birlikte yeterli miktarda nitrat içeren bitkisel ürünler eklendiğinde, kürlenme reaksiyonları için yeterli nitrit üretilebileceği bildirilmiştir (Krause vd. 2011, Sindelar vd. 2007b). Ancak bu işlemde nitrit oluşum hızının nispeten yavaş olduğu ve oluşan nitritin geleneksel kürlenme işlemlerine göre daha az olduğu belirtilmiştir (Sullivan ve Sebranek 2012).

İşlenmiş etlere doğal nitrat kaynaklarının ilavesinde en büyük potansiyele bitkisel ürünlerin sahip olduğu bilinmektedir. Sebzelerin su ve toz haldeki formları nitratı konsantre olarak sağlamada avantaja sahip olup günümüzde ticari olarak temin edilebilmekte, doğal ve organik gıdalarda kullanılabilmektedir. Son araştırmalar, doğal nitrat kaynaklarından elde edilen ürünlerde tipik kürlenmiş et özelliklerinin geliştirilmesi için sürenin kritik bir parametre olduğunu göstermiştir (Sebranek ve Bacus 2007b). Bu nedenle önceden dönüştürülmüş sebze suyu tozları da doğal olarak kürlenmiş ürünlerin üretimi için ticari olarak temin edilebilir hale gelmiştir. Nitrit konsantrasyonlarının 10.000-15.000 mg/kg gibi yüksek olduğu tozların satın alınabileceği bildirilmiştir (Krause vd. 2011).

Sindelar vd. (2007b), sebze suyu tozu ve *Staphylococcus carnosus* içeren starter kültür ile geleneksel kürlenmiş ürünlere benzer kalite ve duyuşal niteliklere sahip nitrat/nitrit içermeyen (kürlenmemiş) et ürünlerinin üretimi için bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu kapsamda %0,20 ve %0,35 oranlarında değişen kereviz tozu ve 0 dk ve 120 dk olmak üzere iki farklı inkübasyon süresinin 90 günlük depolama süresince jambonun kalite özellikleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Nitrit içeren kontrol grubu ile diğer gruplar arasında CIE L^* , a^* , b^* değerleri ve kürlenmiş renk değerlerinde hiçbir fark gözlenmemiş, TBARM değerinin çok az değişiklik gösterdiği belirtilirken kür pigment konsantrasyonları açısından fark gözlemlenmediği belirtilmiştir. Duyusal değerlendirmede yüksek konsantrasyonda kereviz tozu içeren gruplarda (%0,35) istenmeyen sebze aroması ve lezzetinin daha fazla algılandığı, düşük konsantrasyonda kereviz tozu içeren gruplarda (%0,20) tüm duyuşal niteliklerin kontrol grubu ile benzer bulunduğu bildirilmiştir.

Krause vd. (2011), doğal kürlenmiş (nitrat/nitrit ilavesiz) et ürünü üretmek amacıyla sebze suyu tozu (kereviz suyu tozu), tuz konsantrasyonu ve sıcaklığın etkisini hazırladıkları kür çözeltilerinde incelemişlerdir. Farklı sıcaklıklarda (6 °C, 24 °C ve 38 °C) inkübe edilen kür çözeltileri daha sonra ham üretiminde kullanılmıştır. Araştırmacılar, nitrit ilaveli kontrol grubunda kırmızı rengin daha iyi korunurken diğer iki grubun birbirinden farkı bulunmadığını ve sodyum nitrit ile kürlenen kontrol grubunda depolamanın ilk haftasında kalıntı nitrit miktarının daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Terns vd. (2011b), doğal kürleme yapmak amacıyla k rlenmiş et özellikleri oluşturmak için sebze suyu tozu ve nitrat indirgeyen starter kültür kullandıkları çalışmalarında değişen miktarlarda starter kültür ve inkübasyon süresinin sosislerin kalite özellikleri üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sodyum nitrit içeren kontrol grubunun yanında %0,20 sebze tozu içeren %0,01-0,02 oranında starter kültür ilavesi ve 0-90 dakika inkübasyon süresinin uygulandığı 4 farklı grup hazırlanmıştır. 90 dakika inkübasyon süresinin olduğu örneklerde daha yüksek kırmızılık değeri ve k rlenmiş pigment konsantrasyonlarının bulunduğunu, inkübasyon uygulanmasının starter kültür seviyesini arttırmaktan daha kritik olduğunu belirtmişlerdir.

Jackson vd. (2011), jambon ve frankfurterlerde alternatif kürleme ile ilgili yaptıkları çalışmada doğal/organik k rlenmiş ürünlerin geleneksel olarak k rlenmiş ürünlere göre daha fazla patojen gelişme potansiyeline sahip olduğunu, ancak doğal antimikrobiyal bileşenlerin eklenmesiyle mikrobiyal güvenirliğin iyileştirilebildiğini belirtmişlerdir.

Fermente sosiste raf ömrünü uzatmak, güvenilirliği arttırmak ve tüketicilere sağlık açısından fayda sağlamak için nitrit yerine *Kitaibelia vitifolia* bitkisi ekstraktının kullanıldığı çalışmada nitrit içeren kontrol grubu ve nitritin yerine bitki ekstraktının farklı oranlarda (30,0 g/kg ve 12,5 g/kg) ilave edildiği toplamda 3 farklı grup hazırlanmıştır. *K. vitifolia* ekstraktı için en etkili konsantrasyonun 12,5 g/kg olan grup olduğu belirtilmiş, bunun güçlü antioksidan aktivite sağladığı ve *Escherichia coli*'ye karşı orta derecede antimikrobiyal aktivite gösterdiği ortaya konmuştur. Ayrıca bitki ekstraktının ürünün duyuusal özelliklerine olumsuz etki etmediği belirtilmiştir (Kur ubi  vd. 2014).

Djeri ve Williams (2014), hindi Bologna sosis üretiminde kiraz tozu (CH) ve önceden oluşturulmuş nitrit içeren kereviz tozunun (kereviz suyu tozu, CJP) antimikrobiyal ve fizikokimyasal özelliklerini değerlendirmişlerdir. Kontrol grubu, %0,20 CJP, %0,20 CJP+ %0,20 CH ve kontrol grubuna eşdeğer düzeyde CJP içeren olmak üzere 4 farklı grup üzerinde çalışılmıştır. %0,20 CJP kullanım seviyesi geleneksel modern kürleme konsantrasyonlarının yerini almaya yeterli bulunmazken eşdeğer seviyede kullanıldığında sonuçların geleneksel uygulamaya benzer olduğu ancak panelistler

tarafından “sebze ve odunsu” olarak adlandırılan rahatsız edici bir tadın tespit edildiği ortaya çıkmıştır.

Ekici vd. (2015), nitrit ilaveli ve ilavesiz olmak üzere 0,5, 1, 2 g/100 g miktarlarında siyah havuç konsantresi kullanılarak 12 gün fermentasyon ile üretilen sucuğun bazı özelliklerini incelenmişlerdir. Siyah havuç konsantresi ilave edilen örneklerde kontrol örneklerine göre pH değerlerinin düşük olduğu, maya ve küf sayısının azaldığı, mikrobiyolojik kalitenin iyileştiği belirlenirken sucuk formülasyonunda siyah havuç konsantrasyonunun artmasıyla esneklik değerlerinde azalma gözlenmiştir. Siyah havuç konsantresinin sucukta toplam fenolik içeriği ve antiradikal aktiviteyi arttırdığı, bazı dokusal özelliklerde ve aroma profilinde önemli değişikliklere neden olduğu, herhangi bir duyu kusura neden olmadan kalite özelliklerini geliştirmek için sucuk formülasyonuna ilave edilebileceği belirtilmiştir.

Fermente kırmızı pancar ekstraktı ve askorbik asitin et emülsiyonlarında renk gelişimi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada kırmızı pancar ekstraktı içeren et emülsiyonlarının pH değerinin ekstrakt miktarı arttıkça azaldığı belirlenmiştir. Et emülsiyonlarındaki kırmızılık değeri tüm gruplarda nitrit ya da fermente kırmızı pancar ekstraktı ilave edilmemiş gruptan daha yüksek bulunurken fermente kırmızı pancar ekstraktı ilave edilen et emülsiyonlarının kırmızılık değeri hem fermente edilmiş kırmızı pancar ekstraktı hem de askorbik asit ilave edilen gruptan daha düşük bulunmuştur. En yüksek uçucu bazik azot, TBARM değeri ve toplam canlı bakteri sayısının fermente pancar ekstraktı ve askorbik asit içermeyen kontrol grubunda gözlendiği, fermente kırmızı pancar ekstraktı ilave edilen et emülsiyonu gruplarında bu değerlerin hem ekstrakt hem de askorbik asit içeren gruptan daha yüksek bulunduğu belirtilmiştir. Et emülsiyonlarının hiçbirinde *E. coli* ve koliform bakteri tespit edilmediği bildirilmiş, askorbik asit içeren et emülsiyonlarının kalıntı nitrit içeriğinin askorbik asit içermeyen et emülsiyonlarından daha düşük bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, fermente pancar ekstraktı ve askorbik asit kombinasyonunun, et emülsiyonlarında renk stabilitesi için sentetik nitrite uygun bir alternatif olabileceği belirtilmiştir (Choi vd. 2017).

Aynı şekilde fermente ıspanak ekstraktlarının (ön dönüştürülmüş) kürlenmiş etlerde renk gelişimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada kürlenmiş etler; nitrit ilave edilmeyen negatif kontrol, %0,015 sodyum nitrit ilave edilen pozitif kontrol ve %10, %20 ve %30 oranlarında fermente ıspanaktan elde edilen ön dönüştürülmüş nitrit kaynağı içerenler olarak gruplandırılmıştır. Fermente ıspanak ekstraktı veya nitrit ilave edilmeyen çiğ kürlenmiş etlerin pH değerleri fermente ıspanak ekstraktı eklenmiş etlerden daha yüksek bulunmuştur. Çiğ ve pişmiş kürlenmiş etlerin pH değerlerinin fermente ıspanak ekstraktı ilavesiyle azaldığı görülmüştür. Fermente ıspanak ekstraktı içeren çiğ kürlenmiş etlerin aydınlık ve sarılık değerleri her iki kontrol grubundan daha yüksek bulunurken fermente ıspanak ekstraktı oranı arttıkça pişmiş kürlenmiş etlerin kırmızılık değerinin arttığı, sarılık değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. En düşük uçucu bazik nitrojen ve TBARM değeri nitrit ilave edilen pozitif kontrol grubunda bulunmuş, fermente ıspanak ekstraktı ilave edilen kürlenmiş etlerin TBARM değerleri, ilave edilen ekstrakt miktarı arttıkça azalmıştır. Fermente ıspanak ekstraktı veya nitrit içeren gruplarda *E. coli* ve koliform bakterinin tespit edilmediği, fermente ıspanak ekstraktı miktarı arttıkça gruplarda kalıntı nitrit miktarının da arttığı belirtilirken elde edilen sonuçların fermente ıspanağın et ürünlerine kür özelliklerini geliştirmek için ilave edilebileceği ifade edilmiştir (Kim vd. 2017).

Nitrit yerine yüksek nitrat içeriğine sahip pancar tozu kullanılarak üretilen sucuğun 84 gün 4 °C'de vakum ambalajlı olarak depolanması sırasında bazı kalite özellikleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, sucuğa pancar tozu ilave edilmesinin örneklerin kırmızılık değerini (a^*) arttırdığı ve depolama sırasında istenen kırmızı rengin korunduğu belirtilmiştir. Depolama süresinin sonunda kalıntı nitrit içerikleri arasında önemli bir fark olmadığı belirtilirken pancar tozu ilavesinin duyusal değerlendirme puanlarının kontrol grubu ile benzer olduğu ifade edilmiştir (Sucu ve Yıldız Turp 2018). Emülsifiye sığır sosisinde nitrit kaynağı olarak sodyum nitrit ya da ön dönüştürülmüş kereviz suyu tozu, indirgen bileşik olarak sodyum eritorbat veya kiraz tozunun ve sürenin kürlenmiş renk gelişimi üzerindeki etkilerini belirlemek için yapılan bir çalışmada, indirgen bileşiklerin bulunduğu gruplar daha fazla kür pigment miktarı, düşük kalıntı nitrit miktarı, yüksek a^* ve düşük b^* değerlerine sahip olmuşlardır. Sodyum nitrit ilavesi ile üretilen sosilerin ön dönüştürülmüş kereviz suyu tozu ilavesi ile üretilenlerden daha

yüksek kür pigment miktarına, daha yüksek a^* ve daha düşük b^* değerine sahip olduğunu belirtmişlerdir. İnkübasyon süresinin uzunluğu kırmızılık değerlerinde hafif bir artışa yol açmıştır. Kiraz tozu ve ön dönüştürülme ile elde edilen sebze tozu (kereviz) kullanılmasıyla uzun bekleme süresi olmadan tipik kürlenmiş ürün rengi elde edileceğini belirtmişlerdir (Posthuma vd. 2018).

Hwang vd. (2018), doğal kaynaklardan (ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar) elde edilen önceden dönüştürülmüş nitrit kaynaklarının çiğ ve pişmiş domuz sosisinde renk gelişimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Fermente ıspanak özünün ön plana çıktığı çalışmada işlenmiş et ürünlerinde doğal nitrit kaynağı olarak kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Rodríguez-Daza vd. (2019) yaptıkları çalışmada, *Staphylococcus carnosus* ve *S. xylosus* kullanarak doğal kaynaklardan nitrit eldesi sağlamışlardır. Kereviz bazlı bir ortama nitrat redüktaz ilavesi yapılarak nitrat nitrite indirgenmiş, kimyasal sodyum nitrit ile benzer özellikleri sağladığı belirtilmiştir. Oluşturulan fermantasyon ortamında substrat miktarının (glukoz ve maya), O_2 ve pH'nın nitrit oluşumunu önemli ölçüde etkilediği belirtilmiştir.

Babaoğlu (2020), alternatif kürleme ajanı olarak bazı sebze tozlarının üretim ve depolama süresi boyunca sucuğun bazı kalite karakteristikleri üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında; dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozlarını kullanmış, bu sebze tozları ile üretimin mümkün olabileceğini, özellikle pazı ve ıspanak tozlarının daha uygun olabileceğini belirtmiştir. Pazı tozu ile kürlenen sucukların en yüksek protein ve laktik asit içeriğine, en düşük pH değeri ve toplam yağ içeriğine; depolamanın 90. gününde, ıspanak tozu ile kürlenen örneklerin en düşük TBARM değerlerine, dereotu tozu ile kürlenen örneklerin ise en yüksek lipid oksidasyon seviyesine; sebze tozları ile yapılan doğal kürlemenin örneklerin dış yapışkanlık değerlerini azalttığına ve çiğnenebilirlik özelliklerini iyileştirdiğine dikkat çekilmiştir.

Pennisi vd. (2020) ise İtalyan kuru fermente sosis üretiminde alternatif nitrit kaynağı olarak kereviz, ıspanak tozlarını tek başına ya da kırmızı pancar tozu ile birlikte kullanmışlar, 0, 7,

30 ve 60. günlerde mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve duyusal değerlendirme yapmışlardır. 60 gün depolama sonunda, grupların kalıntı nitrit miktarları arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Ürünlerde patojen bakteri (sülfite indirgeyen *Clostridium*, koagülaz pozitif stafilokok, *C. botulinum*, *L. monocytogenes*) saptanmamış, laktik asit bakteri sayısı benzer şekilde değişmiştir. Sadece kereviz tozu içeren örneklerin duyusal puanları, kimyasal nitrit içerenlerle benzer olurken, ıspanak ve kırmızı pancar içeren örneklerde düşük renk değerleri belirlenmiştir.

Işıksal (2021), fermente ve ısıtılmış sucuklarda kereviz ve siyah havuç suyu konsantrelerinin nitrite doğal alternatif olarak kullanılabilme olanaklarını araştırdığı çalışmada farklı nitrat/nitrit kaynaklarının fermente sucuklarda üretim aşamasında L^* değerini, ısıtılmış sucuklarda a^* ve b^* değerlerini, hem üretim hem de depolama aşamalarında ise kalıntı nitrit miktarını etkilediğini belirtmiştir. Fermente sucuk örneklerinde üretim sonunda benzer düzeyde kür ve toplam pigment miktarı, ısıtılmış sucuklarda ise daha düşük düzeyde kür pigmenti oluşumu gözlemlendiği, biyogen amin miktarının tüm örneklerde üretim ve depolama sırasında arttığı belirtilirken bitkisel nitrat/nitrit kaynağı kullanımının TMAB, LAB ve koagülaz negatif mikrobik-stafilokok sayılarını olumsuz etkilemediği ancak *Enterobacteriaceae* sayısını düşürmede yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Bitkisel nitrat/nitrit kaynağı içeren sucukların, nitrit içeren sucuklarla benzer değerlendirme puanları aldığı çalışmada sucuklarda kereviz ve siyah havuç suyu konsantrelerinin birçok özellik bakımından kimyasal nitrit yerine kullanılabileceğini gösterdiği rapor edilmiştir.

Ozaki vd. (2021), nitrit ikamesi olarak fermente kuru sosiste yüksek nitrat içeriğine sahip turp ve pancar tozlarının kullanımını araştırmışlardır. Farklı oranlarda ilave edilen bitki tozlarının olgunlaşma ve depolama süresince etkilerinin değerlendirildiği çalışmada, bitki tozu ilavesinin sosislerin nem içeriğini ve su aktivitesini azalttığı, ağırlık kaybını arttırdığını bildirmiş, pancar tozunun rengi ve laktik asit bakterilerini etkilediğini belirtmişlerdir. Turp tozu ilave edilen (%1 oranında) grubun pH, renk, lipid oksidasyonu, nitrit ve nitrat analizinin sonuçlarına dayanarak nitrit ikamesi olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Sucuk üretiminde et materyali olarak 1,5 yaşında iki Simental ırkı erkek sığırdan kesim sonrası 30 saat dinlendirildikten sonra elde edilen kaburga (%70) ve gerdan eti (%30); yağ materyali olarak ise kuyruk yağı kullanılmıştır. Baharatlar Ankara piyasasından temin edilmiş, karabiber, acı ve tatlı kırmızıbiber ve kimyon kullanılmıştır. Ayrıca sakkaroz, sarımsak, kimyasal kütleme maddesi sodyum nitrit ve kütleme yardımcısı olarak sodyum eritorbat kullanılmıştır.

Bitkisel nitrit kaynağı olarak aynı hasat yılı içerisinde 3 farklı zamanda temin edilen kırmızı pancar (*Beta vulgaris* L.) ve ıspanaktan (*Spinacia oleracea*) elde edilen sebze tozlarının ön dönüştürülmesiyle elde edilen toz ekstraktlar ve hazır olarak temin edilen ön dönüştürülmüş kereviz tozu (Veg-Cure 504, ABD) kullanılmıştır.

Starter kültür olarak, bitkisel nitrat kaynaklarından ön dönüştürme ile nitrit eldesi aşamasında *Staphylococcus carnosus* (SB-61 Bactoferm™, Chr. Hansen Inc., Almanya); sucuk üretiminde ise *Pediococcus pentosaceus* + *Staphylococcus carnosus* (BFL T03, Chr. Hansen Inc., Almanya) kullanılmıştır. Sucuk dolumu 36 mm çapında düz kolajen kılıflara yapılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1 Ön dönüştürme ile bitkisel nitrit kaynağı eldesi

Bitkisel nitrit kaynağı olarak kullanılacak kırmızı pancar ve ıspanak satın alındıktan sonra bekletilmeksizin yıkanmış, sap ve kabuklarından arındırılmıştır. Pancar 1 cm³ boyutlarında küpler halinde, ıspanak ise 1 cm kalınlığında doğranmış ve liyofilize edilmek üzere -75 °C’de dondurulmuştur. Liyofilizasyon -85 °C’de ve 120 mbar vakum altında yapılmış (Labconco 74200, ABD) ve liyofilize örnekler baharat öğütücüsünde (Krups

KRP GVX242, Almanya) toz haline getirilmiştir (EK 5). Toz örnekler kullanılıncaya kadar kahverengi şişede 4 °C’de depolanmıştır.

Choi vd. (2017)’nin önerdiği yöntemle göre ön dönüştürme işlemi yapılmıştır. Liyofilize sebze tozlarından 10 g tartılmış, 100 ml deiyonize su ilave edilerek 30 dakika karıştırılmıştır. Karışıma %0,025 düzeyinde nitrat redüktaz aktivitesine sahip *Staphylococcus carnosus* ilave edilerek çalkalamalı inkübatörde (ZHWY 200B, Zhicheng, Çin) 30 °C’de 24 saat inkübe edilmiş ve süre sonunda 6 kat tülbentten geçirilmiştir. Sucuğa ilave edildiğinde mikrobiyal kontaminasyonu önlemek ve *S. carnosus* inhibisyonunu sağlamak için içerik 90 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş ve hızla soğutularak liyofilize edilmek üzere -75 °C’de dondurulmuştur. Liyofilizasyon işlemi -85 °C’de ve 120 mBar vakum altında gerçekleştirilmiş, liyofilize ekstraktlar baharat öğütücünde toz hale getirilerek sucuk üretiminde kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (EK 5).

Sucuk hamuruna ilave edilerek nitrit kaynağı olarak kullanılan bitkisel kaynaklarda pH, renk, kalıntı nitrit, nitrat, toplam canlı hücre ve stafilokok sayısı analizleri yapılmıştır.

3.2.2 Bitkisel nitrit kaynaklarında yapılan analizler

3.2.2.1 pH analizi

Ön dönüştürülmüş toz ekstraktlarda pH analizi için 10 g toz ekstrakt 100 ml destile su ile karıştırılmış ve pH 4, 7 ve 9 tampon çözeltileri ile kalibre edilen pH metre (Seven Compact pH-meter S220, Mettler Toledo AG, İsviçre) ile ölçüm yapılmıştır.

3.2.2.2 Renk analizi

Renk ölçümü, reflektans spektrofotometresi (Minolta CM-3600d, Osaka, Japonya) ile CIE sistemi kullanılarak, L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) değerleri

belirlenmiştir. Cihaz her kullanımdan önce beyaz seramik plakaya karşı standardize edilmiştir. Renk ölçümü için örnekler 1:10 oranında deiyonize su ile karıştırılmış ve 5 ölçüm ortalaması ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

3.2.2.3 Nitrat analizi

Sebze tozlarının nitrat içerikleri Cataldo vd. (1975)'nin anlattığı yönteme göre yapılmıştır. Bunun için, 100 mg sebze tozu 10 ml deiyonize su ile karıştırılmıştır. İçerik 45 °C'de 1 saat inkübe edildikten sonra 5000 x g'de 15 dakika santrifüjlenmiştir (Sigma 3K15 model, Almanya). Üstteki kısımdan 0,2 ml 50 ml'lik erlenmayere aktarılmış ve üzerine, 0,8 ml konsantre sülfirik asit içerisinde hazırlanmış %5'lik salisilik asit ilave edilmiş ve karıştırılmıştır. Oda sıcaklığında 20 dakika bekletildikten sonra karışıma 19 ml 2 N sodyum hidroksit yavaş bir şekilde eklenerek pH'nın 12'nin üzerine çıkması sağlanmıştır. Örnekler oda sıcaklığına soğutulduktan sonra absorbansı 410 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) şahide karşı okunmuş, örneklerin nitrat içeriği mg nitrat/kg örnek olarak standart eğri (EK 1) kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.2.4 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. 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 kağıdından 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 (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) şahide karşı

okunmuştur. Nitrit içeriği standart eğri kullanılarak (EK 2) mg nitrit/kg örnek olarak hesaplanmıştır.

3.2.2.5 Toplam canlı hücre ve stafilocok sayısı analizi

Mikrobiyolojik analiz için ön dönüştürülmüş ve pastörize edilmiş sıvı ekstrakttan 1 ml alınmış, steril peptonlu su (Maximum Recovery Diluent, MRD, Merck 1.12535, Almanya) kullanılarak uygun dilüsyonlar hazırlanmıştır. Toplam canlı hücre sayımı için Triptik Soy Agar (TSA) (M105458, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri, stafilocok sayımı için Egg Yolk Tellurit (M103785, Merck, Darmstadt, Almanya) ile zenginleştirilmiş Baird Parker Agar (BPA) (M105406, Merck, Darmstadt, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Ekimler katı besiyerlerine sürme yöntemiyle yapılmıştır. TSA plakları 35 °C'de 24 saat, BPA plaklar 35 °C'de 48 saat inkübe edilmiştir (Krause vd. 2011).

3.2.3 Sucuk üretimi

Sucuk üretimi Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Et İşletmesi pilot tesisinde, çizelge 3.1'de verilen formülasyona göre yapılmıştır. Sucuk formülasyonu %91,91 yağlı et (%20 yağlı), %1,8 tuz, %1,8 sarımsak, %1,8 tatlı kırmızıbiber, %0,7 acı kırmızıbiber, %0,9 kimyon, %0,5 karabiber, %0,5 sakkaroz, %0,05 sodyum eritorbat ve %0,025 starter kültür (*P. pentosaceus* + *S. carnosus*) içermiştir.

Hayvansal yağ olarak taze koyun kuyruk yağı temin edilmiş, et ile yağ ayrı şekilde 3 mm aynadan kıyma çekilmiştir. Ete %20 yağ içerecek şekilde yaklaşık %10 kuyruk yağı donuk halde (-5 °C) ilave edilmiştir. Hazırlanan et/yağ karışımı -18 °C'de dondurulmuş ve 1 hafta içerisinde, 4 °C'de 16 saat çözündürüldükten sonra kullanılmıştır.

Çizelge 3.1 Farklı nitrit kaynakları içeren sucuk formülasyonları (%)

İngredyen	Örnek Grupları				
	K	M1	M2	M3	M4
Et/yağ (%20 yağlı)	91,91	91,91	91,91	91,91	91,91
Tuz	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Sarımsak	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Tatlı kırmızıbiber	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Acı kırmızıbiber	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Kimyon	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Karabiber	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Sakkaroz	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Starter kültür	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
Sodyum eritorbat	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sodyum nitrit		0,015			
Kereviz tozu			0,4		
Ispanak tozu				1,2	
Pancar tozu					3,0

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg sodyum nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli sucuk grupları.

Sucuk üretiminde 5 grup oluşturulmuştur: i) nitrit kaynağı içermeyen negatif kontrol, ii) 150 mg/kg'a eşdeğer kimyasal nitrit (NaNO_2) içeren pozitif kontrol (M1), iii) %0,4 ön dönüştürülmüş kereviz ekstraktı (M2), %1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak ekstraktı (M3) ve %3 ön dönüştürülmüş pancar ekstraktı (M4) içeren grup. 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 ekstraktı, %1,2 ön dönüştürülmüş ıspanak ve %3,0 ön dönüştürülmüş pancar ekstraktı 50 ml destile suda çözündürülerek ilave edilmiştir.

Her bir grup üretimi için çizelge 3.1'de verilen oranlarda, et ve yağ karışımı (-1 °C'de) diğer bileşenlerle karıştırılmış ve 5 dakika yoğurulmuştur. 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 0,8-1,0 m/s hava hızında 1 gün, 20-22 °C'de, %85-90 BN ve 0,8-1,0 m/s hava hızında 3 gün, 18-20 °C'de, %75-85 BN ve 0,5 m/s hava

hızında 5 gün fermantasyona ve kurumaya bırakılarak 9 günde üretilmiştir (EK 5). 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 toplam 20 kg sucuk üretilmiştir.

Sucuk üretimi sonrası mikrobiyolojik, fizikokimyasal ve kimyasal analizler yürütülmüştür. Sucuk örneklerinde üretimin 0., 3., 6. ve 9. günlerinde ve depolamanın 1., 2. ve 3. aylarında örnek alınarak pH, CIE L^* , a^* ve b^* renk değerleri, su aktivitesi (a_w), toplam pigment ve kür pigmenti, kalıntı nitrit, tiyobarbitürik asit reaktif maddesi (TBARM) ve toplam mezofil aerob bakteri (TMAB), laktik asit bakterileri (LAB), koagülaz negatif kok (KNK), *Enterobacteriaceae*, maya-küf, *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes* ve *Staphylococcus aureus* analizleri yapılmıştır. Ayrıca sucuk örneklerinde üretimin başında, üretim (9. gün) ve depolama (3. ay) sonunda nem, protein, yağ ve kül analizleri ile üretimin sonu ve depolamanın 1., 2. ve 3. aylarında duyuusal analizler gerçekleştirilmiştir.

Analizler her bir tekerrürde 3 paralel olarak yürütülmüştür.

3.2.4 Sucukta yapılan analizler

3.2.4.1 Nem, protein, yağ ve kül analizleri

Nem, protein, yağ ve kül analizleri AOAC (2010)’a göre yapılmıştır. Önceden 105 ± 1 °C’de sabit ağırlığa getirilen ve darası alınan kuru madde kaplarına yaklaşık 5 g örnek 0,0001 g hassasiyette tartılmış, aynı sıcaklıktaki etüvde (Memmert, Almanya) yaklaşık 18 saat süreyle sabit ağırlık elde edilinceye kadar kurutulmuştur. Desikatöre alınarak oda sıcaklığına soğutulup hassas olarak tartılan örneklerde, ağırlık kaybının % olarak hesaplanmasıyla nem miktarı bulunmuştur.

Sucuk örneklerinin protein miktarı için makro Kjeldahl yöntemi ile azot içerikleri belirlenmiş, 6,25 faktörü ile çarpılmasıyla sonuçlar % protein olarak hesaplanmıştır.

Sucuklarda yağ miktarı, kurutulma ile suyu uçurulan örneklerde gerçekleştirilmiştir. Yağ çözücü olarak petrol eterinin kullanıldığı Soxhlet yöntemi ile % yağ miktarı belirlenmiştir.

Kül analizi için önceden 105 °C’de sabit ağırlığa getirilen, desikatörde soğutulan ve darası alınan kül krozesine yaklaşık 2-3 g örnek 0,0001 hassasiyette tartılmış, 105±1 °C’deki etüvde örneklerin suyunu uçurmak üzere yaklaşık 8-10 saat kurutulmuştur. Kül fırınına alınan krozelerin sıcaklığı kademeli olarak yükseltilerek örnek yakılmış ve en son 550 °C’de içerik gri-beyaz renk alana kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Daha sonra krozeler desikatöre alınarak soğutulmuş, meydana gelen ağırlık kaybından kül miktarı % olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.2 pH tayini

10 g örnek tartılmış üzerine 100 ml destile su ilave edilerek homojen hale getirilmiş ve manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Örneğin pH değeri uygun tampon çözeltilerle (pH 4, 7 ve 9) kalibre edilen pH metre (Seven Compact pH-meter S220, Mettler Toledo AG, İsviçre) ile okunup kaydedilmiştir (Gökalp vd. 1993).

3.2.4.3 Su aktivitesi (a_w) tayini

Sucuklarda su aktivitesi değeri, su aktivitesi cihazı (AQUA Lab 4TE water activity meter, Pullmann, WA, ABD) kullanılarak 25 °C’de okunmuştur. 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 okumanın ortalaması alınarak a_w değeri belirlenmiştir.

3.2.4.4 Renk analizi

Sucuk örneklerinin yüzey renk değerleri, renk ölçüm cihazı (CR300 Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık), b^* (sarılık) olarak ölçülmüştür. Ölçümler sucukların kesit yüzeyinin dört ayrı noktasında yapılmış, ortalamanın alınmasıyla hesaplanmıştır (Soyer vd. 2005).

3.2.4.5 Kalıntı Nitrit analizi

Sucuk örneklerinde kalıntı nitrit analizi TSE (Anonim 1978)'nin yöntemine göre yapılmıştır. Sucuk örneğinden 10 g tartılmış, dikkatli bir şekilde 250 ml'lik ölçülü balona aktarılmış, üzerine 5 ml doymuş boraks çözeltisi ve 100 ml sıcak su ilavesi ile kaynar su banyosu üzerinde 15 dakika belirli aralıklarla çalkalanarak ısıtılmıştır. Soğutulan örnek üzerine 2 ml potasyum ferrosiyanür trihidrat çözeltisi (litrede 106 gram potasyum ferrosiyanür trihidrat içeren) ve 2 ml çinko asetat dihidrat çözeltisi (litrede 220 g çinko asetat dihidrat ve 30 ml glasiel asetik asit içeren) ilave edilerek karıştırılmış su ile çizgisine tamamlanarak 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ölçülü balonun üst kısmında kalan sıvı fazı dikkatle kıvrımlı kaba filtre kağıdından filtre edilerek berrak bir çözelti elde edilmiştir. 100 ml'lik ölçülü balona 10 ml filtrat alınmış, üzerine 10 ml sülfanilamid çözeltisi (litrede 2 g sülfanilamid ve 100 ml hidroklorik asit içeren) ve 6 ml HCl çözeltisi (litrede 445 ml derişik HCl içeren) ilave edilmiş ve karışım karanlık bir yerde 5 dakika kendi halinde bekletilmiştir. Ölçülü balona en son olarak 2 ml %0,1'lik N-1-naftiletilendiamin dihidroklorür çözeltisi ilave edilmiş ve 3-10 dakika karanlıkta bekletildikten sonra deiyonize su ile çizgisine tamamlanmış ve oluşan rengin yoğunluğu 538 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) ölçülmüştür. Nitrit içeriği standart eğriden (EK 1) hesaplanmış ve mg nitrit/kg örnek olarak hesaplanmıştır.

3.2.4.6 Kür ve toplam pigment miktarı

Nitrozil hemokrom (kür pigmenti) ve toplam pigment analizi Hornsey (1956)'ın yöntemi modifiye edilerek yapılmıştır (Hornsey 1956, Posthuma vd. 2018). Kür pigmenti miktarını belirlemek amacıyla 5 g sucuk örneği, 20 ml aseton ve 1,5 ml çift destile deiyonize su ile karıştırılmış ve politron homojenizatörde (PT10-35 GT polytron, Kinematica, İsviçre) 7000 rpm'de 15 saniye homojenize edilmiştir. Homojenize örnek bekletilmeden Whatman No. 2 filtre kağıdından filtre edilmiş ve absorbansı spektrofotometrede (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) 540 nm'de şahide karşı ölçülmüştür. Kür pigmenti miktarını hesaplamak için "A540 x 290" eşitliği kullanılmıştır. Toplam pigment miktarı için, 5 g sucuk örneği 20 ml aseton, 1 ml çift destile deiyonize su ve 0,5 ml konsantre HCL çözeltisi ile politron homojenizatörde (PT10-35 GT polytron, Kinematica, İsviçre) 7000 rpm'de 1 dakika homojenize edilmiştir. Örneklerin ağzı sıkıca kapatılmış ve 1 saat pigment ekstraksiyonu için karanlıkta bekletilmiştir. Süre sonunda çözelti Whatman No. 2 filtre kağıdından filtre edilmiş ve bekletilmeksizin absorbansı 640 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) şahide karşı ölçülmüştür. Toplam pigment miktarı "A640 x 680" eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.4.7 Tiobarbitürik asit reaktif maddesi (TBARM) değeri

TBARM değerini belirlemek amacıyla sucuk örneğinden 2 g tartılmış üzerine 1 ml %2'lik BHT çözeltisi ve 16 ml %5'lik TCA çözeltisi ilave edilerek 20 saniye homojenize (PT10-35 GT polytron, Kinematica, İsviçre) edilmiştir. Örnek Whatman No. 40 filtre kağıdından filtre edildikten sonra cam tüpe 2 ml filtrat ve 2 ml 20 mM TBA çözeltisi eklenmiştir. Kapak kapatılan tüpler 70 °C'de 30 dakika inkübe edilmiştir. Süre sonunda tüpler soğutulmuş ve 532 nm dalga boyunda şahit çözeltiye karşı spektrofotometrede (Thermo Spectronic Helios Alpha, İngiltere) ölçülmüştür. TBARM değeri için 1,1,3,3-tetra-etoksi propan (TEP) standardının kullanılması ile standart eğri (EK 2) çizilmiş ve sonuçlar mg malondialdehit (MDA)/kg örnek şeklinde hesaplanmıştır (Alasnier vd. 2000).

3.2.4.8 Mikrobiyolojik analizler

Mikrobiyolojik analizler, AOAC (1998), Djeri (2010) ve Halkman ve Sağdaş (2011)'da belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Kılıf mateyali steril bıçak ve pens kullanılarak uzaklaştırılmış 25 g sucuk aseptik koşullarda steril torbaya aktarılmış, üzerine 225 ml steril peptonlu su (Maximum Recovery Diluent, MRD, Merck 1.12535, Almanya) ilave edilmiş ve stomacherde (Stomacher 400 Circulatory, Seward, İngiltere) 230 rpm'de 2 dakika homojenize edilmiştir. Homojenattan steril peptonlu tuzlu su çözeltisi kullanılarak ardışık seyreltiler hazırlanmış, uygun seyreltilerden alınan miktarlar 90 mm çapında plaklara yayma ya da dökme yoluyla ilave edilerek, mikroorganizmaya göre uygun sıcaklık koşullarında inkübe edilmiştir. Dökme yönteminde plaklara 1 ml, yayma yönteminde ise 0,1 ml örnek dilüsyonları eklenmiştir. Plaklarda adet/g olarak sayılan sonuçlar log kob/g olarak hesaplanmıştır.

Toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayısı için, Plate Count Agar (PCA, Merck 1.05463, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlarda ekim yapılan plaklara yaklaşık 12-14 ml besiyeri 45-50 °C sıcaklıkta dökülmüş, katılaştıktan sonra 28 °C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiş ve süre sonunda oluşan tüm koloniler sayılmıştır.

Laktik asit bakteri (LAB) sayımı için, De Man, Rogosa and Sharpe (MRS, Merck 1.10660, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Ekim yapılan plaklara steril besiyeri anaerobik ortam oluşturmak üzere 45-50 °C sıcaklıkta çift kat dökülmüş, katılaştıktan sonra 28 °C'de 48 saat süreyle inkübe edilmiştir. Süre sonunda plaklarda oluşan krem renginde yuvarlak ya da mekik şeklinde tüm koloniler sayılmıştır.

Koagülaz negatif kok (KNK) ve *Staphylococcus aureus* sayımı için egg yolk tellurit (Merck 1.03785, Almanya) ile zenginleştirilmiş Baird Parker agar (BPA, Merck 1.05406, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Hazırlanan steril besiyeri 45-50 °C sıcaklıkta plaklara yaklaşık 14-16 ml dökülmüş ve katılaştıktan sonra, yayma yöntemi ile ekim yapılarak, 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Plak üzerinde gelişen yuvarlak, pürüzsüz ve çevresinde berrak bir zon bulunan 1,5-2,5 mm çapında siyah-gri parlak koloniler

koagülaz pozitif *S. aureus*, zonsuz koloniler koagülaz negatif kok olarak sayılmıştır. Katalaz testi ile doğrulama yapılmıştır (ICMSF 1982).

Maya ve küf sayımı için, Rose Bengal Chloramphenicol (RBC, Merck 1.00467, Almanya) agar besiyeri kullanılmıştır. Sterilize besiyeri yaklaşık 45-50 °C sıcaklıkta plaklara dökülmüş ve katılaşması beklenmiştir. Plaklara uygun dilüsyonlardan yayma yöntemi ile ekim yapılarak 25 °C’de 5 gün süre ile inkübe edilmiştir. Süre sonunda tipik maya ve küf kolonileri sayılmıştır.

Enterobacteriaceae sayımı için Violet Red Bile Dextrose agar (VRBDA, Merck 1.10275, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Uygun dilüsyonlarda ekim yapılan plaklara steril besiyeri 45-50 °C sıcaklıkta dökülmüş ve katılaştıktan sonra, 37 °C’de 24 saat inkübe edilmiştir. Plakta gelişen 1-2 mm çapında kırmızı-mor koloniler sayılmıştır.

Salmonella spp. için, Xylose Lysine Deoxycholate agar (XLD, Merck 1.05287, Almanya) selektif katı besiyeri kullanılmıştır. Uygun miktarda tartılan katı besiyeri destile su ile karıştırılarak topaklanma gidene ve eriyene kadar kaynar suda bekletildikten sonra, hızla 45-50 °C’lere soğutularak yaklaşık 12-14 ml plaklara dökülmüş ve katılaşması beklenmiştir. Uygun dilüsyonlardan yayma yöntemi ile ekim yapılmış besiyerleri, 37 °C’de 24 saat inkübe edilmiş ve oluşan tipik koloniler sayılmıştır. Besiyeri ile aynı renkte, yarı saydam, bazen siyah merkezli olanlar *Salmonella* kolonileri olarak değerlendirilmiştir (Halkman ve Sağdaş 2011).

Listeria monocytogenes varlığı için, Oxford *Listeria* Selective katkı (Merck, 1.07006, Almanya) ilave edilmiş Oxford *Listeria* Selective agar (Merck 1.07004, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Gerekli hacimde besiyeri otoklavlandıktan ve 45-50 °C’ye soğutulduktan sonra selektif katkı ilave edilmiş ve steril plaklara 12-14 ml dökülmüştür. Uygun dilüsyonlardan yayma yöntemi ile ekim yapılmış plaklar, 35 °C’de 48 saat inkübe edilmiştir. Besiyerinde 2-3 mm çapında siyahımsı yeşil kahverenkli, siyah zonlu ve çökük merkezli koloniler *L. monocytogenes* olarak değerlendirilmiştir (Halkman ve Sağdaş 2011).

Clostridium perfringens varlığı için, Tryptose Sulfite Cycloserine (TSC, Merck 1.00888, Almanya) agar katkısı ilave edilmiş TSC agar (Merck 1.11972, Almanya) selektif besiyeri kullanılmıştır. TSC agar uygun miktarda tartılıp destile su içerisinde eritildikten sonra otoklavlanmış ve 45-50 °C'ye soğutulurak, 3 ml steril destile su eklenmiş 1 vial agar katkısı ilavesi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan besiyeri, steril plaklara 12-14 ml dökülmüş ve katılaştıktan sonra uygun dilüsyonlardan yayma yöntemi ile ekim yapılmıştır. Plaklar, anaerobik kavanoz içerisinde 37 °C'de anaerobik ortamda (Anaerocult^R AMerck 1.32381) 24 saat inkübe edilmiştir. Süre sonunda plaklar, karanlık ortamda 366 nm dalga boyunda UV el lambası ile incelenmiş ve floresan ışınım veren koloni *C. perfringens* olarak değerlendirilmiştir (Halkman ve Sağdaş 2011).

3.2.4.9 Duyusal analiz

Sucuk örnekleri üretimin sonunda ve 3 aylık depolama sırasında aylık periyotlarda çiğ ve pişmiş olarak 14 kişiden oluşan panelist grubu tarafından değerlendirilmiştir. Çiğ ve pişmiş sucuk örnekleri koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni yönlerinden EK 3'te verilen form kullanılarak değerlendirilmiştir. Duyusal özellikler, 10 puanlık hedonik ölçek kullanılarak, en iyi algılanan özellik 10 puan, en kötü algılanan özellik 1 puan olarak değerlendirilmiştir (Demirok Soncu vd. 2018). Sucuk kangalı kılıf uzaklaştırıldıktan sonra 3 mm kalınlıkta dilimlenmiştir. Çiğ sucuk değerlendirmesi için bir dilim sucuk ağzı kapalı plastik kaplarda panelistlere sunulmuştur. Pişmiş sucuklar ise 1,5 dakika bir taraf, 1 dakika diğer taraf olmak üzere ızgarada (SM606 Model, Kenwood, Japonya) kızartılarak kapaklı kaplara alınmış ve sıcak olarak panelistlere sunulmuştur. Değerlendirme, önceden havalandırılmış duyusal analiz laboratuvarında beyaz floresan ışık altında yapılmıştır. Panelistlerden, bir önceki örneğin koku hissini gidermek için su ve kahve koklamaları, örnekler arasındaki tat etkisini gidermek için ise su ve tuzsuz galeta tüketmeleri istenmiştir.

3.2.4.10 İstatistik analiz

Sucuk örneklerinde sonuçlar SPSS (sürüm 22, SPSS Inc., Chicago, IL., ABD) istatistik yazılımı kullanılarak varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiştir. Üretim ve depolama

boyunca elde edilen değerler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. İki tekerrür sucuk üretiminde nitrit içeriğine göre 5 farklı uygulama (K, M1, M2, M3 ve M4) ve üretim ile depolamanın 4 farklı düzeyi (0, 3, 6 ve 9. günler ve 0, 1, 2 ve 3. aylar), sabit faktör olarak kullanılmıştır. Farklılığın önemli çıktığı durumlar için Duncan çoklu karşılaştırma testine başvurulmuştur. Bitkisel ekstraktlarda analizler 5 tekrarın ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. İki farklı zamanda 2 kez yapılan sucuk üretiminde analizler her tekerrürde 3 kez tekrarlanmış, istatistik analiz 2 tekerrür ortalaması dikkate alınarak yapılmıştır. Sonuçlar iki tekerrür ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir. Sucuklarda yapılan varyans analizine ait sonuçlar EK 4'te gösterilmiştir.



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Ön Dönüştürülmüş Bitkisel Nitrit Kaynaklarında Fizikokimyasal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Yüksek nitrat içeriklerinden dolayı kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar sucuk üretiminde sentetik nitrit alternatifi olarak kullanılmak üzere doğal nitrit kaynağı olarak seçilmiştir. Ürüne katılacak bitkisel kaynakların güvenilir düzeyde nitrit içermesi amacıyla, bitkisel kaynaklar liyofilize edilerek nitrat içeriği yüksek hale getirilmiştir. Bitkisel nitrit kaynakları olarak; ön dönüştürülmüş ticari olarak satılan kereviz tozu, ön dönüşümü laboratuvar ortamında yapılan ıspanak ve pancar tozları kullanılmıştır. Ispanak ve kırmızı pancar tozları nitrat redüktaz aktivitesi gösteren *S. carnosus* starter kültürü ile inkübasyona maruz bırakılarak nitrit dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Ön dönüştürülmüş ıspanak ve kırmızı pancar liyofilize edilerek nitrit içeriği yüksek, kullanıma hazır sebze tozları elde edilmiştir. Sebze tozlarında pH, renk (L^* , a^* ve b^*), nitrat ve nitrit analizleri ile toplam canlı hücre ve stafilocok sayıları belirlenmiştir. Kereviz, ıspanak ve pancar tozlarının pH, renk, nitrat ve nitrit analiz sonuçları çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar tozlarının pH, nitrat, nitrit miktarları ile L^* , a^* ve b^* değerleri

	Kereviz	Ispanak	Kırmızı pancar
pH	4,11±0,10	4,83±0,22	5,15±0,08
Nitrat (mg/kg)	4.800±249	11.207±332	13.500±886
Nitrit (mg/kg)	11.850±119	4.050±441	1.625±422
L^*	17,81±0,15	52,95±0,18	13,46±0,28
a^*	5,06±0,02	-0,36±0,12	8,65±0,14
b^*	22,85±0,29	7,01±0,56	14,49±0,47

Sonuçlar 5 tekrar ortalaması $\pm$ standart sapma olarak verilmiştir.

Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar ekstraktlarının pH değerleri sırasıyla 4,11, 4,83 ve 5,15 bulunmuştur (Çizelge 4.1). Ön dönüştürme öncesi pH değerleri ıspanak ve kırmızı pancarda sırasıyla 5,88 ve 6,38 olarak ölçülmüştür. Nitrat redüktaz aktivitesine sahip *S. carnosus* ile 24 saat fermentasyon sonucu pH değerleri düşmüştür. Bu düşüş, başlangıç pH değerleri farklılık gösteren sebze ekstraktlarında

farklı düzeylerde olmuştur. Nitekim ıspanak ekstraktında fermentasyondan sonra ortalama 1,05, kırmızı pancar ekstraktında 1,23 birimlik düşüş gözlenmiştir. Buna göre, fermentasyon işlemi sebze tozlarının pH değerlerinin düşmesine neden olmaktadır. Nitrat indirgeyen starter kültür kullanılarak nitrit dönüşümü sağlanmasını etkileyen birçok faktör bulunmaktadır; bitkisel kaynağın başlangıç pH değeri, karbonhidrat kaynağı, kullanılan starter kültür ve ortamda indirgen maddelerin varlığı bunlardan birkaçını oluşturmaktadır (Rodríguez-Daza vd. 2019). Diğer yandan aerobik ve anaerobik ortamların da nitrattan nitrit dönüşümünü etkilediği belirtilmiştir (Götterup vd. 2007). Çalışmamızda oluşturulan fermentasyon ortamında sebzelerin içerdiği karbonhidratlar ile oksijenli fermentasyon yapılmıştır. Kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar içerisinde karbonhidrat içeriği en yüksek sebze kırmızı pancardır ve fermentasyon sonunda en yüksek pH değeri bu sebzede belirlenmesine karşın pH düşüşü en çok bu grupta gözlenmiştir. Benzer ön dönüştürme yapılan çalışmalarda da, ön dönüştürme sonrası pH değerleri, kırmızı pancarda 4,65 (Choi vd. 2017, Hwang vd. 2018) ve 4,56 (Hwang vd. 2017); ıspanakta 5,21 (Hwang vd. 2018) ve 5,24 (Kim vd. 2017); kerevizde ise 4,31 (Hwang vd. 2018) ile başlangıç pH değerlerinden daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar ile çalışmamızda elde edilen sonuçlar arasındaki farklılığın kullanılan sebze kaynaklarının bileşimlerindeki farklılıklardan ya da kullanılan starter kültürden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ön dönüştürülmüş sebze konsantrelerinde belirlenen L^* , a^* ve b^* değerleri çizelge 4.1’de görülmektedir. Kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar ekstraktlarında L^* değerleri sırasıyla 17,81, 52,95 ve 13,46, a^* değerleri sırasıyla 5,06, -0,36 ve 8,65, b^* değerleri ise sırasıyla 22,85, 7,01 ve 14,49 olarak belirlenmiştir. En yüksek L^* değeri ıspanak ekstraktında, en yüksek b^* değeri kereviz ekstraktında ve en yüksek a^* değeri kırmızı pancar ekstraktında saptanmıştır. Ön dönüştürme sonrası liyofilize edilen ekstraktların a^* değerlerinde bir miktar azalma (solma) gözlenmiştir. Hwang vd. (2018), yaptıkları çalışmada L^* , a^* ve b^* değerlerini sırasıyla kerevizde 15,21, 4,19 ve 19,66; ıspanakta 53,10, 0,21 ve 6,96; kırmızı pancarda 10,13, 8,24 ve 13,52 olarak bulmuşlardır.

Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve kırmızı pancarın nitrat içerikleri sırasıyla 11.850 mg/kg, 4.050 mg/kg ve 1.625 mg/kg olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Ön dönüştürme

öncesi liyofilize ıspanak ve kırmızı pancar tozlarının nitrat içerikleri sırasıyla 19.111 mg/kg ve 21.346 mg/kg olarak belirlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir). Birçok sebzenin 1.500-2.500 mg/kg arasında değişen oranlarda yüksek nitrat içerikleri ile iyi birer nitrat kaynağı oldukları bilinmektedir (Anonymous 1981). Başlangıç nitrat içerikleri ile ön dönüştürme sonrası nitrat içerikleri karşılaştırıldığında ıspanak ekstraktının nitrat içeriğinde yaklaşık %41 düzeyinde, kırmızı pancar ekstraktının nitrat içeriğinde ise yaklaşık %36 düzeyinde bir azalma gözlenmiştir. Bu azalmanın başlıca nedeni, fermentasyon işlemi ile nitrattan nitrite dönüşüm olmasıdır. Ön dönüştürülmüş sebze tozlarının nitrit içerikleri ise kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar için sırasıyla 11.850 mg/kg, 4.050 mg/kg ve 1.625 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Çalışmada kullanılan ıspanak ve kırmızı pancar tozlarının ön dönüştürme öncesi nitrit içerikleri ise sırasıyla 15 mg/kg ve 215 mg/kg olarak belirlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir). Görüldüğü üzere, bitkisel kaynakların ön dönüştürme öncesi nitrit içerikleri düşüktür ve bu düzeyde sucuk gibi bir ürüne ilave edildiklerinde ortamda güvenilir düzeyde nitrit kaynağı bulunmadığı görülmektedir. Raczuk vd. (2014), taze kırmızı pancarda nitrat içeriklerinin 480-2.000 mg/kg, nitrit içeriklerinin ise 2,5-15,0 mg/kg arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Taze pancarın 4.420,87 mg/kg, toz pancarın 42.415,16 mg/kg nitrat içerdiği (Sucu ve Yıldız Turp 2018), kerevizin nitrat içeriğinin 1.000-2.500 mg/kg arasında değiştiği (Mirecki vd. 2015), ıspanağın 2.470 mg/kg nitrat içerdiği (Walker 1990), ıspanak suyunun yaklaşık 3.227 mg/kg (Sebranek ve Bacus 2007b), ıspanak tozunun ise 22.820 mg/kg nitrat içerdiği (Pagliano ve Mester 2019) ifade edilmiştir. Ayrıca ön dönüştürülmüş olarak temin edilen kereviz suyu tozunun 21.617,74 mg/kg (Redfield ve Sullivan 2015), ön dönüştürülmüş kerevizin 201,35 mg/kg (Hwang vd. 2018), ön dönüştürülmüş kırmızı pancarın 729,28 mg/kg (Choi vd. 2017, Hwang vd. 2018), 748,51 mg/kg (Hwang vd. 2017) ve yine ön dönüştürülmüş ıspanağın 5012,18 mg/kg (Hwang vd. 2018) nitrit içerdiği yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Sebzelerin nitrat içerikleri yetiştikleri ortam, hasat dönemi, depolama, kök, yaprak sebze olma durumlarından büyük ölçüde etkilenmektedir (Raczuk vd. 2014, Mirecki vd. 2015). Çalışmamızdaki yüksek değerler, liyofilize örneklerle çalışılmasından kaynaklanmaktadır.

Bitkisel nitrat kaynaklarında, ön dönüştürme işleminin ardından pastörizasyon yapılması

nedeniyle canlı mikroorganizma ve stafilocok sayıları <1 log kob/g olarak belirlenmiştir. Bu sonuç, pastörizasyon işlemi ile ortamdaki canlı mikroorganizma sayısının ve ilave edilen *S. carnosus*'un inhibe edildiğini göstermektedir.

4.2 Bitkisel Nitrit Kaynağı İlave Edilen Sucukların Özellikleri

4.2.1 Sucuk bileşimi

Farklı bitkisel nitrit kaynakları kullanılarak üretilen sucuklarda sucuk hamurunda, üretim sonu ve depolama sonunda nem, protein, kül ve yağ miktarlarına ait bulgular çizelge 4.2'de verilmiştir.

Başlangıçta nem, protein, yağ ve kül miktarları sırasıyla %57,87-59,94, %15,67-16,76, %19,75-22,27 ve %2,49-2,89 aralığında değişmiştir. Üretim süresince sucuklarda meydana gelen kuruma neticesinde nem içeriklerinde azalma, kuru maddeyi oluşturan protein, yağ ve kül içeriklerinde artma görülmüştür. Üretim sonunda nem, protein, yağ ve kül içerikleri ise sırasıyla %38,73-42,81, %22,39-23,06, %28,94-33,54 ve %3,83-4,65 aralığında değişirken, depolama sonunda %34,68-38,50, %22,55-25,08, 29,71-34,55 ve %3,96-4,86 aralığında bulunmuştur (Çizelge 4.2). Depolama sırasında da bir miktar nem içeriğinde kayıp ve bunun neticesinde yağ, protein ve kül miktarlarında artış gözlenmiştir. Nitrit içermeyen ve 150 mg/kg nitrit ilave edilen sucuklarla karşılaştırıldığında, kereviz, ıspanak ve pancar tozu ilave edilen sucuklarda üretim ve depolama sonunda belirlenen yüksek nem düzeyleri, bu katkıların bir miktar nemi tuttuğunu göstermiştir.

Yapılan varyans analizi sonuçları grup x süre etkileşiminin nem ve yağ miktarlarındaki değişim üzerinde etkili olduğunu ($p<0,05$), protein ve kül miktarına farklı nitrit kaynaklarının etkisinin önemli olmadığını ($p>0,05$), sürenin etkisinin ise önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir (EK 4). Üretim ve depolama sonunda nem miktarları en düşük nitrit kaynağı içermeyen K ve kimyasal nitrit içeren sucuklarda, en yüksek bitkisel kaynaklar içeren sucuklarda (M2, M3 ve M4) belirlenmiştir. Kereviz, ıspanak ve pancar tozu içeren sucuklar üretim ve depolama sonunda K ve M1 sucuklarından önemli düzeyde

($p<0,05$) daha yüksek nem içermişler, ancak birbirleri arasında önemli fark bulunmamıştır ($p>0,05$). En düşük nem içeriğinin belirlendiği K ile M1 sucukları, en yüksek protein ve yağ miktarına sahip olmuşlardır.

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

	Sucuk hamuru	Üretim sonu	Depolama sonu
Gruplar	Nem (%)		
K	59,94±2,97 ^{Aa}	38,73±2,69 ^{Bb}	34,68±2,12 ^{Bb}
M1	60,34±1,10 ^{Aa}	38,90±1,06 ^{Bb}	35,45±1,58 ^{Bb}
M2	57,87±0,00 ^{Aa}	42,47±2,13 ^{Ab}	38,50±1,29 ^{Ac}
M3	58,12±0,36 ^{Aa}	41,34±0,10 ^{Ab}	38,44±0,18 ^{Ac}
M4	58,61±0,19 ^{Aa}	42,81±1,75 ^{Ab}	38,01±0,52 ^{Ac}
	Protein (%)		
K	15,67±1,38	23,06±0,05	25,08±0,79
M1	16,55±2,14	22,82±0,27	24,99±1,05
M2	16,35±1,48	22,70±0,54	23,92±1,10
M3	16,76±2,19	22,39±0,30	23,62±2,11
M4	16,62±0,67	22,80±0,27	22,55±1,50
Ortalama	16,39±0,38 ^b	22,75±0,21 ^a	24,23±0,67 ^a
	Yağ (%)		
K	21,00±2,62 ^{Ab}	33,33±2,40 ^{Aa}	34,55±1,25 ^{Aa}
M1	19,75±1,56 ^{Ab}	33,54±1,30 ^{Aa}	33,98±2,01 ^{Aa}
M2	22,27±1,07 ^{Ab}	29,58±1,57 ^{Ba}	30,38±1,48 ^{Ba}
M3	21,43±2,01 ^{Ab}	30,37±0,16 ^{Ba}	31,40±1,07 ^{Ba}
M4	20,19±0,08 ^{Ab}	28,94±0,52 ^{Ba}	29,41±2,107 ^{Ba}
	Kül (%)		
K	2,49±0,06	3,83±0,33	3,96±0,14
M1	2,54±0,14	3,99±0,59	4,01±0,22
M2	2,78±0,30	4,23±0,24	4,30±0,18
M3	2,74±0,18	4,43±0,40	4,53±0,12
M4	2,89±0,16	4,65±0,18	4,86±0,21
Ortalama	2,69±0,15 ^c	4,23±0,29 ^b	4,53±0,70 ^a

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Depolama sonunda yağ miktarı en düşük M2, M3 ve M4 sucuklarında (sırasıyla %30,38, %31,40 ve %29,41) belirlenmiş ve aralarındaki fark önemsiz ($p>0,05$), en yüksek K ve

M1 sucuklarında (%32,99, %31,72) belirlenmiş ve aralarındaki fark önemsiz ($p>0,05$) olmuştur. Ayrıca K ve M1 yağ miktarları ile M2, M3 ve M4 yağ miktarları arasındaki farkın önemli düzeyde ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Sucukların protein ve kül miktarlarındaki değişime sadece sürenin etkisi önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Protein miktarına sürenin etkisi üretim başlangıcı ile üretim ve depolama sonu arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış şeklinde olurken kül miktarına sürenin etkisi üretim sırasında önemli düzeyde artış şeklinde ($p<0,05$) gerçekleşmiştir.

Varyans analizi nitrit içermeyen K grubu sucuklar dışında kalan kimyasal nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren gruplar için yapıldığında, kül miktarındaki değişime sürenin ve uygulamanın her ikisinin de etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu görülmüştür (sonuçlar gösterilmemiştir). Sürenin etkisi incelendiğinde kül miktarının üretim başı, sonu ve depolama sonu arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı belirlenmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde ise pancar tozu içeren M4 grubu sucukların kül miktarının, M1 ve M2 gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek ve M3 grubu sucuklar ile benzer ($p>0,05$), M1, M2 ve M3 grubu sucukların ise birbirleri ile benzer ($p>0,05$) olduğu görülmüştür. Bitkisel nitrit kaynağı içeren sucuklar istatistiksel olarak önemli olmasa da K ve M1 sucuklarından daha yüksek kül içermişlerdir. Bu farklılık bitkisel kaynaktan gelen minerallerden dolayıdır ve en yüksek düzeyde katılan pancar tozunun mineral içeriği her bir üretim döneminde diğer gruplardan yüksek bulunmuştur.

Ekici vd. (2015), konsantre kara havuç suyu ilavesi ile üretilen sucuklarda 12 günlük fermentasyon süresi sonunda nem miktarının %35,8-38,1 arasında değiştiğini, Dalmış ve Soyer (2008) starter kültür ilaveli ve ilavesiz olmak üzere iki şekilde ürettikleri sucuklarda nem miktarının sucuk hamurunda %58,69-60,12 aralığında, üretim sonunda (9. gün) %43,36-39,45 aralığında, 3 aylık depolama sonunda %38,70-35,06 aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Farklı üretim yöntemleri ve starter kültür kullanımının araştırıldığı bir çalışmada protein miktarının sucuk hamurunda %15,46-15,48 arasında, üretim sonunda %21,39-23,71 arasında, depolama sonunda %23,13-25,00 arasında olduğu; yağ miktarının sucuk hamurunda %23,62-21,36, üretim sonunda %32,44-33,44, depolama sonunda %31,87-32,10 arasında olduğu belirtilmiştir. Ayrıca üretim sonunda kül miktarının %2,91-3,38 arasında olduğu bildirilmiştir (Dalmış 2007). Farklı oranlarda

kırmızı pancar tozu ilave edilerek üretilen sucuklarda Sucu ve Yıldız Turp (2018), 4 °C’de 84 gün depolama sonrası nem miktarının %42,95-44,69; yağ miktarının %30,68-33,27; protein miktarının %20,08-20,27 ve kül miktarının %3,21-3,39 arasında olduğunu ifade etmişlerdir. Yıldız Turp ve Serdaroğlu (2008), 12 günlük fermantasyon ile üretilen sucukların 0. gün ve 12. gün nem miktarlarının sırasıyla %55,3-56,4 ile %34,5-42,4, yağ miktarlarının %21,9-24,1 ile %34,3-35,9 ve protein miktarlarının %14,2-16,5 ile %22,0-25,8 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Bitkisel tozlarla muamele edilen sosislerde nemin bitkisel tozların eklenmesiyle arttığı, kontrol örneğinin yağ miktarının bitkisel tozlarla muamele edilmiş örneklerden daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Kül içeriği, nem ile aynı eğilimi göstermiş, protein içeriği açısından ise örnekler arasında önemli bir fark olduğu ortaya konmuştur (Riyad vd. 2018). Çalışmamızla benzer şekilde, Djeri ve Williams (2014) da, ön dönüştürülmüş kereviz suyu tozu (KST) ilave ederek ürettikleri hindi bologna sosislerde nem miktarlarının kimyasal nitrit içerenlerden daha yüksek olduğunu ve KST miktarının artışı ile de arttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar, KST’nun içerdiği en düşük %50 karbonhidrat ve %8 protein (kuru madde üzerinden) oranının daha fazla nemi alıkoyduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmamızda da sucuğa ilave edilen %0,4 düzeyinde kereviz tozu, %1,2 düzeyinde ıspanak tozu ve %3,0 düzeyinde pancar tozu belirli düzeyde nemin alıkonulmasına neden olmuştur. Sucuk bileşimi açısından elde edilen değerler, yapılan diğer çalışmalarla uyumlu olmakla birlikte kullanılan hammadde, üretim tekniği ve koşulları nedeniyle bir miktar farklılıkların olabileceği değerlendirilmektedir.

4.2.2 pH değeri

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında pH değerlerine ait sonuçlar çizelge 4.3 ve şekil 4.1’de verilmiştir. Sucuk hamurunda pH değeri 5,93-5,97 arasında değişirken fermantasyonun en yoğun olduğu ilk 3 günde belirgin bir düşüş ile 4,56-4,77 arasında, 6. günde 4,54-4,73 arasında, 9. günde 4,59-4,78 arasında değişmiştir. Grupların tümünde ilk 3 günde gözlenen hızlı pH düşüşü, 6. günde azalarak da olsa devam etmiş, üretimin sonunda (9. gün) az da olsa artış gözlenmiştir. Sucuklarda en düşük pH değeri 6. günde 4,54 ile pancar tozu ilave edilen M4, 0. gün dışında en yüksek pH değeri ise 9. günde 4,78 ile K grubu sucuklarda belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.1).

Çizelge 4.3 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların pH değerine etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	5,96±0,03 ^{ABa}	4,77±0,04 ^{Ab}	4,73±0,04 ^{Ac}	4,78±0,04 ^{Ab}
M1	5,93±0,02 ^{Ba}	4,68±0,02 ^{Bb}	4,65±0,02 ^{ABc}	4,70±0,04 ^{Bb}
M2	5,97±0,03 ^{ABa}	4,72±0,05 ^{Bb}	4,66±0,04 ^{ABc}	4,67±0,01 ^{Bc}
M3	5,95±0,01 ^{ABa}	4,66±0,02 ^{Bb}	4,59±0,03 ^{Cc}	4,67±0,02 ^{Bb}
M4	5,97±0,03 ^{ABa}	4,56±0,00 ^{Cc}	4,54±0,01 ^{Dc}	4,59±0,03 ^{Cb}

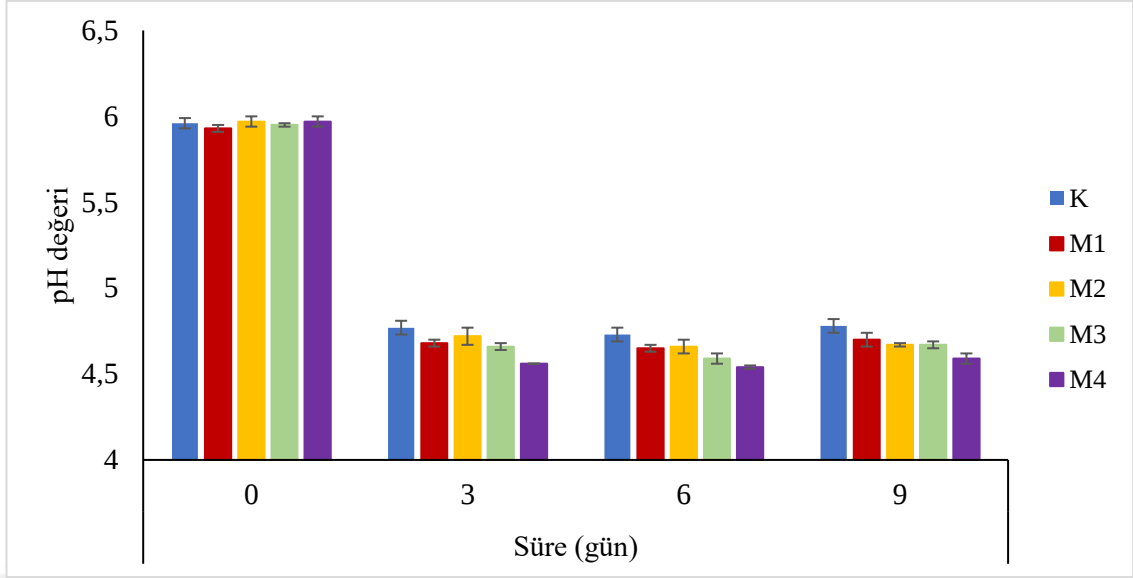
Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Yapılan varyans analizi grup x süre etkileşiminin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Uygulamanın etkisi incelendiğinde; üretimin 3., 6. ve 9. günlerinde en yüksek pH değeri nitrit kaynağı içermeyen K grubu sucuklarda belirlenmiş, 3. ve 9. günlerde K ve diğer sucuk grupları arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Nitrit kaynağı içeren grupların pH değerleri arasındaki fark 3. ve 9. günlerde M1, M2 ve M3 grupları arasında önemsiz ($p>0,05$) olurken, en düşük pH değeri kırmızı pancar içeren M4 grubunda belirlenmiş ve 3., 6. ve 9. günlerde belirlenen pH değerleri diğer gruplardan önemli düzeyde düşük ($p<0,05$) bulunmuştur. Sürenin pH değerine olan etkisi incelendiğinde; K, M1 ve M3 grubu sucuklarda 0., 3. ve 6. gün değerleri arasında önemli düzeyde azalış ($p<0,05$), 6. günden 9. güne ise önemli düzeyde artış ($p<0,05$) olarak değiştiği gözlenmiştir. Nitrit kaynağı olarak kereviz tozu içeren sucuklarda ise 0., 3. ve 6. gün pH değerleri arasındaki farkın önemli düzeyde ($p<0,05$) düşüş, 6 ile 9. günler arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim şeklinde olduğu belirlenmiştir. Pancar tozu içeren sucuklarda, 0. gün ile 3., 6. ve 9. gün pH değerleri arasındaki fark önemli düzeyde düşüş ($p<0,05$) olarak gözlenmiştir (Çizelge 4.3).



Şekil 4.1 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında pH değerlerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Sucuklarda pH düşüşü, ette bulunan ya da starter kültür olarak ilave edilen laktik asit bakterilerinin ortamda bulunan glikoz ya da diğer karbonhidratları metabolize etmeleri sonucunda üretilen laktik asitin birikmesi ile gerçekleşmektedir (Toldrá 2008). pH değerinde meydana gelen bu azalma, proteinlerin izoelektrik noktalarının altında olması nedeniyle proteinlerde kısmi denatürasyona yol açmakta ve et proteinlerinin su tutma kapasitelerini düşürerek kuruma sürecini kolay hale getirmektedir (Lücke 1998, Toldrá vd. 2001). Karbonhidratlar, sucuktaki starter kültürler için substrat görevi görmektedirler (Toldrá 2008). Bu nedenle, et ürünlerinde pH değerinin düşmesinin fermente olabilen karbonhidrat varlığına bağlı olduğu bildirilmiştir (Pexara vd. 2002). Djeri ve Williams (2014), kereviz suyu tozu ilave ederek ürettikleri bolognada, depolama sırasında kimyasal nitrit içeren örneklerden daha fazla pH düşüşü gözlemlendiğini ve bunun nedeninin kereviz tozundaki karbonhidrat kompozisyonunun mikroorganizmalar için ilave substrat kaynağı olmasından kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda, diğer bitkisel kaynaklardan daha yüksek (%3) düzeyde ilave edilen pancar tozu içeren örneklerde saptanan daha düşük pH değeri pancardaki karbonhidrat kaynaklarına bağlanabilir. Benzer şekilde, Ozaki vd. (2021), doğal nitrit kaynağı olarak turp ve pancar tozu kullandıkları çalışmada, sucuk üretiminde fermantasyon aşamasında pH değerinin 5,60-

5,70'ten yaklaşık 4,60'a düştüğünü, raf ömrü süresince en düşük pH değerini %1 pancar tozu ilavesi ile üretilen sosislerde görüldüğünü ve bunun pancarın mikroorganizmalar tarafından fermente edilmesinden kaynaklanıyor olabileceğini belirtmiştir. Eklenen karbonhidratın çeşit ve miktarının, fermentasyon sırasında laktik asit oluşumunun seyrini etkilediği bilinmektedir (Lücke 1998).

Bozkurt ve Bayram (2006), sucuklarda olgunlaştırmanın ilk 3 gününde bakterilerin laktik asit üretmesi nedeniyle pH değerinin 5,4'ten yaklaşık 4,8'e düştüğünü, sonrasında biraz artarak olgunlaşmanın ilerleyen günlerinde stabil hale geldiğini belirtmişlerdir. Aynı şekilde Bozkurt ve Erkmen (2004), olgunlaşmanın ilk 4 gününde sucukların pH değerinin 5,98'den 4,53-4,81'e düştüğünü belirtmişlerdir.

Hwang vd. (2018), ön dönüştürülmüş ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar ekstraktı ilavesi ile ürettikleri domuz sosisinde doğal nitrit kaynaklarının pH değerlerini etkilediğini, nitrit içeren sosislerin pH değerinin nitrit içermeyen ile diğer sosislerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ekici vd. (2015), farklı oranlarda kara havuç suyu konsantresi ilave ederek ürettikleri sucuklarda pH değerinin 4,69-5,37 değiştiğini, kara havuç suyu konsantresi içeren sucukların kontrol grubundan daha düşük pH değerine sahip olduğunu ve kara havuç suyu konsantresi miktarındaki artışın pH değerindeki düşüşü arttırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde pH değerinin fermente ıspanak ekstraktı ile kürlenmiş etlerde ilave edilen fermente ıspanak miktarının artmasıyla (Kim vd. 2017), kereviz suyu tozu kullanılarak üretilen hamlarda kereviz suyu tozu miktarının fazla olmasıyla (Sindelar vd. 2007b), et emülsiyonlarına kırmızı pancar ekstraktı ilave edilmesiyle (Choi vd. 2017) düştüğü bildirilmiştir.

Farklı nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucukların 4 °C'de 3 ay depolama sırasında pH değerlerinde meydana gelen değişim çizelge 4.4 ve şekil 4.2'de verilmiştir. Sucukların pH değerleri depolama süresince 4,59-4,77 aralığında değişmiştir. Depolama başlangıcında en düşük pH değeri 4,59 ile M4 grubu, en yüksek pH değeri 4,78 ile K grubu sucuklarda belirlenirken; 3. ay sonunda en düşük pH değerine 4,64 ile M4 grubu,

Çizelge 4.4 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların pH değerine etkisi

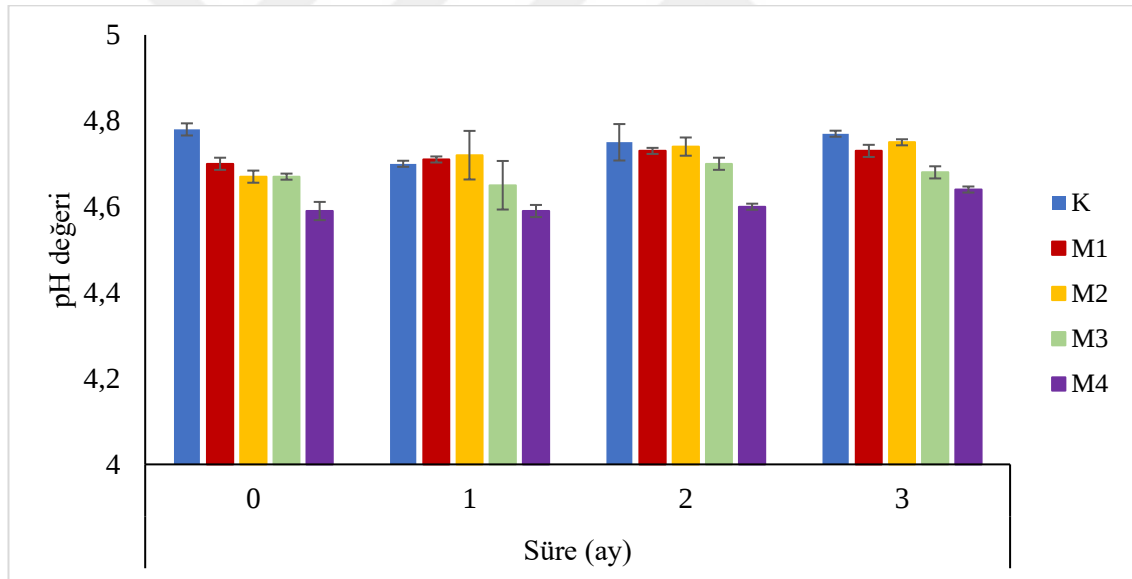
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	4,78±0,04	4,70±0,01	4,75±0,04	4,77±0,00	4,75±0,01 ^A
M1	4,70±0,04	4,71±0,001	4,73±0,01	4,73±0,01	4,72±0,01 ^B
M2	4,67±0,01	4,72±0,06	4,74±0,02	4,75±0,01	4,72±0,01 ^B
M3	4,67±0,02	4,65±0,06	4,70±0,01	4,68±0,01	4,68±0,01 ^C
M4	4,59±0,03	4,59±0,01	4,60±0,01	4,64±0,01	4,61±0,01 ^D
Ortalama	4,68±0,01 ^a	4,67±0,01 ^a	4,70±0,01 ^b	4,71±0,01 ^b	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.2 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında pH değerlerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

en yüksek pH değerine ise 4,77 ile K grubu sucuklar sahip olmuştur (Şekil 4.2). Yapılan varyans analizi, depolama süresince pH değerlerine süre ve uygulamanın etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu (p<0,05) göstermiştir (EK 4). Farklı nitrit kaynağı ilavesinin etkisi

incelendiğinde; en düşük pH değeri M3 ve M4 gruplarında, en yüksek K grubunda saptanmış ve diğer sucuk grupları ile aralarındaki farkın önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Buna karşın M1 ve M2 gruplarının depolama sırasında pH değerleri benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Sürenin pH değerine olan etkisi incelendiğinde ise depolama başlangıcı ile 1. ve 2. ve 3. aylar arasında önemsiz düzeyde değişim ($p>0,05$) olmuştur. Depolamanın 2. ay ve 3. aylarında, 0 ve 1. aylardan önemli düzeyde ($p<0,05$) artış olmuştur (Çizelge 4.4).

Bozkurt ve Erkmen (2004), sucuklarda olgunlaşma süresince düşen pH değerinin, çalışmamızdaki gibi depolama süresince bir miktar arttığını belirtmişlerdir. Ozaki vd. (2021), turp ve pancar tozu ilavesi ile ürettikleri fermente sosislerde, 30 ile 60 gün arasındaki depolama süresi boyunca pH değerinde artış meydana geldiğini, bunun sebze tozları ilavesinden bağımsız olarak proteolizin devam etmesi ile ilişkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Salgado vd. (2005) ise olgunlaşma sürecinin son aşamalarında meydana gelen pH değerindeki artışın, bazı araştırmacılar tarafından düşük moleküler ağırlıklı nitrojen bileşiklerinin oluşumundan çok, mevcut bir mikrobiyal grup tarafından tüketilen laktik asit miktarındaki azalmayla ilişkili olabileceğinin belirtildiğini ifade etmiştir.

Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği'ne (29/01/2019 tarih ve 30670 sayı) göre sucukta pH değeri en yüksek 5,4 olabilmektedir (Anonim 2019). Çalışmamızda üretim sonunda ve depolama süresi boyunca her grupta pH değeri Türk Gıda Kodeksi'ne uygun bulunmuştur.

4.2.3 Su aktivitesi (a_w) değeri

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında su aktivitesi (a_w) değerlerindeki değişim çizelge 4.5 ve şekil 4.3'te gösterilmiştir. Sucuk hamurunda a_w değerleri 0,972-0,977 aralığında değişirken pH değerinde gözlenen düşüş ve kurumaya bağlı olarak giderek azalmış, üretimin son gününde 0,920-0,930 aralığında ölçülmüştür. Üretim boyunca sucukların a_w değerlerinde düşüş gözlenmiş olup bu düşüşün en fazla 6. ve 9. günlerde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.3).

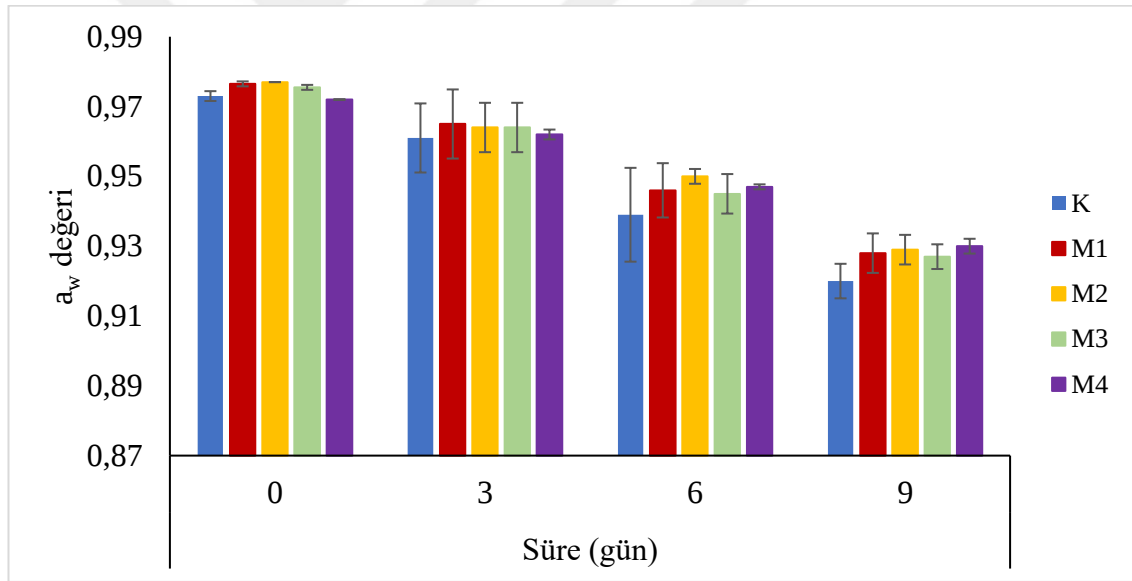
Çizelge 4.5 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların a_w değerine etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	0,973±0,001	0,961±0,010	0,939±0,013	0,920±0,005
M1	0,977±0,001	0,965±0,001	0,946±0,008	0,928±0,006
M2	0,977±0,000	0,964±0,007	0,950±0,002	0,929±0,004
M3	0,976±0,001	0,964±0,007	0,945±0,006	0,927±0,004
M4	0,972±0,000	0,962±0,001	0,947±0,001	0,930±0,002
Ortalama	0,975±0,002 ^a	0,963±0,002 ^b	0,945±0,002 ^c	0,927±0,002 ^d

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



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

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Yapılan varyans analizi sucukların a_w değerlerinde sürenin önemli ($p<0,05$) etkiye sahip olduğunu göstermiştir (EK 4). Sürenin a_w değerine olan etkisi, tüm üretim günleri arasında önemli düzeyde azalış ($p<0,05$) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.5).

Babaoğlu (2020), doğal kürlenme ajanı olarak dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozu kullanarak ürettiği sucuklarda a_w değerlerinin üretimin başında 0,964-0,974 arasında olduğunu, üretim süreci sonunda ise bu değerlerin 0,924-0,943 seviyelerine düştüğünü, en düşük a_w değerinin üretimin 7. gününde pazı tozu içeren örneklerde görüldüğünü belirtmiştir. Soyer vd. (2005), sucuklarda su aktivitesi değerlerinin 0,970-0,960 arasında değiştiğini, olgunlaşma süresi boyunca 0,920-0,902'ye düştüğünü bildirmişlerdir. Kurćubić vd. (2014), olgunlaşma süresince fermente sosislerde su aktivitesinin sürekli olarak azaldığını, su aktivitesi değerindeki azalma veya su aktivitesi ile pH değerindeki düşüşün birleşik etkisinin fermente ürünlerde daha uzun raf ömrünü sağladığını belirtmişlerdir.

Ozaki vd. (2021), fermente sosislerde proses sırasında bağıl nemdeki değişiklikler nedeniyle ağırlık kaybının artıp a_w değerlerini azalttığını belirtmiş, turp ve pancar tozu ilavesi ile ürettikleri sosislerde ilave edilen sebze tozlarının a_w değerlerini azalttığını, aynı zamanda nihai ürünün güvenliğine de katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Ancak a_w değerindeki azalma, sadece ürünün su kaybından değil, aynı zamanda olgunlaşma sırasında mikrobiyal yapı ve bileşim değişikliklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle enzimlerin litik aktiviteleri ve bunun sonucunda düşük molekül ağırlıklı moleküllerin oluşumu su aktivitesini azaltmaktadır (Patrignani vd. 2007).

Farklı bitkisel kaynakların ilave edilmesiyle üretilen sucuklarda depolama süresi boyunca a_w değerlerinde meydana gelen değişim çizelge 4.6 ve şekil 4.4'te gösterilmiştir. Üretim boyunca a_w değerlerinde meydana gelen düşüş, depolama süresince de devam etmiş, 0,920-0,930 aralığından 0,900-0,913 aralığına gerilemiştir. Pancar tozu içeren sucuklar her bir depolama döneminde diğer sucuklardan daha yüksek a_w değerine sahip olmuştur (Şekil 4.4). En düşük a_w değerleri K grubu, en yüksek ise M4 grubu sucuklarda saptanmıştır.

Çizelge 4.6 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların a_w değerine etkisi

Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	0,920±0,005	0,912±0,005	0,908±0,004	0,900±0,004	0,910±0,002 ^A
M1	0,928±0,006	0,915±0,004	0,911±0,004	0,909±0,004	0,916±0,002 ^B
M2	0,929±0,004	0,913±0,004	0,907±0,006	0,906±0,003	0,914±0,002 ^{AB}
M3	0,927±0,004	0,915±0,006	0,912±0,005	0,912±0,002	0,916±0,002 ^{BC}
M4	0,930±0,006	0,920±0,000	0,915±0,004	0,913±0,006	0,919±0,002 ^C
Ortalama	0,927±0,001 ^a	0,915±0,001 ^b	0,910±0,001 ^c	0,908±0,001 ^c	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

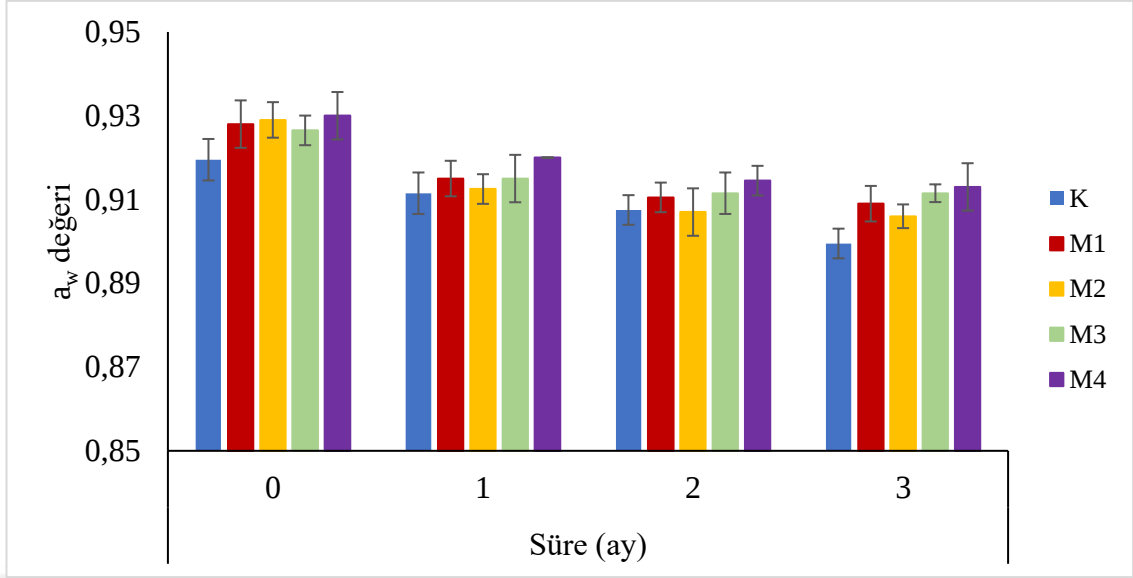
K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Farklı nitrit kaynakları ve depolama süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucuna göre, a_w değerlerine nitrit kaynakları ve depolama süresinin ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur. Sürenin a_w değerlerine etkisi 2. ve 3. aylar arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim, 0., 1. ve 3. aylar arasında ise önemli düzeyde düşüş ($p<0,05$) şeklinde bulunmuştur. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde ise M1 grubu (150 mg/kg nitrit) ile M2 ve M3 grubu sucukların benzer ($p>0,05$) olduğu, bu gruplar ile K ve M4 grubu sucuklar arasındaki farkın ise istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren sucuklar (M1, M2, M3 ve M4) için varyans analizi yapıldığında, depolama sırasında a_w değerlerine sadece sürenin etkisinin olduğu ($p<0,05$) görülmüştür. Depolama başlangıcı ile 1. ay arasında ve depolamanın 1. ayı ile 2. ve 3. ayı arasında sucukların a_w değerleri önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmış, 2. ve 3. aylar arasındaki değişimin ise istatistiki olarak önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir).



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

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Ozaki vd. (2021), turp ve pancar tozu ilavesinin sosislerde 35 günlük olgunlaşma süresi boyunca a_w değerleri üzerinde etkili olduğunu belirtmişlerdir. Raf ömrü boyunca (15-60 gün) vakum ambalajlanmış örneklerin a_w değerlerinin stabil kabul edilebileceğini ve aralarında herhangi bir farklılık bulunmaması nedeniyle a_w değerlerinin kararlı olduğunu belirtmişlerdir. Dalmış ve Soyer (2008), geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda 3 ay süren depolama sonrasında sucukların a_w değerlerinin 0,892-0,884 aralığında değiştiğini, Demirok Soncu vd. (2020) ise sucukların 3 ay depolama sonunda a_w değerlerinin 0,852-0,870 aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu çalışmalarda, su aktivitesi değerlerinin depolama sonunda 0,90 değerinin altına düştüğü görülmektedir. Sucukların su aktivitesini, üretim koşullarının (formülasyon, süre, sıcaklık, bağıl nem gibi) farklı olmasının önemli düzeyde etkilediği ve bu değişikliklere sebep olduğu düşünülmektedir.

4.2.4 CIE L^* , a^* ve b^* renk değerleri

Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının üretim sırasında sucuk rengine etkisi L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) olarak çizelge 4.7 ve şekil 4.5'te verilmiştir. Sucuk hamurunda

L^* değerleri 29,55-31,52 aralığında değişirken; üretimin 3. gününde en yüksek nitrit kaynağı içeren sucuklarda (36,48-37,97), en az nitrit içermeyen K grubunda (31,66) olmak üzere tüm sucuk gruplarında artış gözlenmiştir. Üretimin 6. ve 9. günlerinde ise sınırlı bir artış-azalış gerçekleşmiştir. Üretimin sonunda en yüksek L^* değerlerine nitrit kaynağı içeren M1, M2 ve M3 örnekleri (37,27-39,37) sahip olurken 33,07 ile nitrit içermeyen K grubu ve 34,90 ile pancar tozu içeren M4 grubu sucuklar en düşük L^* değerine sahip olmuştur (Çizelge 4.7, Şekil 4.5).

Çizelge 4.7 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların L^* , a^* ve b^* değerlerine etkisi

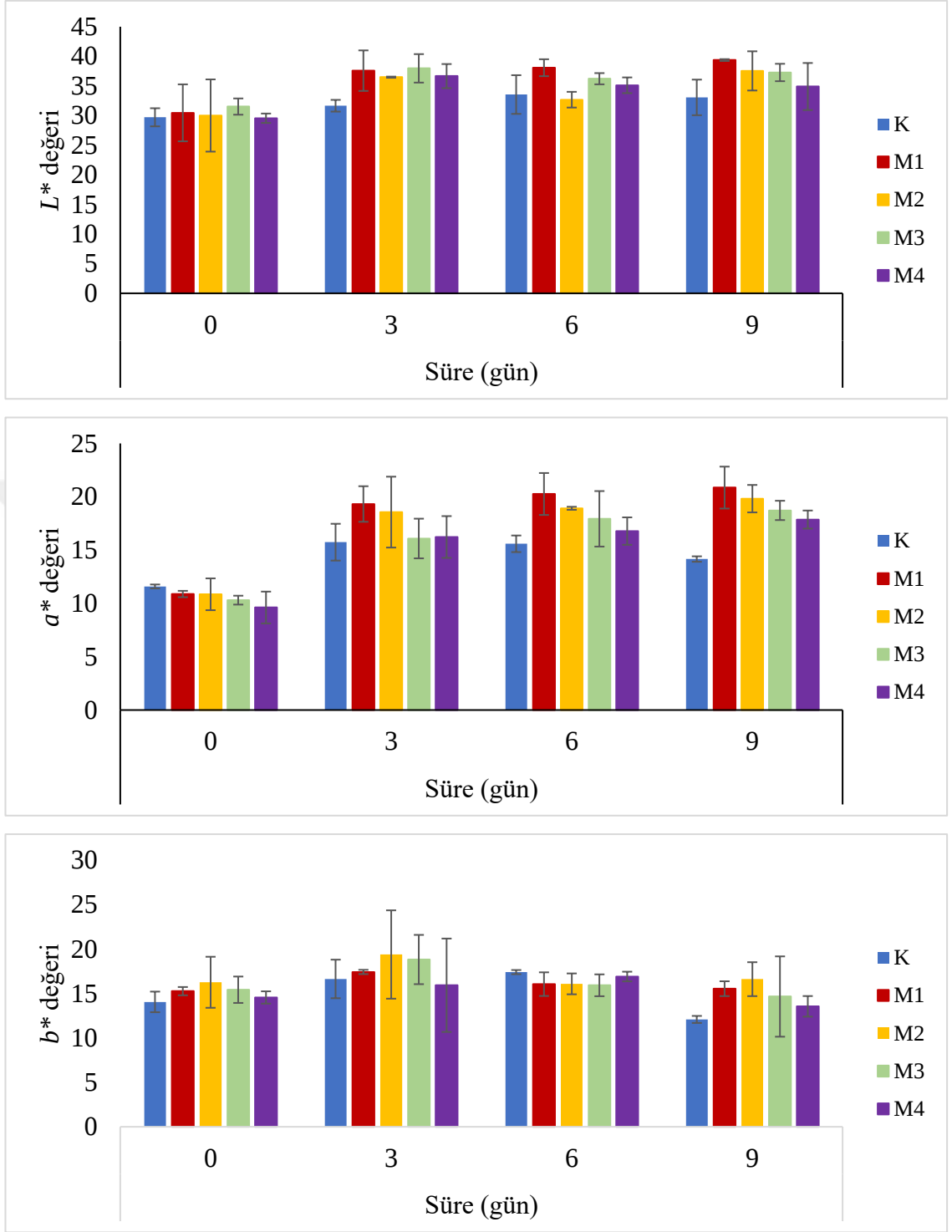
Grup	Süre (gün)				
	0	3	6	9	Ortalama
	<i>L*</i>				
K	29,71±1,53	31,66±0,99	33,55±3,27	33,07±3,01	32,00±0,95 ^B
M1	30,46±4,81	37,58±3,42	38,08±1,43	39,37±0,16	36,37±0,95 ^A
M2	30,01±6,10	36,48±0,10	32,68±1,33	37,54±3,31	34,18±0,95 ^A
M3	31,52±1,37	37,97±2,40	36,22±0,95	37,27±1,47	35,75±0,95 ^A
M4	29,55±0,79	36,66±2,04	35,11±1,33	34,90±3,97	34,06±0,95 ^A
Ortalama	30,25±0,85 ^b	36,07±0,85 ^a	35,13±0,85 ^a	36,43±0,85 ^a	
<i>a*</i>					
K	11,59±0,18	15,74±1,73	15,59±0,78	14,16±0,25	14,27±0,55 ^C
M1	10,88±0,30	19,32±1,67	20,26±1,97	20,86±1,96	17,83±0,55 ^A
M2	10,86±1,49	18,56±3,32	18,92±0,14	19,82±1,29	17,04±0,55 ^A
M3	10,31±0,42	16,09±1,86	17,93±2,60	18,72±0,91	15,76±0,55 ^B
M4	9,62±1,49	16,23±1,96	16,78±1,29	17,86±0,85	15,12±0,55 ^B
Ortalama	10,65±0,49 ^b	17,19±0,49 ^a	17,90±0,49 ^a	18,28±0,49 ^a	
<i>b*</i>					
K	14,05±1,16	16,64±2,17	17,41±0,23	12,08±0,40	
M1	15,26±0,47	17,42±0,24	16,05±1,33	15,54±0,83	
M2	16,26±2,87	19,39±4,97	16,08±1,17	16,61±1,91	
M3	15,42±1,48	18,82±2,77	15,92±1,23	14,66±4,52	
M4	14,55±0,69	15,93±5,25	16,91±0,54	13,55±1,16	
Ortalama	15,11±0,74 ^b	17,64±0,74 ^a	16,47±0,74 ^{ab}	14,49±0,74 ^b	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.5 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Yapılan varyans analizi sonucuna göre L^* değerlerine nitrit kaynakları ve üretim süresinin ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur. Sürenin L^* değerlerine olan etkisi başlangıçtaki sucuk hamuru (0. gün) ile diğer günler arasında önemli düzeyde artış ($p<0,05$); 3., 6. ve 9. günler arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim şeklinde olmuştur. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi ise K grubu sucukların L^* değerleri nitrit kaynağı içeren sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük bulunurken; nitrit kaynağı içeren M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklar arasında benzer ($p>0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.7).

Nitrit içermeyen K grubu dışındaki sucuklarda (M1, M2, M3 ve M4) varyans analizi yapıldığında ise L^* değerlerine yalnızca sürenin etkisinin önemli olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Üretimin başı ile (0. gün) ile 3., 6. ve 9. günler arasında L^* değerlerinin önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı, 3., 6. ve 9. günler arasında ise önemsiz ($p>0,05$) değişim meydana geldiği belirlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir).

Sucuklarda a^* değerleri üretimin başında 9,62-11,59 aralığında değişirken, üretimin 3. gününde tüm gruplarda artış gözlenerek 15,74-19,32 aralığında değişmiştir. Üretimin 6. ve 9. günlerinde nitrit içermeyen K grubu dışında tüm gruplarda artış gözlenmiş, üretimin sonunda (9. gün) a^* değeri en yüksek 20,86 ile M1 grubu, en düşük 14,16 ile K grubu sucuklarda saptanmıştır (Çizelge 4.7, Şekil 4.5). Ön dönüştürülmüş kereviz, ıspanak ve pancar ekstraktı içeren sucukların a^* değerlerinin kontrol grubundan yüksek olması, renk dönüşümünde bitkisel nitrit kaynaklarının etkili olduğunu göstermektedir.

Yapılan varyans analizi, a^* değerlerine nitrit kaynakları ve üretim süresinin her ikisinin de etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Sucukların a^* değerine sürenin etkisi başlangıç (0. gün) ile diğer günler arasında önemli düzeyde artış; 3., 6. ve 9. günler arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim şeklinde olmuştur. Farklı nitrit kaynağı ilavesinin etkisi incelendiğinde K grubu sucukların 150 mg/kg nitrit içeren sucuk grubundan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük a^* değerine sahip olduğu; nitrit kaynağı içeren M1 ve M2 ile M3 ve M4 grupları arasında ise benzer ($p>0,05$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Ön dönüştürülmüş kereviz tozu içeren sucuk grubunun kimyasal nitrit ilave

edilen sucuk grubuna benzer a^* değerine sahip olması, bu bitkisel kaynağın renk oluşumunda en az kimyasal nitrit kadar etkili olduğunu göstermektedir.

M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklarda yapılan varyans analizi, üretim sırasında a^* değerlerine grup ve sürenin etkisinin ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Sürenin etkisi incelendiğinde sucuk hamuru ile 3., 6. ve 9. günler arasında a^* değerinin önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı görülmüştür. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde ise M1 ve M2, M2 ve M3, M3 ve M4 grubu sucukların a^* değerlerinin benzer ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Sucukların b^* değerleri; sucuk hamurunda 14,05-16,26 arasında değişirken üretimin sonunda (9. gün) 12,08-16,61 arasında değişmiştir. Üretimin 3. gününde tüm sucukların b^* değerlerinde artış gözlenirken; 6. gününde K ve M4 grubu sucuklarda artış, diğer gruplarda ise azalış gözlenmiştir. Son üründe en düşük b^* değeri nitrit içermeyen kontrol grubu sucuklarda (12,08), en yüksek ise kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklarda (16,61) ölçülmüştür (Şekil 4.5, Çizelge 4.7).

Yapılan varyans analizi b^* değerlerine yalnızca sürenin etkisinin önemli olduğunu ($p<0,05$) göstermiştir. Sucukların b^* değerlerine sürenin etkisinin üretim başlangıcı ile 3. günü arasında önemli düzeyde artış ($p<0,05$), 3. ve 6. günler arası ile üretim başlangıcı ve sonu (9. gün) arasında ise önemsiz düzeyde değişim ($p>0,05$) şeklinde olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.7).

M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklar için varyans analizi yapıldığında ise üretim sırasında b^* değerlerinde grup x süre etkileşiminin önemli olmadığı ($p>0,05$), grup ve sürenin etkisinin de bulunmadığı görülmüştür.

Nitrit kaynağı içermeyen K grubu sucukların düşük L^* , a^* ve b^* değerlerine sahip olması, ortamda yeterli kürlenme ajanı olmaması nedeniyle istenmeyen koyu renk oluşumuna neden olmuştur. Buna karşın, bitkisel nitrit kaynağı içeren örneklerin yüksek L^* ve a^*

değerlerine sahip olmaları ortamda yeterli düzeyde kürlenme maddesi olduğunu ve kimyasal nitrit yerine kullanılabileceğini göstermiştir.

Yıldız Turp ve Serdaroğlu (2008), sucuklarda sığır yağının fındık yağı ile değiştirildiği çalışmalarında başlangıçta L^* değerlerinin 37,6-42,3, a^* değerlerinin 18,3-22,1, b^* değerlerinin 22,7-27,3 arasında; son üründe ise L^* değerlerinin 43,3-47,3, a^* değerlerinin 15,9-19,8, b^* değerlerinin 17,1-19,1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kayaardı ve Gök (2003), sığır yağının farklı oranlarda zeytinyağı ile değiştirilmesi ile üretilen sucuklarda L^* değerinin 41,46–45,34, a^* değerinin 7,83-12,34 ve b^* değerlerinin 7,58 -13,84 arasında olduğunu belirlemişler, sucuklarda kırmızılık ve sarılık değerinin işlem süresinden etkilendiğini ifade etmişlerdir. Ekici vd. (2015), farklı oranlarda konsantre siyah havuç ilavesi ile üretilen sucukların L^* değerlerini 40,97-45,72, a^* değerini 13,13-17,20, b^* değerini ise 9,64-17,43 arasında bulmuşlardır.

Yapılan çalışmalarda olgunlaşma süresinde sucuklarda L^* değerinin arttığı (Dalmış 2007, Yıldız Turp ve Serdaroğlu 2008, Babaoğlu 2020), a^* değerinin önce yükselip sonrasında azaldığı (Kayaardı ve Gök 2003, Dalmış 2007, Bozkurt ve Bayram 2006), b^* değerinin ise düştüğü (Bozkurt ve Bayram 2006, Ercoşkun 2006, Dalmış 2007) gösterilmiştir.

Pérez-Alvarez vd. (1999), olgunlaşmanın ilk 12 gününde L^* değerlerinde gözlenen artışın, et proteinlerinin izoelektrik noktalarına ulaşması nedeniyle laktik asit ve pH değişimlerine bağlanabileceğini bildirmiştir. Fermantasyon sırasında gözlenen a^* değerindeki artış nem kaybından kaynaklanabilmektedir (Pérez-Alvarez vd.1999, Ozaki vd. 2021). Ayrıca olgunlaşmanın ilk günlerinde ette bulunan nitrojenli bileşiklerin arzu edilen rengi oluşturmak üzere miyogloblin ile birleşmesi a^* değerlerini arttırmakta, sonrasında ise nitrozomiyoglobinin denatürasyonu ile düşmektedir (Pérez-Alvarez vd.1999, Bozkurt ve Bayram 2006). Fermantasyon sırasında b^* değerlerindeki azalmanın sebebi ise esmerleşme reaksiyonları (Bozkurt ve Bayram 2006) ve üstel büyüme evreleri sırasında mikroorganizmaların oksijen tüketimi nedeniyle oksimiyoglobin miktarındaki azalmadan kaynaklanabilmektedir (Pérez-Alvarez vd. 1999).

Nitrite alternatif bitkisel kaynakların kullanıldığı çalışmalarda; Ozaki vd. (2021) turp tozu ilavesinin fermente sosislerde L^* değerini düşürdüğü, a^* ve b^* değerlerini yükselttiği; pancar tozu ilavesinin ise L^* ve b^* değerini azalttığı, a^* değerini yükselttiğini belirlemişlerdir. Pancar tozu miktarının artmasıyla renk değerlerinde önemli farklılıkların oluşmasının ise pancarda bulunan betalain pigmentlerine bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Babaoğlu (2020) dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozları ilavesi ile üretilen sucuklarda üretim boyunca iç kesit yüzeylerinde aydınlık değerlerinde artış gözlemlendiğini ve L^* , a^* , b^* değerlerinin sırasıyla 42,23-49,18, 12,07-16,29 ve 12,74-17,65 arasında değiştiğini bildirmiştir. Pazı tozu, kimyasal nitrat ve nitrit ile kürlenmiş sucukların en yüksek a^* değerine sahip olduklarını, en düşük a^* değerinin maydanoz ve dereotu ilave edilen örneklerde olduğunu bildirmiştir. En yüksek b^* (sarılık) değeri ise sodyum nitrit ilave edilen sucuklarda tespit edilmiştir.

Sindelar vd. (2007b), hamlarda kereviz suyu tozu ilavesinin L^* , a^* ve b^* değerleri için bir fark oluşturmadığını, Choi vd. (2017) fermente kırmızı pancar ekstraktı ilavesi ile b^* değerinin nitrit içermeyen örneklerle göre daha düşük olduğunu, Kim vd. (2017), fermente ıspanak ekstraktı içeren kürlenmiş etlerde fermente ıspanak ekstraktı miktarı arttıkça L^* ve b^* değerlerinin azaldığını, artan ekstrakt miktarı ile nitrit içeriğinin artması nedeniyle kırmızılık değerinin arttığını, benzer şekilde Ekici vd. (2015), siyah havuç konsantresi miktarının artmasının sucukların a^* ve b^* değerlerini azalttığını belirlemişlerdir. Çalışmamızda üretim sırasında belirlenen renk değerleri bazı araştırmacıların bulguları ile benzerlik gösterirken bazıları ile olan farklılığın formülasyon ve kullanılan nitrat/nitrit kaynaklarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanımının depolama süresince sucuk rengine etkisi L^* (aydınlık), a^* (kırmızılık) ve b^* (sarılık) olarak çizelge 4.8 ve şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.8 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların L^* , a^* ve b^* değerlerine etkisi

Grup	Süre (ay)				
	0	1	2	3	Ortalama
L^*					
K	33,07±3,01	33,46±3,04	32,61±0,79	27,37±1,20	31,63±0,48 ^A
M1	39,37±0,16	30,07±0,01	29,13±2,43	29,14±2,11	31,93±0,48 ^{AB}
M2	37,54±3,31	29,38±2,09	27,21±0,40	26,75±1,02	30,22±0,48 ^{BC}
M3	37,27±1,47	27,57±0,07	27,74±0,28	27,04±1,03	29,91±0,48 ^C
M4	34,90±3,97	30,12±1,05	29,17±1,15	27,57±0,54	30,44±0,48 ^{BC}
Ortalama	36,43±0,85 ^a	30,12±0,43 ^b	29,17±0,43 ^b	27,57±0,43 ^c	
a^*					
K	14,16±0,25	14,47±1,70	12,94±0,54	12,10±1,20	13,42±0,33 ^A
M1	20,86±1,97	18,99±0,68	17,94±1,20	15,03±0,47	18,21±0,33 ^B
M2	19,82±1,29	19,67±0,52	19,40±0,69	16,79±1,06	18,92±0,33 ^B
M3	18,72±0,91	18,10±0,28	16,55±0,55	14,43±0,10	16,95±0,33 ^C
M4	17,86±0,85	17,81±1,03	16,66±0,41	14,59±0,72	16,73±0,33 ^C
Ortalama	18,28±0,30 ^a	17,81±0,30 ^a	16,70±0,30 ^b	14,59±0,30 ^c	
b^*					
K	12,08±0,40	13,74±0,85	15,06±0,55	14,47±0,98	13,84±0,51 ^A
M1	15,54±0,83	14,51±2,02	13,80±1,06	13,03±0,88	14,22±0,51 ^A
M2	16,61±1,91	14,54±0,82	17,78±1,46	16,72±1,29	16,41±0,51 ^B
M3	14,66±4,52	14,95±0,37	15,41±0,42	16,54±0,71	15,39±0,51 ^{AB}
M4	13,55±1,16	14,44±1,12	15,51±0,25	13,19±0,93	14,17±0,51 ^A

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0.05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0.05$).

Sucuklarda L^* değerleri depolamanın başında 33,07-39,37 arasında değişirken depolamanın sonunda (3.ay) 26,75-29,14 arasında değişmiştir. Nitrit içermeyen K grubu sucuklarda L^* değerleri 1. ayda artış, 2. ve 3. ay sonunda azalış göstermiş; diğer gruplarda ise az miktarda artış-azalış şeklinde değişmiştir. Tüm sucuk gruplarında L^* değerleri depolama sonunda azalmıştır (Şekil 4.6). Farklı nitrit kaynakları kullanımının ve depolama süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucuna göre,

L^* değerlerine nitrit kaynakları ve depolama süresinin etkisinin ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde; nitrit içermeyen K grubu sucukların L^* değerlerinin M2, M3 ve M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu, M2, M3, M4 grubu sucuklar ile M1, M2, M4 grubu sucukların kendi aralarında benzer olduğu bulunmuştur ($p>0,05$). Depolama süresinin L^* değerlerine etkisi incelendiğinde ise; depolama başlangıcı ile diğer aylar arasındaki değişim önemli ($p<0,05$), 1. ve 2. ay arasındaki değişim önemsiz ($p>0,05$), 3. ay ile diğer aylar arasındaki değişim ise önemli düzeyde azalma ($p<0,05$) şeklinde olmuştur (Çizelge 4.8).

Nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren (M1, M2, M3 ve M4) sucuk grubunda yapılan varyans analizi, L^* değerlerine depolama süresi ve farklı nitrit kaynağı kullanımının ayrı ayrı etkisi olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Sürenin etkisi incelendiğinde, depolama başlangıcı ile 1. ve 2. aylar arasındaki değişimin önemsiz olduğu ancak depolama sonu ile arasındaki değişimin önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma şeklinde olduğu görülmüştür. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisine bakıldığında ise; M1 grubu sucukların M4 grubu sucuklar ile benzer ($p>0,05$), M2, M3 ve M4 sucuklarının da birbirleri ile benzer ($p>0,05$) L^* değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Kimyasal nitrit içeren M1 grubu sucukların L^* değerleri ise M2 ve M3 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur (sonuçlar gösterilmemiştir).

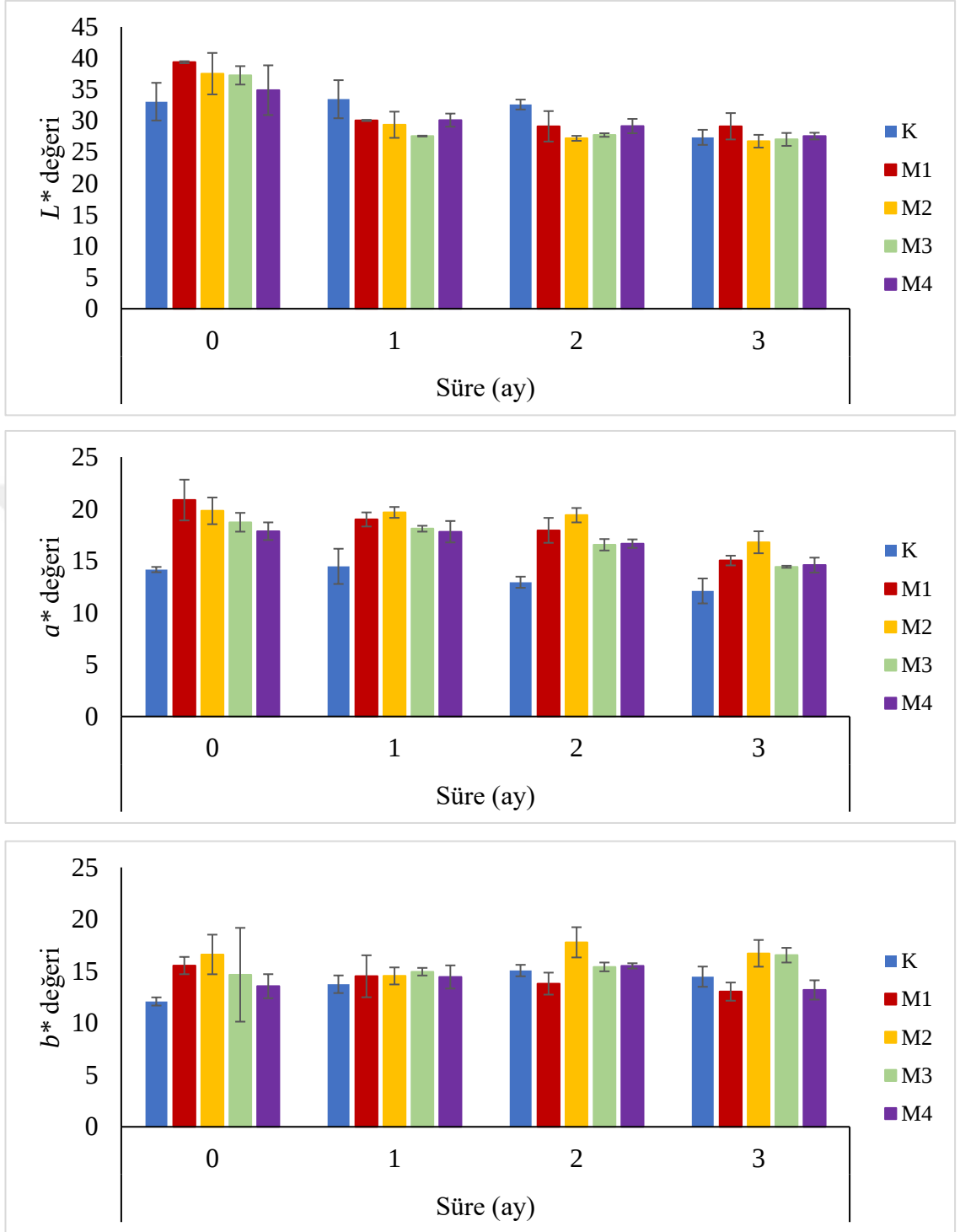
Depolama sırasında sucukların a^* değerleri başlangıçta 14,16-20,86 aralığında, depolama sonunda ise 12,10-16,79 arasında değişmiştir. Depolama başlangıcında en düşük a^* değerine 14,16 ile nitrit içermeyen K grubu; en yüksek a^* değerine ise 20,86 ile nitrit içeren M1 grubu sucuklar sahip olurken 1., 2. ve 3. aylarda en yüksek a^* değeri kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklarda tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Depolama sırasında sucukların a^* değerlerindeki değişime uygulama ve sürenin etkisi ayrı ayrı önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Farklı nitrit kaynağı kullanımı açısından incelendiğinde; K grubu sucukların a^* değeri, diğer gruplardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük bulunurken M1 ve M2 grubu sucuklar ile M3 ve M4 grubu sucukların a^* değerlerinin benzer ($p>0,05$), aralarındaki farkın ise önemli olduğu ($p<0,05$) bulunmuştur. Depolama süresinin a^* değerlerine etkisi incelendiğinde ise; depolama başlangıcı ile 1. ay arasındaki fark

önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalış, 1., 2. ve 3. aylar arasındaki fark ise önemli düzeyde ($p<0,05$) azalış şeklinde belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Depolama sırasında b^* değerlerindeki değişim incelendiğinde, depolama başlangıcında 12,08-16,61 arasında olan değerlerin depolama sonunda 13,03-16,72 arasında değiştiği görülmüştür. En düşük b^* değeri depolama başlangıcında K grubunda iken depolamanın sonunda M1 grubu sucuklarda; en yüksek b^* değeri ise depolama başlangıcı ve sonunda kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklarda ölçülmüştür (Çizelge 4.8, Şekil 4.6).

Yapılan varyans analizine göre sucukların b^* değerlerindeki değişim için grup x süre etkileşimi önemsiz ($p>0,05$), farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanımının etkisi ise önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Sarılık (b^*) değerleri açısından K, M1, M3 ve M4 grubu sucuklar benzer ($p>0,05$) bulunurken ön dönüştürülmüş kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklar ile K, M1 ve M4 grubu sucuklar arasındaki fark önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklar ile ıspanak tozu içeren M3 grubu sucukların b^* değerlerinin de depolama sırasında benzer ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Sucu ve Yıldız Turp (2018), nitrit yerine farklı oranlarda kırmızı pancar tozu ilavesi ile ürettikleri sucuklarda 84 günlük depolama sırasında L^* değerinin önemli derecede arttığını, ancak depolama sonunda örnekler arasındaki farkın önemli olmadığını, a^* değerlerinin ise kontrol örneklerinden yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Jin vd. (2014) ise kırmızı pancar tozu ilave edilen emülsifiye sosislerde soğuk depolama süresince kırmızı pancar tozu ilavesinin L^* değerlerini azalttığı, a^* ve b^* değerlerini arttırdığını belirtmişlerdir. İki çalışmada da pancar tozu ilavesinin depolama süresince arzu edilen kırmızın rengin korunmasında etkili olduğu bildirilmiştir. Krause vd. (2011), ön dönüştürülmüş sebze suyu tozu ve starter kültür ilavesi ile kürlenlen ham dilimlerinde L^* değerleri için uygulama ve sürenin etkisinin önemli bir farka yol açmadığını, 42 günlük depolama süresi sonunda kimyasal nitrit ile kürlenlen örneklerde a^* değerinin daha yüksek olduğunu bunun da başlangıçta içeri giren nitrit konsantrasyonunun daha fazla olması ile ilişkili olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Riyad vd. (2018), sodyum



Şekil 4.6 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında L^* , a^* ve b^* değerlerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

nitrit yerine bitkisel tozların ilave edilmesiyle elde edilen sosislerde buzdolabında 4 haftalık depolama süresince L^* değerlerinin önemli ölçüde arttığını, a^* değerinin azaldığını ancak pancar ilaveli sosislerde diğer örneklerden daha yüksek olduğunu, maydanoz tozu ve kereviz tozu uygulamalarının b^* değerlerinin, kontrol örneği, kırmızı pancar tozu ve ıspanak tozu örneklerinden önemli düzeyde fazla olduğunu bildirmişlerdir. Djeri ve Williams (2014), farklı oranlarda kereviz suyu tozu ilave edilerek üretilen bolognada 10 haftalık depolama süresi boyunca kereviz suyu tozu oranının artmasıyla daha düşük L^* , daha yüksek a^* ve b^* değeri elde edildiğini ortaya koymuşlardır.

4.2.5 Kür pigmenti ve toplam pigment miktarı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucuklarda üretim sırasında tespit edilen kür pigmenti miktarları çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Üretimin başında en düşük K grubu, en yüksek 150 mg/kg nitrit içeren M1 grubu sucuklar olmak üzere kür pigmenti miktarı 20,87-56,73 mg/kg arasında değişmiştir. Tüm gruplarda üretimin başından itibaren kür pigmenti miktarı artmış, en yüksek kür pigmenti miktarı 6. gün ıspanak tozu içeren M3 ve pancar tozu içeren M4 grubu sucuklarda görülmüştür. Üretimin sonunda kür pigmenti miktarı nitrit içermeyen K grubunda 41,43 mg/kg olarak belirlenirken, nitrit kaynağı içeren diğer gruplarda bu değer 114,81-166,82 mg/kg aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.9 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların kür pigmenti (mg/kg) miktarına etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	20,87±11,86 ^{Aa}	30,57±4,24 ^{Aa}	37,22±14,41 ^{Aa}	41,43±19,29 ^{Aa}
M1	56,73±5,08 ^{Ba}	111,51±20,11 ^{Bb}	156,46±12,71 ^{Cc}	166,42±14,62 ^{Bc}
M2	26,83±5,03 ^{Aa}	104,98±40,80 ^{Bb}	109,34±35,07 ^{Bb}	114,81±19,23 ^{Cb}
M3	27,99±4,31 ^{Aa}	91,50±21,43 ^{Bb}	160,66±7,89 ^{Cd}	131,37±19,70 ^{Cc}
M4	31,36±6,51 ^{Aa}	141,71±2,92 ^{Cb}	160,67±6,46 ^{Cb}	166,82±27,17 ^{Bb}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Varyans analiz sonuçlarına göre; kür pigmenti miktarlarına grup x süre etkileşiminin önemli olduğu ($p<0,05$) görülmüştür (EK 4). Nitrit kaynağı içeren sucuklarda kür rengi 0. günden itibaren artmaya başlamıştır. Doğal nitrit kaynağı içeren örneklerde üretim boyunca nitrozopigment miktarında gözlenen artış, bitkisel kaynakların kimyasal nitrite yakın kür rengi oluşturduğunu göstermektedir. Bitkisel kaynaklar içerisinde en fazla kür rengi oluşumu kırmızı pancar içeren örneklerde (M4) belirlenmiştir. Uygulamanın kür pigmenti miktarına olan etkisini gösteren Duncan sonuçları incelendiğinde; sucuk hamurunda M1 ile diğer sucuk grupları arasındaki fark önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuş, üretimin 3. gününde nitrit içeren M1, M2 ve M3 örneklerinde kür pigmenti miktarı benzer ($p>0,05$) iken nitrit içermeyen K grubu sucuklarda diğer gruplardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük, kırmızı pancar içeren M4 grubu sucuklarda diğer gruplardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Üretim sonunda (9. gün) en düşük kür pigmenti miktarı nitrit içermeyen K grubunda belirlenmiş, bu grup ile nitrit içeren gruplar arasındaki fark önemli düzeyde düşük ($p<0,05$) bulunurken, farklı nitrit kaynağı içeren M1 ve M4 ile M2 ve M3 grupları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) düzeyde değişim şeklinde belirlenmiştir. Sürenin kür pigmenti miktarına olan etkisi incelendiğinde; M2 ve M4 grubu sucuklarda ilk gün kür pigmenti miktarları ile 3., 6. ve 9. gün miktarları arasındaki fark önemli ($p<0,05$), M1 grubu sucuklarda 6. ve 9. gün arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) olmuştur. Dönüştürülmüş ıspanak ekstraktı içeren M3 grubu sucuklarda kür pigmenti miktarı 0. günden 6. güne artarken ($p<0,05$) 9. günde azalmıştır ($p<0,05$) (Çizelge 4.9).

Nitrit içermeyen K grubu dışındaki sucuklarda yapılan varyans analizi üretim sırasında kür pigmenti miktarına uygulama ve sürenin ayrı ayrı etkisinin olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Üretim başlangıcı ile 3. ve 6. günler arasında kür pigmenti miktarının önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı, 6. gün ve 9. gün arasında ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değiştiği belirlenmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisine bakıldığında; M1 grubu sucukların kür pigmenti miktarının M3 ve M4 grubu sucuklar ile benzer ($p>0,05$), M2 grubu sucuklardan ise önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu bulunmuştur (sonuçlar gösterilmemiştir).

Farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucuklarda üretim boyunca belirlenen toplam pigment miktarları çizelge 4.10'da verilmiştir. Toplam pigment miktarı; üretimin başında 163,65-213,18 mg/kg aralığında değişmiş, kür pigmenti miktarında olduğu gibi en düşük K grubu, en yüksek ise pancar tozu içeren M4 grubu sucuklarda belirlenmiştir. Üretimin 3. gününde tüm gruplarda artış gözlenmiş, üretim sonunda toplam pigment miktarı K grubu sucuklarda 190,86 mg/kg olarak belirlenirken nitrit içeren gruplarda 304,30-362,78 mg/kg aralığında değişmiştir.

Çizelge 4.10 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların toplam pigment (mg/kg) miktarına etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	163,65±29,56 ^{Aa}	191,08±23,82 ^{Aa}	182,96±9,33 ^{Aa}	190,86±10,01 ^{Aa}
M1	198,90±16,09 ^{Aa}	247,52±18,75 ^{Bb}	280,33±42,38 ^{Bc}	304,30±79,34 ^{Bc}
M2	184,96±23,08 ^{Aa}	216,84±37,39 ^{Aa}	297,93±71,52 ^{Bb}	362,78±14,47 ^{Cc}
M3	170,60±2,77 ^{Aa}	301,92±32,82 ^{Cb}	324,06±16,94 ^{Cb}	316,00±16,67 ^{Bb}
M4	213,18±14,19 ^{Aa}	308,04±32,22 ^{Cb}	386,75±11,54 ^{Dc}	360,91±4,33 ^{Cc}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Yapılan varyans analizi sonucu, toplam pigment miktarına grup x süre etkileşiminin önemli olduğunu (p<0,05) göstermiştir (EK 4). Sürenin toplam pigment miktarına olan etkisi incelendiğinde; üretim boyunca K grubu sucuklarda önemsiz miktarda (p>0,05) değişim, bitkisel nitrit kaynağı içeren M2, M3 ve M4 grubu sucuklarda ise sucuk hamuru (0. gün) ve son ürün (9. gün) arasında önemli (p<0,05) düzeyde artış görülmüştür. Farklı nitrit kaynağı kullanımı açısından incelendiğinde ise; başlangıçta (0. gün) tüm sucuk gruplarının toplam pigment miktarı benzer (p>0,05) iken, 3, 6 ve 9. günlerde K grubu sucukların toplam pigment miktarı, nitrit içeren diğer gruplardan önemli düzeyde (p<0,05) düşük bulunmuştur. Son üründe (9. gün) nitrit içeren tüm grupların toplam pigment miktarı arasındaki farkın önemsiz olduğu (p>0,05) görülmüştür (Çizelge 4.10).

Sadece nitrit ve bitkisel nitrit içeren sucuk grupları için yapılan varyans analizi; toplam pigment miktarına grup x süre etkileşiminin önemsiz ($p>0,05$), üretim süresi ve farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisinin ise ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Sürenin etkisi incelendiğinde üretimin başı (0. gün) ile 3. ve 6. günler arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış gerçekleşirken 6. gün ve 9. gün arasında ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) artış meydana gelmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde M1, M2 ve M3 grubu sucukların toplam pigment miktarlarının benzer ($p>0,05$), M4 grubu sucukların ise diğer gruplardan yüksek ($p<0,05$) olduğu görülmüştür (sonuçlar gösterilmemiştir).

Üretim aşamasında sucuklarda belirlenen nitrozopigment dönüşüm oranı (%) çizelge 4.11 ve şekil 4.7’de verilmiştir. Üretim başında %13,62-28,72 arasında değişen nitrozopigment dönüşümünün, üretimin sonunda %22,01-55,97 aralığında değiştiği görülmüştür. Olgunlaşma süresi boyunca tüm sucuk gruplarında nitrozopigment dönüşüm oranının arttığı belirlenirken dönüşüm oranının en fazla nitrit içeren M1, en az ise nitrit içermeyen K grubu sucuklarda olduğu belirlenmiştir. Nitrozopigment dönüşümü en fazla olgunlaşmanın 6. gününde gerçekleşmiş, en yüksek orana %56,11 ve %49,71 ile sırasıyla M1 ve M3 grubu sucuklar sahip olmuştur.

Çizelge 4.11 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların nitrozopigment dönüşüm oranına (%) etkisi

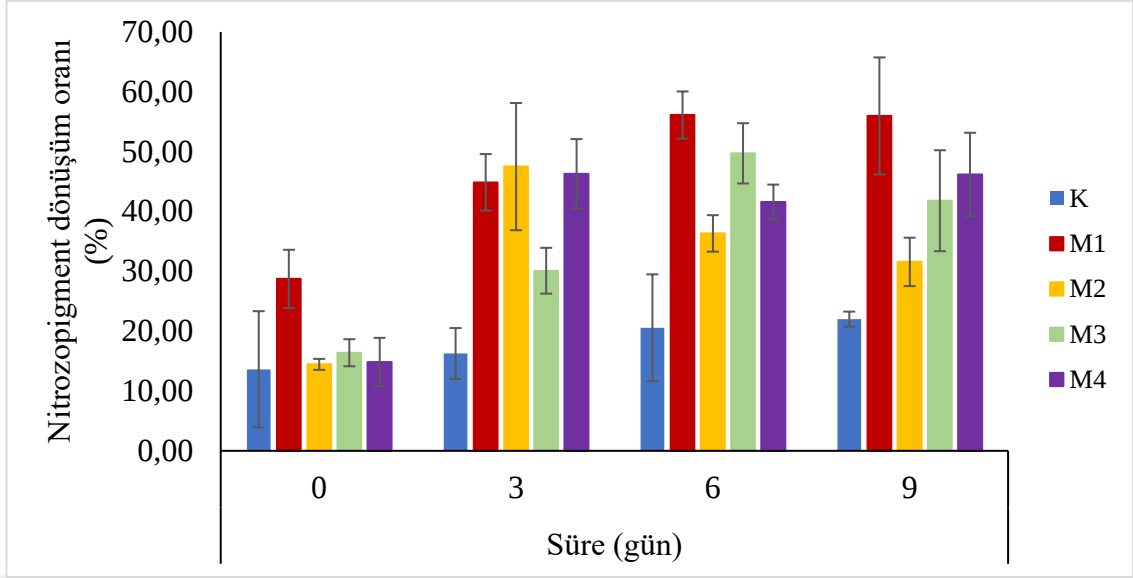
Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	13,62±9,71 ^{Aa}	16,27±4,25 ^{Aa}	20,57±8,92 ^{Aa}	22,01±11,26 ^{Aa}
M1	28,72±4,88 ^{Ba}	44,87±4,72 ^{Cab}	56,11±3,95 ^{Db}	55,97±9,78 ^{Db}
M2	14,45±0,92 ^{Aa}	47,50±10,63 ^{CDb}	36,34±3,05 ^{Bb}	31,57±4,04 ^{Bb}
M3	16,39±2,26 ^{ABa}	30,10±3,83 ^{Bab}	49,71±5,03 ^{BCc}	41,80±8,44 ^{Cbc}
M4	14,85±4,04 ^{ABa}	46,31±5,79 ^{CDb}	41,59±2,91 ^{BCb}	46,18±6,97 ^{Cb}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.7 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında nitrozopigment dönüşüm oranlarındaki (%) değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Yapılan varyans analizi, nitrozopigment dönüşüm oranına grup x süre etkileşiminin önemli etkisi olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Sürenin etkisi incelendiğinde; nitrozopigment dönüşüm oranı, nitrit içermeyen K grubu sucuklarda önemsiz ($p>0,05$) düzeyde artış, nitrit içeren diğer sucuk gruplarında ise üretimin 0. günü ile 6. ve 9. günleri arasında önemli ($p<0,05$) düzeyde artış şeklinde gerçekleşmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisine bakıldığında; üretim süresi boyunca en fazla nitrozopigment dönüşüm oranı M1 grubu sucuklarda belirlenmiş, üretimin 6. gününde M1 grubu sucukların nitrozopigment dönüşüm oranının K, M2 ve M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu görülmüştür. Bitkisel nitrit kaynağı içeren M2, M3 ve M4 gruplarında nitrozopigment dönüşüm oranı 6. ile 9. günlerde benzer ($p>0,05$) olurken, üretimin 6. ve 9. günlerinde, M2, M3 ve M4 grubu sucukların nitrozopigment dönüşüm oranının kimyasal nitrit içeren M1 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Ercoşkun (2006), fermantasyon süresinin sucuğun bazı kalite özelliklerine etkisini araştırdığı çalışmada sucuk hamurunda 75,49 mg/kg olarak tespit edilen

nitrozomiyogloblin miktarının 9. gün sonunda 183,32 mg/kg olduğunu, fermentasyon süresi boyunca arttığını ve bunun istatistiki olarak önemli olduğunu belirtmiştir. Toplam pigment miktarının ise 208,64 mg/kg'dan kurumaya bağlı olarak son üründe 215,33 mg/kg'a yükseldiğini bildirmiş, fermentasyon süresince nitrozopigment dönüşüm oranlarını ise %36,17-85,16 arasında belirlemiştir. Bozkurt ve Erkmen (2004), 15 gün olgunlaştırılarak üretilen sucuklarda ilk 12 günde nitrozomiyogloblin dönüşüm oranının arttığını, nitrat/nitrit içermeyen kontrol örneklerinde nitrozomiyogloblin dönüşüm oranının olgunlaştırma sürecinde %10,50-50,00, nitrat/nitrit içeren sucuklarda ise nitrat/nitrit içeriğine bağlı olmakla birlikte üretim sürecinde %10,50-83,00 arasında olduğunu bildirmiştir. Işıksal (2021), kereviz ve siyah havuç konsantresi ilave ederek üretilen sucuklarda üretimin ilk 6 gününde tüm sucuk örneklerinde kür pigmenti miktarının arttığını, üretimin sonunda 60,18-77,28 mg/kg arasında olduğunu, toplam pigment miktarının da muhtemelen kurumaya bağlı nem kaybının sonucu olarak arttığını ifade etmiştir. Ispanak, dereotu, maydanoz ve pazı tozunun nitrat/nitrit kaynağı olarak kullanıldığı çalışmada Babaoğlu (2020), üretim süresince nitrozomiyogloblin miktarında önemli ölçüde artış gözlemlendiğini, pazı tozu ile üretilen sucuklarda en yüksek, dereotu tozu ilavesi ile üretilen sucuklarda ise en düşük nitrozopigment miktarının belirlendiğini bildirmiştir. Redfield ve Sullivan (2015), ön dönüştürülme ile elde edilen kereviz tozunun hindi etinde farklılık oluşturmadığını, benzer kür pigmenti ve toplam pigment oluştuğunu ifade etmişlerdir. Yine çalışmamızla benzer şekilde, nitrite alternatif olarak kırmızı pancar ve turp tozu kullanılarak üretilen sosislerde üretim sürecinde nitrozopigment ve toplam pigment miktarının arttığı, nitrozopigment dönüşüm oranının %10,04-31,84 aralığında değiştiği belirtilmiş ve bunun fermentasyon ve olgunlaşma sürecinde nitrit içeriğinin, nitritin nitroz oksite dönüşmesi nedeniyle azalması ve nitrozopigment içeriğinin artmasından kaynaklandığı bildirilmiştir (Ozaki vd. 2021).

Sucuklarda farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanımının depolama sırasında kür pigment miktarına olan etkisi çizelge 4.12'de verilmiştir. En düşük kür pigmenti miktarlarına nitrit içermeyen K sucukların sahip olduğu ve depolama sırasında önemli bir değişim göstermediği belirlenmiştir. Depolama süresinde sucukların kür pigmenti miktarlarında artış ve azalışlar gözlenmiş, depolama sonunda K ve M1 grubu sucuklarda azaldığı, M2,

Çizelge 4.12 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların kür pigmenti (mg/kg) miktarına etkisi

Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	41,43±19,29	51,77±11,12	47,98±11,05	39,56±6,43	45,19±6,20 ^A
M1	166,42±14,62	164,47±24,86	133,98±9,32	122,25±25,75	146,78±6,20 ^{BC}
M2	114,81±19,23	142,21±3,85	138,04±6,56	151,90±1,97	136,74±6,20 ^B
M3	131,37±19,70	166,82±24,81	142,39±8,20	139,12±28,28	144,93±6,20 ^{BC}
M4	166,82±27,17	150,80±28,81	147,76±4,41	181,85±3,87	161,81±6,20 ^C

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0.05$).

M3 ve M4 grubu sucuklarda ise arttığı belirlenmiştir. Nitrit içeren örneklerin kür pigmenti miktarları depolama başlangıcında 114,81-166,82 mg/kg arasında, depolama sonunda ise 122,25-181,85 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.12). Farklı nitrit kaynaklarının ve depolama süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucuna göre (EK 4), kür pigmenti miktarına uygulamanın etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu etkiyi gösteren Duncan sonuçlarına göre, nitrit içermeyen K grubunun kür pigmenti miktarı diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde düşük ($p<0,05$), M1, M2, M3 grupları arasındaki fark ile M1, M3, M4 grupları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Nitrit içermeyen K grubu dışında kalan (M1, M2, M3 ve M4) sucuk gruplarındaki varyans analizi sonuçlarına göre, kür pigmenti miktarlarına grup x süre etkileşimi önemsiz ($p>0,05$) bulunmuştur. Bu sonuç, depolama sırasında da ön dönüştürülmüş bitkisel kaynakların kür rengini korumada kimyasal nitrit kadar etkili olduğunu göstermiştir.

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucuklarda depolama sırasında toplam pigment miktarında meydana gelen değişim çizelge 4.13'te gösterilmiştir. Toplam pigment miktarının yine K grubu sucuklarda en düşük, nitrit kaynağı içeren gruplarda ise yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama sırasında toplam pigment miktarı K grubunda başlangıçta 190,86 mg/kg iken 1. ayda artış, 2. ve 3. ayda azalış göstererek depolama

sonunda 198,99 mg/kg olmuştur. Nitrit kaynağı içeren gruplarda ise toplam pigment miktarı depolama başında (0. ay) 304,30-362,78 mg/kg arasında değişmiş, 1. ve 2. aylarda artış-azalış göstererek depolama sonunda (3. ay) 345,10-362,74 mg/kg arasında değişmiştir.

Çizelge 4.13 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların toplam pigment (mg/kg) miktarına etkisi

Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	190,86±10,01	219,32±23,28	200,82±19,67	198,99±8,49	202,50±8,95 ^A
M1	304,30±79,34	313,14±19,96	333,88±18,75	353,26±1,20	326,15±8,95 ^B
M2	362,78±14,47	360,41±11,31	406,22±53,97	345,10±18,39	368,63±8,95 ^C
M3	316,00±16,67	328,12±12,78	348,82±13,68	333,84±16,97	331,70±8,95 ^B
M4	360,91±4,33	363,96±5,40	376,39±3,62	362,74±10,76	366,00±8,95 ^C
Ortalama	306,97±8,01 ^a	316,99±8,01 ^{ab}	333,23±8,01 ^b	318,79±8,01 ^{ab}	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Yapılan varyans analizi sonucuna göre (EK 4), depolama süresi ve farklı nitrit kaynağı kullanımının her ikisinin de toplam pigment miktarına etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu etkiyi gösteren Duncan sonuçlarına göre, sürenin etkisi depolama başlangıcı ile 2 ay arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış olarak belirlenirken diğer aylar arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde; K grubu sucukların toplam pigment miktarı diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük bulunmuştur. M1 ve M3 grubu sucuklar ile M2 ve M4 grubu sucukların toplam pigment miktarları benzer ($p>0,05$) iken birbirleri ile aralarındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Sadece nitrit kaynağı içeren sucuklarda yapılan varyans analizi, depolama sırasında toplam pigment miktarına sadece uygulamanın etkisi ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. M1 ile M3 grubu sucukların toplam pigment miktarları ve M2 ve M4 grubu sucuklardan

önemli düzeyde düşük, kendi aralarında benzer ($p>0,05$) bulunmuştur (sonuçlar gösterilmemiştir).

Depolama sırasında sucuklarda belirlenen nitrozopigment dönüşüm oranı (%) çizelge 4.14 ve şekil 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların nitrozopigment dönüşüm oranlarına (%) etkisi

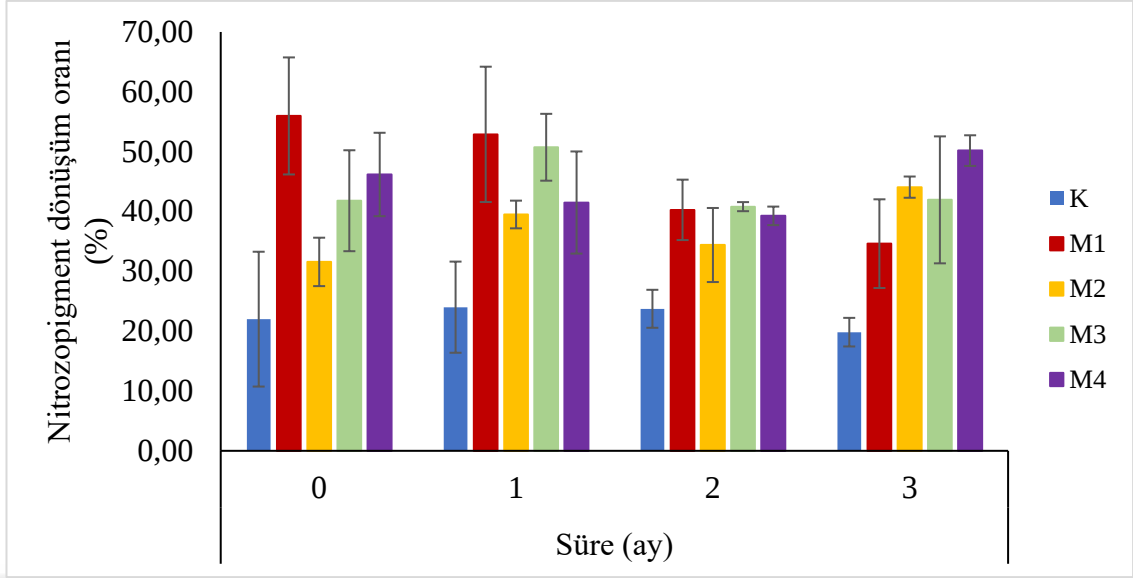
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	22,01±11,26	24,01±7,62	23,74±3,18	19,83±2,39	22,39±2,39 ^A
M1	55,97±9,78	52,89±11,31	40,27±5,05	34,62±7,41	45,94±2,39 ^C
M2	31,57±4,04	39,50±2,31	34,40±6,19	44,07±1,78	37,38±2,39 ^{BC}
M3	41,80±8,44	50,73±5,59	40,81±0,76	41,94±10,61	43,82±2,39 ^{BC}
M4	46,18±6,97	41,50±8,53	39,27±1,55	50,17±2,56	44,28±2,39 ^{BC}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Nitrozopigment dönüşüm oranı depolama başında en düşük %22,01 ile K grubu, en yüksek %55,97 ile M1 grubu sucuklarda belirlenmiş, bitkisel nitrit kaynağı içeren gruplarda ise %31,57-46,18 arasında değişmiştir. Depolamanın 1. ve 2. ayında artış ve azalışlar meydana gelmiş, depolama sonunda ise nitrozopigment dönüşüm oranı M2, M3 ve M4 gruplarında artış, K ve M1 gruplarında azalış şeklinde gerçekleşmiştir. Yapılan varyans analizi (EK 4), nitrozopigment dönüşüm oranına farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Duncan sonuçlarına göre, nitrit içermeyen K grubu sucukların nitrozopigment dönüşüm oranının diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu bulunmuştur. M1, M3, M4 gruplarının ve M2, M3, M4 gruplarının nitrozopigment dönüşüm oranının ise benzer ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.14).



Şekil 4.8 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında nitrozopigment dönüşüm oranlarındaki (%) değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Işıksal (2021), kereviz ve siyah havuç konsantresi ilave edilen sucuklarda depolama sırasında kür pigmenti miktarının kontrol grubu dışında 2. ve 3. aylarda arttığını, toplam pigment miktarının ise sabit kaldığını, bunun da depolama süresince renk kalitesinin korunmasına katkı sağladığını belirtmiştir. Bozkurt ve Erkmen (2004), sucuklarda 45 günlük depolama süresinde nitrozomiyogloblin dönüşüm oranının azaldığını, depolama sürecinde nitrat/nitrit içermeyen kontrol örneklerinde %24,68-48,14 nitrat/nitrit içeren sucuklarda ise %39,64-81,23 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Ozaki vd. (2021), nitrit kaynağı olarak turp ve pancar tozu kullanılarak üretilen fermente sosislerde 60 günlük depolamanın ardından yalnızca %1 oranında pancar tozu içeren örneklerde kontrol örneğinden yüksek toplam pigment bulunduğunu, toplam pigment miktarının azalmasının hem proteinlerinin oksidasyonu ile ilişkili olan depolama sıcaklığı, oksijen ve ışığa maruz kalmadan etkilendiğini bildirmişlerdir. Babaoğlu (2020), farklı bitkisel kaynaklar kullanarak üretilen sucuklarda depolamanın ilerleyen zamanlarında nitrozomiyogloblin miktarlarında artış gözlemlendiğini, en yüksek nitrozomiyogloblin içeriğine ıspanak tozu ilaveli sucuk örneklerinin sahip olduğunu, nitrat ile kürlenmiş örneklerin ise en düşük nitrozomiyogloblin içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Çalışmamızda bitkisel nitrit ilaveli sucuklarda kimyasal nitrit ilaveli gruplar ile yakın kür ve toplam pigment oluşması

istenilen etkiyi sağlamakla birlikte literatürdeki verilerden yüksek bulunmasının ön dönüştürme yapılan bitkisel nitrit kaynakları kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2.6 Kalıntı nitrit miktarı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucuklarda üretim süresince belirlenen kalıntı nitrit miktarları çizelge 4.15 ve şekil 4.9’da verilmiştir. Üretim boyunca en düşük kalıntı nitrit miktarı nitrit içermeyen K grubu sucuklarda saptanmıştır. Üretimin başında 3,04 mg/kg olarak belirlenen kalıntı nitrit miktarı üretim süresince bir miktar artış-azalış göstererek son üründe 2,89 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Kimyasal nitrit içeren M1 grubu sucuklar (150 mg/kg nitrit) üretimin başında 47,85 mg/kg ile en yüksek kalıntı nitrit içeriğine sahip grup olurken üretimin sonunda (9. gün) bu değer 13,88 mg/kg’a düşmüştür. Bitkisel nitrit kaynağı içeren M2, M3 ve M4 grubu sucuklarda ise üretimin başında 12,40-18,68 mg/kg arasında değişen kalıntı nitrit miktarlarının, üretimin sonunda 12,79-17,06 mg/kg aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bitkisel nitrit kaynakları içerisinde kırmızı pancar tozu içeren M4 grubu sucuklar son üründe en fazla kalıntı nitrit miktarına sahip olan grup olmuştur. Bu sonuçlar, ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarının en az kimyasal nitrit kadar üründe kalıntı nitrit içerdiğini göstermiştir. Pancar tozu içeren sucuklarda daha yüksek miktarda kalıntı nitrit tespit edilmesinin nedeninin bitkisel kaynaklar arasında nitrat nitrit dönüşümünün farklı oranlarda gerçekleşmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Farklı nitrit kaynağı kullanımının ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi, grup x süre etkileşiminin kalıntı nitrit miktarı üzerinde önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, kalıntı nitrit miktarı üzerine sürenin etkisi incelendiğinde; nitrit içermeyen K grubu sucuklarda üretim süresi boyunca meydana gelen değişim önemsiz ($p>0,05$) bulunurken, sodyum nitrit ve nitrit kaynağı içeren sucuklarda 0. gün ile 3., 6. ve 9. günler arasındaki fark önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma olarak gerçekleşmiştir. Bitkisel nitrit kaynaklarında ise 0.gün ile diğer günlerdeki kalıntı nitrit miktarları arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Bu gruplarda, 3, 6

Çizelge 4.15 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların kalıntı nitrit (mg/kg) miktarına etkisi

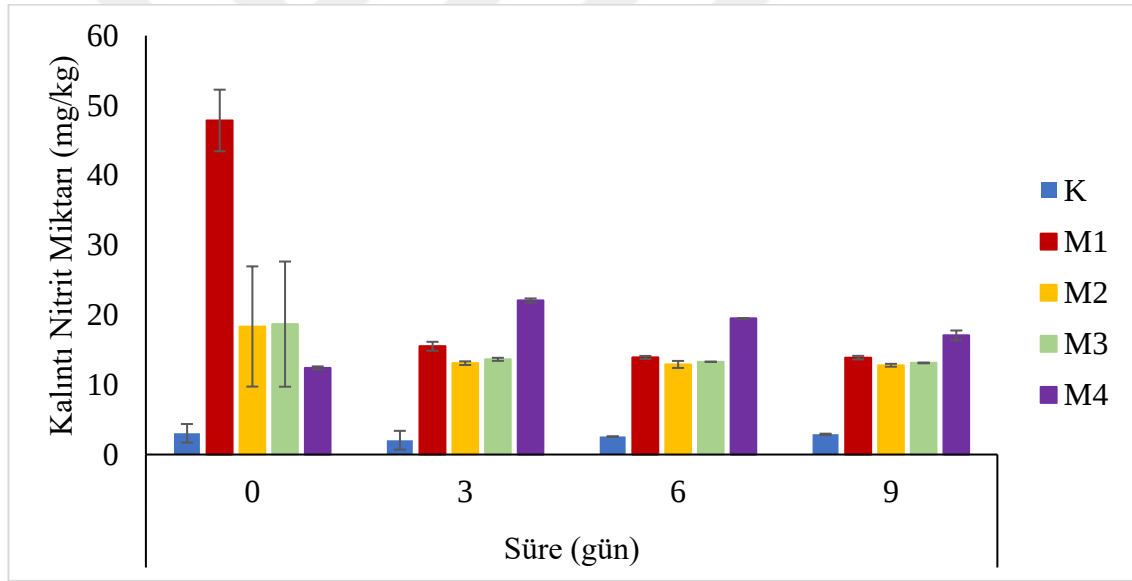
Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	3,04±1,33 ^{Aa}	2,05±1,34 ^{Aa}	2,57±0,03 ^{Aa}	2,89±0,10 ^{Aa}
M1	47,85±4,41 ^{Ba}	15,51±0,64 ^{Bb}	13,91±0,21 ^{Bb}	13,88±0,26 ^{Bb}
M2	18,34±8,61 ^{Aa}	13,09±0,26 ^{Bb}	12,91±0,50 ^{Bb}	12,79±0,21 ^{Bb}
M3	18,68±8,97 ^{Aa}	13,64±0,22 ^{Bb}	13,29±0,21 ^{Bb}	13,12±0,06 ^{Bb}
M4	12,40±0,23 ^{Aa}	22,06±0,30 ^{Cb}	19,50±0,04 ^{Cb}	17,06±0,71 ^{Cb}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.9 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında kalıntı nitrit (mg/kg) miktarlarındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

ve 9. gün kalıntı nitrit miktarları birbirine benzer düzeylerde ($p>0,05$) olmuştur. Uygulamanın etkisi incelendiğinde; başlangıç kalıntı nitrit miktarlarının sodyum nitrit içeren M1 grubu sucuklar dışında benzer ($p>0,05$) olduğu, üretimin 3, 6 ve 9. günlerinde K sucuklar en düşük, kırmızı pancar içeren M4 sucuklar en yüksek kalıntı nitrit içeriği ile

diğer gruplarla aralarındaki fark önemli ($p<0,05$) düzeyde olmuştur. Olgunlaşmanın 3, 6 ve 9. günlerinde M1, M2 ve M3 sucuklarının kalıntı nitrit içerikleri ise birbirlerine yakın ($p>0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.15).

Kimyasal nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren sucuk grupları (M1, M2, M3 ve M4) arasındaki varyans analizi sonucu incelendiğinde, grup x süre etkileşimi yine önemli olmakla birlikte, yalnızca 9. gün değerlerinde farklılık olduğu, M1, M2 ve M3 grubu sucukların kalıntı nitrit miktarlarının benzer ($p>0,05$) ve M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde düşük ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur (sonuçlar gösterilmemiştir).

Kürleme amacıyla ete ilave edilen nitritin başlangıçta belirli miktarının pigmentlerle birleştiği ve başka reaksiyonlara girdiği bilinmektedir. Bu nedenle tespit edilebilir nitrit miktarı hızla azalmakta ve başlangıçta ilave edilen miktardan oldukça düşük bulunmaktadır (Pérez-Rodríguez vd. 1996, Cassens 1997).

Üren ve Babayiğit (1997), piyasada bulunan önemli pazar payına sahip sucuklarda yaptığı çalışmada, kalıntı nitrit içeriklerinin 2,51- 11,25 mg/kg arasında değiştiğini, Bozkurt ve Erkmen (2004), sucuklarda kalıntı nitrit miktarının 15 günlük olgunlaşma süresinin ilk 8 günü boyunca 150 mg/kg'dan 2 mg/kg'a ve 75 mg/kg'dan 1 mg/kg'a düştüğünü, sonrasında ise bir miktar arttığını belirtmişlerdir. Ercoşkun (2006), geleneksel sucukta başlangıç kalıntı nitrit miktarının 27,83 mg/kg olduğunu, üretim süresince azalarak 9. günde 6,04 mg/kg olarak belirlendiğini bildirmiştir. Çalışmamızda elde edilen kalıntı nitrit miktarları verilen bulgulardan bir miktar yüksek olmakla birlikte bu durum formülasyondaki farklılıklardan, starter kültürden, ortamdaki indirgen maddelerin varlığından kaynaklanabilir (Honikel 2008). Kürlenmiş etlerdeki kalıntı nitritin miktarı ürün tipine, üretim şekline ve depolama süresine bağlı olarak değişmektedir (Cassens 1978).

Ön dönüştürülmüş kereviz suyu tozu ile üretilen dilimlenmiş hamlarda (Myers vd. 2013) ve hindi etinde (Redfield ve Sullivan 2015) kalıntı nitrit miktarının zamanla azaldığı ve bu azalmanın da başlangıç nitrit miktarı ile ilişkili olduğu ortaya konmuştur. Hwang vd.

(2018), ön dönüştürülmüş sebze tozları ilavesi ile üretilen sosislerde kalıntı nitrit miktarının fermente ıspanak, fermente marul, fermente kereviz ve fermente kırmızı pancar sırasıyla azaldığını belirtmiş, kalıntı nitrit içeriklerindeki farklılığın fermantasyon sırasında nitratin nitrite dönüşüm oranı ile ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Ön dönüştürülmüş sebze tozları içeren örneklerde, kontrol örneğinden daha düşük kalıntı nitrit tespit edildiğini bildirmişlerdir. Benzer şekilde Babaoğlu (2020), dereotu, ıspanak, maydanoz ve pazı tozu kullanılarak üretilen sucuklarda son üründe en düşük kalıntı nitrit miktarına kimyasal nitrit içeren grubun sahip olduğunu belirtmiş, üretim sırasında kalıntı nitrit içeriklerinin kademeli bir şekilde azaldığını ifade etmiştir. Sucuklarda kalıntı nitrit miktarlarının üretimin başında en fazla kimyasal nitrit ilave edilen sucuklarda (18 mg/kg), daha sonra ıspanak tozu ilave edilen sucuklarda (14 mg/kg) belirlendiğini, 7 günlük üretim sürecinde giderek azaldığını ve üretim sonunda da 2-4 mg/kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Choi vd. (2017), fermente kırmızı pancar ekstraktı içeren emülsifiye etlerde en düşük kalıntı nitrit içeriğini kontrol örneklerinde belirlemiş, fermente kırmızı pancar ekstraktının miktarının artmasıyla da kalıntı nitrit miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Işıksal (2021), kereviz ve havuç suyu konsantresi ilave ederek üretilen sucuklarda kalıntı nitrit miktarının üretim sırasında giderek azaldığını, ancak bitkisel kaynak içeren sucuklarda 9. günde 12.34-17.04 mg/kg arasında değişen düzeylerde kalıntı nitrit bulunduğunu bildirmiştir. Son üründe bitkisel nitrat/nitrit kaynağı kullanılan sucukların kalıntı nitrit miktarlarının kimyasal nitrit kullanılan sucuklardan yüksek olsa da aralarında istatistiksel olarak fark belirlenmediğini ifade etmiştir. Benzer şekilde, Kim vd. (2017) fermente ıspanak ekstraktı ile kürlenmiş etlerde en yüksek kalıntı nitrit içeriğini kimyasal nitrit içeren kontrol grubunda belirlerken etlerdeki kalıntı nitrit miktarının fermente ıspanak ekstraktı miktarının artmasıyla arttığını bildirmişlerdir.

Üç ay depolama sırasında sucukların kalıntı nitrit miktarlarındaki değişim çizelge 4.16 ve şekil 4.10'de verilmiştir. En düşük kalıntı nitrit miktarı 2,89 mg/kg ile nitrit ilavesiz K grubu sucuklarda belirlenmiş, depolamanın 1. ve 2. ayında azalan kalıntı nitrit miktarı 3. ayda artarak 2,63 mg/kg olarak bulunmuştur. Nitrit kaynağı içeren gruplarda kalıntı nitrit miktarı depolamanın başında 12,79-17,06 mg/kg aralığında değişmiş, depolama sırasında çok az azalış ve artış göstermiştir. Depolama sonunda kalıntı nitrit içerikleri en yüksek

pancar tozu içeren M4 grubu, en düşük kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklar olmak üzere 12,77-17,73 mg/kg aralığında değişmiştir (Şekil 4.10).

Çizelge 4.16 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların kalıntı nitrit (mg/kg) miktarına etkisi

Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	2,89±0,10	2,53±0,34	2,49±0,76	2,63±0,19	2,63±0,16 ^A
M1	13,88±0,26	13,14±0,01	12,26±0,97	13,25±0,00	13,13±0,16 ^B
M2	12,79±0,21	12,75±0,01	12,62±0,51	12,77±0,00	12,73±0,16 ^B
M3	13,12±0,06	13,23±0,56	13,10±0,54	13,34±0,00	13,20±0,16 ^B
M4	17,06±0,71	16,50±0,49	16,53±0,41	17,73±0,73	16,95±0,16 ^C
Ortalama	11,95±0,14 ^a	11,63±0,14 ^{ab}	11,40±0,14 ^b	11,94±0,14 ^a	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

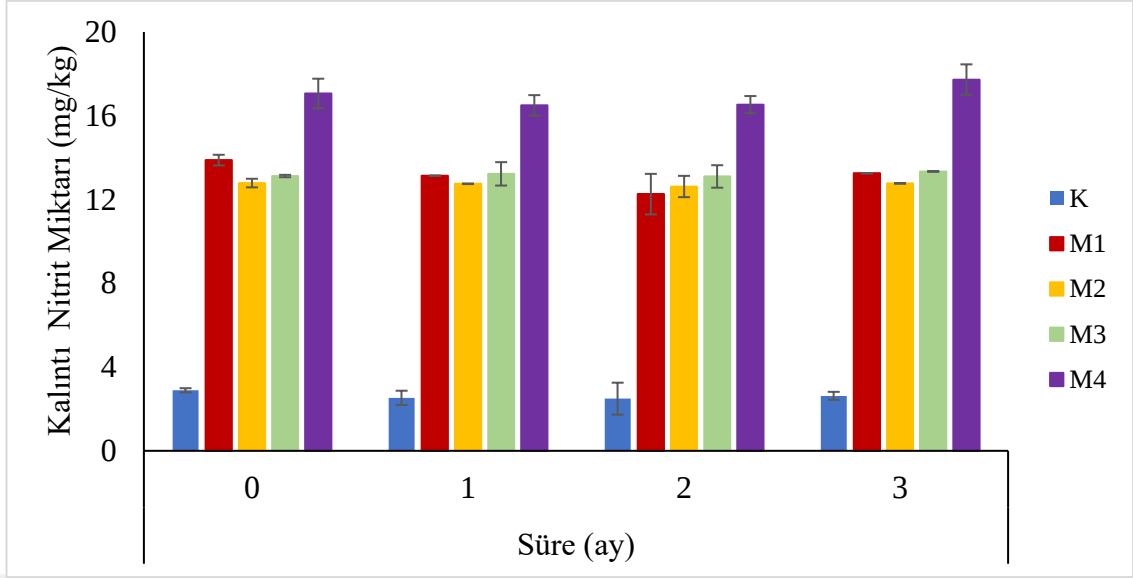
K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Yapılan varyans analiz sonucuna göre (EK 4), kalıntı nitrit içeriğine süre ve uygulamanın etkisi ayrı ayrı önemli (p<0,05) bulunmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde depolama başlangıcı ile 1. ve 3. aylar arasında önemsiz düzeyde (p>0,05) değişim olduğu görülmüştür. Depolamanın 2. ayında belirlenen kalıntı nitrit miktarlarının depolama başlangıcına göre önemli düzeyde (p<0,05) düşük, 3. ay meydana gelen artışın ise 2. ay kalıntı nitrit miktarlarına göre önemli düzeyde (p<0,05) yüksek olduğu tespit edilmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde ise, depolama sırasında M1, M2 ve M3 grubu sucukların kalıntı nitrit miktarlarının benzer (p>0,05) olduğu, nitrit içermeyen K grubu sucukların kalıntı nitrit miktarlarının bu gruplardan (M1, M2, M3) önemli düzeyde (p<0,05) düşük, pancar tozu içeren M4 grubu sucukların ise önemli düzeyde (p<0,05) yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Horsch vd. (2014), nitrit ilavesiz, 100 ve 200 mg/kg nitrit içerecek düzeyde kereviz suyu konsantresi ve kimyasal nitrit ilavesinin ham dilimlerinde kalıntı nitrit miktarına etkisini



Şekil 4.10 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında kalıntı nitrit (mg/kg) miktarlarındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

4 °C’de 35 gün depolama sırasında incelemişler ve çalışmamızda olduğu gibi en düşük kalıntı nitrit miktarını nitrit ilavesiz örneklerde (3,32 mg/kg) saptamışlardır. Araştırmacılar, düşük nitrit ilaveli örneklerde depolama sonunda daha düşük kalıntı nitrit belirlendiğini, düşük pH’ya ayarlanarak ürüne katılan kereviz suyu konsantresi içeren örneklerde yine daha düşük kalıntı nitrit saptandığını bildirmişlerdir. Nitrit kaynağı ilave edilen ham örneklerinde 35 gün depolama sonunda kalıntı nitrit miktarlarını 39,62-106,94 mg/kg gibi yüksek düzeylerde belirlemişlerdir.

Sucu ve Yıldız Turp (2018), farklı oranlarda kırmızı pancar tozu ilavesi ile üretilen sucuklarda 84 günlük depolama süresinin başı ve sonu arasında kalıntı nitrit miktarı açısından istatistiksel bir fark belirlenmediğini ifade etmişlerdir. En yüksek oranda pancar tozu içeren sucuk örneğinin ise depolamanın 28., 42., 56., ve 70. günlerinde kontrol örneğinden daha fazla kalıntı nitrit içerdiğini belirtmişlerdir. Benzer şekilde, kırmızı pancar tozu ile muamele edilen sosislerde 20 günlük depolama süresince (Jin vd. 2014), nitrit yerine sebze suyu tozu içeren hamlarda 90 günlük depolama süresince (Sindelar vd. (2007b) kalıntı nitrit miktarının azaldığı, ancak artan sebze tozu konsantrasyonlarında

kalıntı nitrit miktarının da arttığı belirlenmiştir. Yine Riyad vd. (2018), kimyasal nitrit yerine kereviz, maydanoz, kırmızı pancar ve ıspanak tozu ilavesi içeren sosislerde 4 haftalık depolama süresince kalıntı nitrit miktarlarında azalma meydana geldiğini, kontrol örneğinde sebze tozu içeren örneklerden daha fazla kalıntı nitrit bulunduğunu bildirmişlerdir.

Işıksal (2021), kereviz suyu ve siyah havuç suyu konsantresi ilave edilerek üretilen sucuklarda bitkisel kaynaklı olanların kalıntı nitrit miktarlarını depolama başlangıcında 11,94- 16,53 mg/kg, 3 aylık depolama sonunda ise 9,07-12,30 mg/kg arasında değiştiğini belirlemiştir. Bozkurt ve Erkmen (2004), sucuklarda 2,84-3,87 mg/kg arasında değişen kalıntı nitrit içeriğinin 45 günlük depolama süresi sonunda 10,90-12,01 mg/kg aralığına kadar yükseldiğini, bunun nitratın ve diğer azotlu bileşiklerin nitrite indirgenmesi sebebiyle olabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda depolama esnasında bulunan kalıntı nitrit miktarlarının literatür verileriyle uyumlu olduğu görülmüştür.

4.2.7 Tiyobarbitürik asit reaktif maddesi (TBARM) değeri

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucukların üretim sırasında TBARM değerlerindeki değişim çizelge 4.17’de ve şekil 4.11’de verilmiştir. Üretimin başında sucuk hamurunda elde edilen TBARM değerleri 0,90-1,20 mg MDA/kg iken olgunlaşma sırasında artmış, son üründe (9. gün) 1,63-2,11 mg MDA/kg aralığında değişmiştir. Olgunlaşma sırasında en yüksek TBARM değerine tüm analiz günlerinde nitrit içermeyen K grubu; en düşük TBARM değerine ise 6. gün ıspanak tozu içeren M3, 9. gün nitrit içeren M1 grubu sucuklar sahip olmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre (EK 4), TBARM değerlerine nitrit kaynakları ve üretim süresinin etkisinin ayrı ayrı önemli olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Duncan sonuçlarına göre, farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde, üretim sırasında nitrit içermeyen K grubu sucukların TBARM değerinin nitrit içeren diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek olduğu bulunmuştur. Nitrit içeren grupların ortalama 1,43-1,51 mg MDA/kg arasında değişen TBARM değeri ile birbirlerine benzer ($p>0,05$) oldukları görülmüştür. Sucukların TBARM değerlerine sürenin etkisi incelendiğinde ise 0. gün ile 3., 6., ve 9. günler

arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış, 3., 6. ve 9. günler arasında ise önemsiz düzeyde değişim ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların TBARM (mg MDA/kg) değerine etkisi

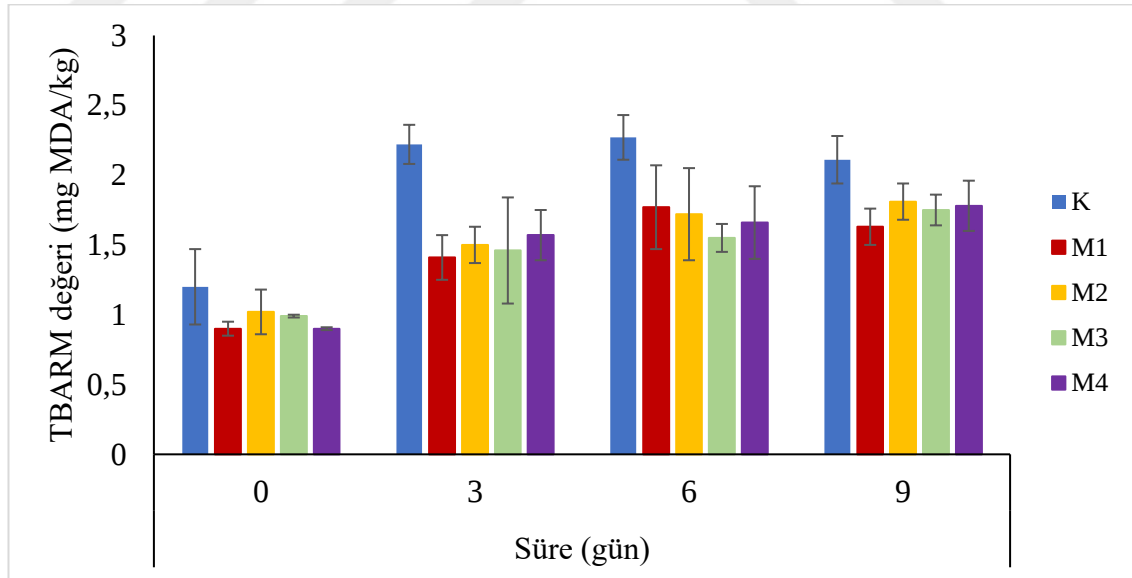
Grup	Süre (gün)				Ortalama
	0	3	6	9	
K	1,20±0,27	2,22±0,14	2,27±0,16	2,11±0,17	1,95±0,07 ^A
M1	0,90±0,05	1,41±0,16	1,77±0,30	1,63±0,13	1,43±0,07 ^B
M2	1,02±0,16	1,50±0,13	1,72±0,33	1,81±0,13	1,51±0,07 ^B
M3	0,99±0,01	1,46±0,38	1,55±0,10	1,75±0,11	1,44±0,07 ^B
M4	0,90±0,01	1,57±0,18	1,66±0,26	1,78±0,18	1,48±0,07 ^B
Ortalama	0,10±0,06 ^a	1,63±0,06 ^b	1,79±0,06 ^b	1,82±0,06 ^b	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.11 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında TBARM (mg MDA/kg) değerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Varyans analizi yalnızca nitrit kaynaklı sucuk gruplarına uygulandığında (M1, M2, M3 ve M4), TBARM değerine yalnızca sürenin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Bu etki de sadece 0. gün ile diğer günler arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) artış olarak gözlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir).

Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının ilave edilmesi ile üretilen sucuklarda depolama sırasında belirlenen TBARM değerleri çizelge 4.18’de ve şekil 4.12’de verilmiştir. Depolama başında 1,63-2,11 mg MDA/kg arasında değişen TBARM değeri, 3 aylık depolama süresi sonunda 0,84-2,42 mg MDA/kg arasında değişmiştir. Depolama sırasında tüm analiz dönemlerinde en yüksek TBARM değeri nitrit içermeyen K grubu sucuklarda, en düşük TBARM değeri ise nitrit içeren M1 grubu sucuklarda bulunmuştur. Yapılan varyans analizi, TBARM değerine grup x süre etkileşiminin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, sürenin etkisi incelendiğinde depolama sırasında K grubu sucuklarda önemsiz düzeyde ($p>0,05$) artış; M3 ve M4 grubu sucuklarda ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalış meydana gelmiştir (Çizelge 4.18). K grubu dışındaki tüm gruplarda 1. ayda başlayan TBARM değerindeki azalma, 2. ayda da devam etmiş, M1 ve M2 grubu sucuklarda görülen azalışın 0. ay ile 3. ay arasında önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur.

Çizelge 4.18 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların TBARM (mg MDA/kg) değerine etkisi

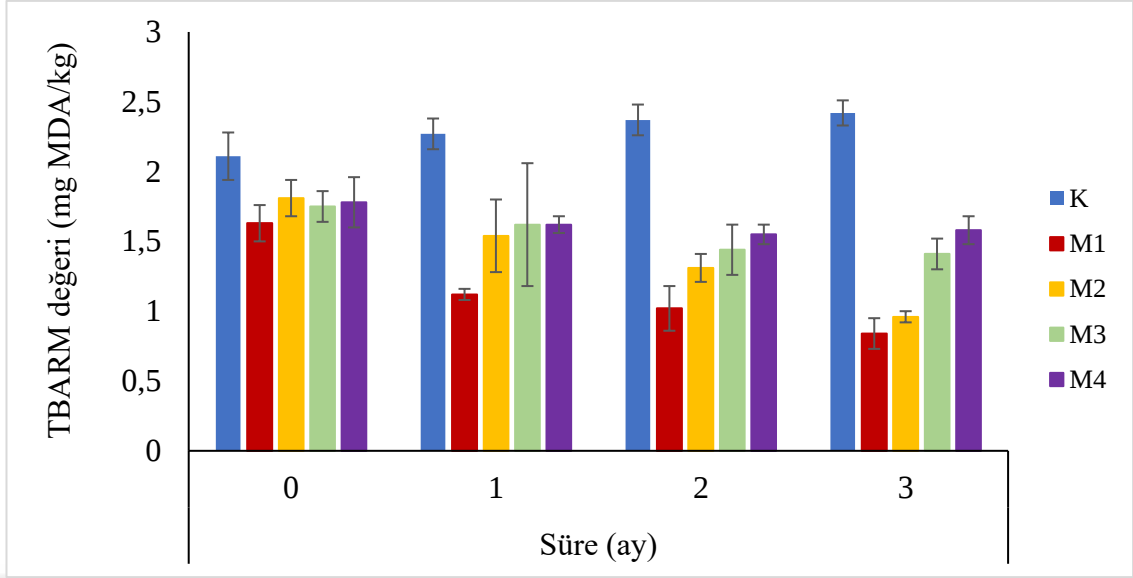
Grup	Süre (ay)			
	0	1	2	3
K	2,11±0,17 ^{Aa}	2,27±0,11 ^{Aa}	2,37±0,11 ^{Aa}	2,42±0,09 ^{Aa}
M1	1,63±0,13 ^{Ba}	1,12±0,04 ^{Bb}	1,02±0,16 ^{Bb}	0,84±0,11 ^{Bb}
M2	1,81±0,13 ^{ABa}	1,54±0,26 ^{Bab}	1,31±0,10 ^{BCbc}	0,96±0,04 ^{Bc}
M3	1,75±0,11 ^{ABa}	1,62±0,44 ^{Ba}	1,44±0,18 ^{Ca}	1,41±0,11 ^{Ca}
M4	1,78±0,18 ^{ABa}	1,62±0,06 ^{Ba}	1,55±0,07 ^{Ca}	1,58±0,10 ^{Ca}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.12 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında TBARM (mg MDA/kg) değerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Farklı nitrit kaynağı kullanımının TBARM değerine olan etkisinde ise depolamanın başında nitrit içermeyen K ve nitrit içeren M1 grubu sucuklara arasındaki fark önemli ($p<0,05$) bulunurken nitrit kaynağı içeren M1, M2, M3 ve M4 sucukları benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Depolamanın 1., 2. ve 3. ayında M1, M2, M3 ve M4 grubu sucukların TBARM değeri K grubu sucuklardan önemli düzeyde düşük ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.18). Farklı bitkisel nitrit kaynaklarının TBARM oluşumunu azaltmada kimyasal nitrit kadar etkili olduğu görülmektedir. Depolama sonunda (3. ay) ıspanak ve kırmızı pancar içeren M3 ve M4 sucuklarının TBARM değerleri K grubundan önemli düzeyde düşük, M1 ve M2 grubundan ise önemli düzeyde yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.18).

K grubu dışındaki sucuklara uygulanan varyans analizi TBARM değerlerine depolama süresinin ve uygulamanın ayrı ayrı önemli etkiye sahip olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Depolama başlangıcı ile 1., 2. ve 3. aylar arasında TBARM değerleri önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmış, 2. ve 3. aylar arasında ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımı için ise M1 grubu sucukların diğer gruplardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük TBARM değerine sahip olduğu belirlenmiştir. M3 grubu sucukların M2

ve M4 grubu sucuklar ile benzer olduğu ancak kereviz tozu içeren M2 grubu sucukların TBARM değerlerinin pancar tozu içeren M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu görülmüştür (sonuçlar gösterilmemiştir).

Geleneksel olarak üretilen sucuklarda olgunlaşma sırasında TBARM değerinin arttığı ifade edilmektedir (Bozkurt ve Erkmen 2004, Ercoşkun 2006). Sucuklarda farklı katkı maddelerinin kullanımı ile TBARM değerinin olgunlaşma döneminde kademeli olarak artarak 0,61 mg/kg'dan 1,73 mg/kg'a yükseldiği (Bozkurt ve Erkmen 2007), hayvansal yağın farklı oranlarda zeytinyağı ile değiştirilmesi ile üretilen sucuklarda ise fermentasyon ve olgunlaştırma sırasında artarak en fazla 1,63 mg MA/kg'a ulaştığı (Kayaardı ve Gök 2003) bildirilmiştir.

Babaoğlu (2020), bitkisel nitrit kaynağı olarak dereotu, maydanoz, ıspanak, pazı tozu ilave ettiği ve 3 ay depoladığı sucuklarda en düşük TBARM değerini 0,43 mg MA/kg ile ıspanak tozu ilave edilen örneklerde saptamıştır. Depolama süresinin ilerlemesi ile TBARM değerlerinin tüm örneklerde arttığı, en yüksek değerin 90. günde tespit edildiği ifade edilmiştir. Işıksal (2021), 75 ve 150 mg/kg eşdeğeri kimyasal ve bitkisel nitrit (kereviz ve kara havuç konsantresi) ilave ederek ürettikleri fermente sucuklarda üretim ve depolama sırasında TBARM değerlerinin arttığını, üretimin 9. gününde yüksek nitrit kaynağı içeren örneklerde daha düşük (0,45-0,59 mg MA/kg), düşük nitrit kaynağı içerenlerde daha yüksek (0,61-0,72 mg MA/kg) ve nitrit kaynağı içermeyen K örneklerde ise en yüksek (0,74 mg/kg) TBARM değerlerinin bulunduğunu belirtmiştir. Üç ay depolama sonunda ise TBARM değerlerinin artarak 0,71-0,98 mg MA/kg arasında değiştiğini bildirmiştir.

Ozaki vd. (2021), nitrite alternatif olarak turp ve kırmızı pancar tozu ilave edilerek üretilen sosislerde olgunlaşmadan sonra kontrol örneğinden daha düşük TBARM değeri tespit edildiğini belirtmiş, turp tozu içeren örnekler ile kimyasal nitrit içeren örnekler arasında bir fark olmadığı ortaya konmuştur. Araştırıcılar bu sonuç ile turp tozunun fermente sosislerde lipit oksidasyonunu geciktirerek nitritin yerini alma potansiyeline sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Benzer şekilde Hwang vd. (2018), n dönüştürülmüş

ıspanak ve marul içeren sosislerde daha düşük TBARM değeri elde edildiğini belirtip, bunun nedeninin sebze tozlarının kalıntı nitrit içeriklerinin örneklerin oksidatif stabilitesini etkileyebilmesi olabileceğini ifade etmişlerdir.

Djeri ve Williams (2014), farklı oranlarda kereviz suyu tozu ilavesi ile üretilen bolognada TBARM değerinin 10 haftalık depolama süresinin başında 1,17-1,95 mg MA/kg arasında değiştiğini, tüm haftalar arasında da benzer bulunduğunu belirtmişlerdir. Depolama sonunda ise TBARM değerinin 1,17-1,74 mg MA/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir. Sucu ve Yıldız Turp (2018), farklı oranlarda kırmızı pancar tozu ilavesi ile üretilen sucuklarda depolama süresince TBARM değerlerinin önemli ölçüde arttığını, ancak depolama sonunda örnekler arasında anlamlı bir farka yol açmadığını belirlemişlerdir.

Kim vd. (2017), fermente ıspanak ekstraktı ile kürlenene etlerde fermente ıspanak ekstraktı miktarının artmasıyla TBARM değerlerinin azaldığını belirlemişlerdir. Fermente ıspanak ekstraktındaki ön dönüştürülmüş nitrit ile kürlenene etlerin nitrit ilave edilmiş pozitif kontrol örneklerine göre lipit oksidasyonuna karşı benzer koruyucu etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca ıspanağın kendi antioksidan aktivitesinin de lipit oksidasyonunu önleyebileceği bildirilmiştir. Kırmızı pancar tozunun et emülsiyonlarında (Choi vd. 2017), kereviz suyu tozu ilavesinin ise hamlarda (Sindelar vd. 2007b) lipit oksidasyonunu azaltmada kimyasal nitrit ile benzer özellikte olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar literatürdeki verilerin bazıları ile benzerlik, bazıları ile farklılık göstermektedir. Farklılığın nedenlerinin kullanılan yöntem, formülasyon, üretim koşulları olduğu düşünülmektedir.

4.2.8 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

4.2.8.1 Toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında belirlenen toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısı çizelge 4.19 ve şekil 4.13'te verilmiştir. Sucuk hamurunda

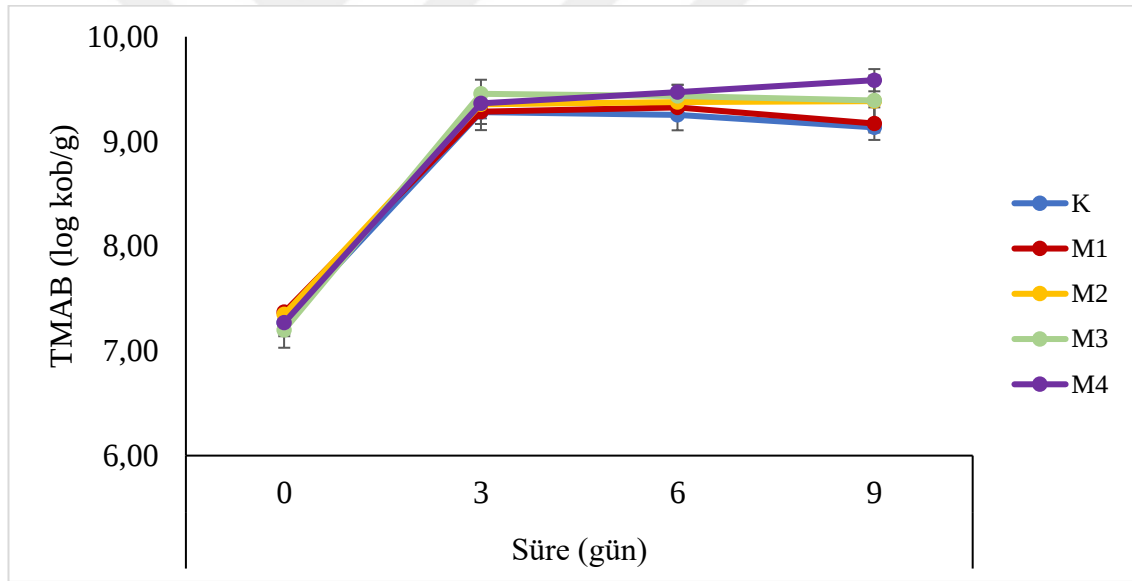
Çizelge 4.19 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların TMAB (log kob/g) sayısına etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	7,27±0,11	9,28±0,11	9,26±0,15	9,14±0,05
M1	7,37±0,00	9,29±0,18	9,33±0,08	9,17±0,16
M2	7,35±0,01	9,36±0,13	9,38±0,06	9,34±0,18
M3	7,20±0,17	9,46±0,13	9,44±0,11	9,39±0,24
M4	7,27±0,13	9,37±0,06	9,47±0,07	9,59±0,11
Ortalama	7,29±0,04 ^a	9,35±0,04 ^b	9,37±0,04 ^b	9,33±0,04 ^b

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.13 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında TMAB sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

7,20-7,37 log kob/g aralığında değişen TMAB sayısı olgunlaşmanın ilk 3 gününde artarak 9,28-9,46 log kob/g aralığına yükselmiş, üretimin sonunda (9. gün) ise 9,14-9,59 log kob/g aralığında değişmiştir. TMAB sayısı K ve M3 grubu sucuklarda 3. günden, M1 ve M3 grubu sucuklara ise 6. günden itibaren azalmıştır. En düşük TMAB sayısı üretim

boyunca nitrit içermeyen K grubu sucuklarda belirlenirken; en yüksek TMAB sayısı üretimin 3. günü 9,46 log kob/g ile ıspanak tozu içeren M3 grubu sucuklarda, 6. ve 9. gün ise sırasıyla 9,47 ve 9,59 log kob/g ile pancar tozu içeren M4 grubu sucuklarda saptanmıştır (Şekil 4.13, Çizelge 4.19).

Farklı nitrit kaynakları kullanımının ve üretim süresinin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu (EK 4), TMAB sayısına sürenin etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğunu göstermiştir. Sucuklarda TMAB sayısı üretim başlangıcı (0. gün) ile 3., 6. ve 9. günler arasında önemli ($p<0,05$) düzeyde artış şeklinde olmuştur. TMAB sayısı üretimin 3. günü ile 6. günü arasında önemsiz düzeyde artmış, 6. gün ile 9. gün arasında ise yine önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalmıştır (Çizelge 4.19).

Sucuklarda depolama sırasında TMAB sayısında meydana gelen değişim çizelge 4.20 ve şekil 4.14'te verilmiştir. TMAB sayıları, depolama başında en yüksek, 9,59 log kob/g ile M4 grubu sucuklarda, en düşük 9,14 log kob/g ile K grubu sucuklarda belirlenirken, depolama sonunda 8,76-9,19 log kob/g aralığına düşmüştür. Depolamanın 1. ayında kereviz tozu içeren M2 grubu dışındaki sucuk gruplarında, 2. ayında ise K ve M1 grubu dışındaki sucuk gruplarında azalma şeklinde seyretmiştir.

Yapılan varyans analizi sonucu (EK 4), farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Duncan sonuçlarına göre, farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde, kereviz tozu içeren M2 ve ıspanak tozu içeren M3 grubu sucukların nitrit içeren M1 grubu sucuklardan daha yüksek TMAB sayısına sahip oldukları ($p<0,05$) belirlenmiştir. Bitkisel nitrit kaynağı içeren M2, M3 ve M4 grubu sucukların TMAB sayıları ise benzer ($p>0,05$) bulunmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde ise TMAB sayısının sürenin ilerlemesiyle birlikte önemli düzeyde azaldığı ($p<0,05$) gözlenmiştir. Depolamanın 1. ve 2. aylarında TMAB sayıları arasındaki değişim önemsiz olurken ($p>0,05$), 3. aydaki azalma diğer aylardan önemli düzeyde olmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.20).

Çizelge 4.20 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların TMAB (log kob/g) sayısına etkisi

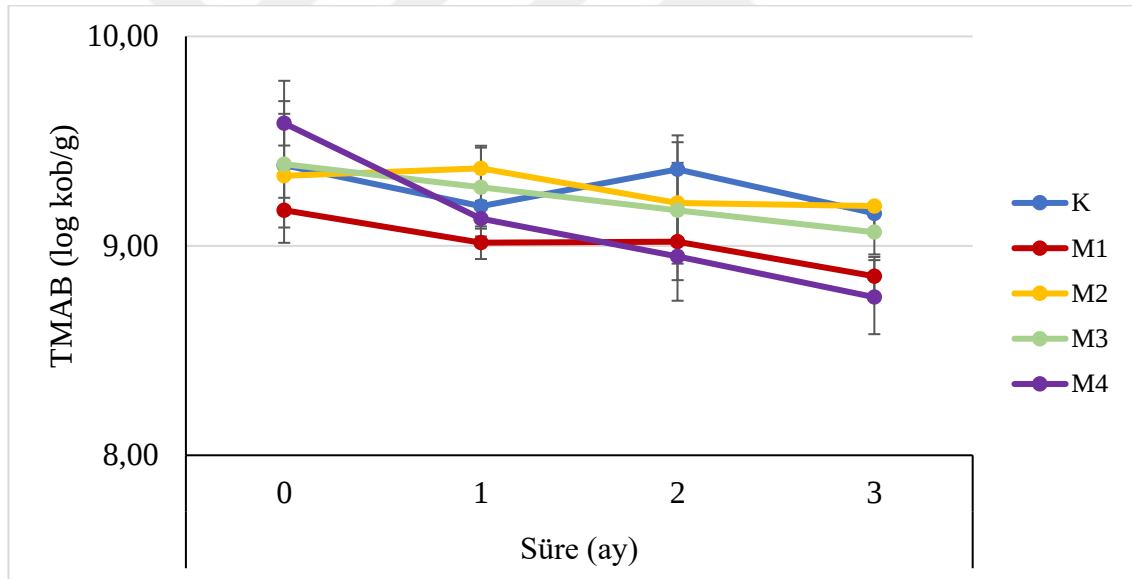
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	9,14±0,05	9,19±0,20	9,37±0,16	9,16±0,02	9,22±0,07 ^A
M1	9,17±0,16	9,02±0,08	9,02±0,18	8,86±0,09	9,02±0,07 ^B
M2	9,34±0,18	9,37±0,10	9,21±0,29	9,19±0,01	9,28±0,07 ^A
M3	9,39±0,24	9,28±0,20	9,17±0,23	9,07±0,11	9,23±0,06 ^A
M4	9,59±0,11	9,13±0,09	8,95±0,21	8,76±0,18	9,11±0,06 ^{AB}
Ortalama	9,33±0,04 ^a	9,20±0,06 ^b	9,14±0,06 ^b	9,00±0,06 ^c	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.14 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında TMAB sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Olgunlaşma sırasında pH ve su aktivitesindeki azalma nedeniyle toplam canlı sayısı, önce artış ardından düşüş ile sabit hale gelmektedir (Soyer vd. 2005). Bozkurt ve Erkmén (2004), fermente sucuklarda olgunlaşmanın ilk 8 gününde aerobik koloni sayısının

arttığını, depolama sırasında ise azaldığını bildirmiştir. Dalmış (2007), starter ilaveli ve ilavesiz olarak ürettiği sucuklarda her iki grupta da TMAB sayısının 4. güne kadar arttığını, pH değerinde görülen düşme ve kurumaya bağlı olarak 4. günden sonra azaldığını bildirmiştir. Kontrol grubunda ve starterli grupta TMAB sayılarının sırasıyla sucuk hamurunda 5,20, 6,00 log kob/g, 4. gün 7,50, 7,91 log kob/g, üretim sonunda ise (9. gün) 7,31, 7,50 log kob/g olarak belirlendiği ifade edilmiştir.

Gönülalan vd. (2004), farklı starter kültür kombinasyonlarının sucuklar üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında sucuk hamurunda 6,86-8,89 log kob/g arasında olan mezofilik aerobik mikroorganizma sayısının 4. güne kadar tüm gruplarda kademeli olarak arttığını, 6. gün kontrol grubunda 7,88 log kob/g iken starter kültür içeren gruplarda 8,38-9,96 log kob/g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Işıksal (2021), siyah havuç ve kereviz konsantresi ilave edilerek üretilen sucuklarda TMAB sayısının sucuk hamurunda 6,35-6,61 log kob/g, son üründe ise 9,0-9,43 log kob/g arasında değiştiğini bildirmiştir. Farklı oranlarda siyah havuç konsantresi ilave edilerek üretilen sucuklarda 12 günlük olgunlaşma sonunda TMAB sayısının 8,47-8,73 log kob/g aralığında değiştiği bildirilirken (Ekici vd. 2015), fermente kırmızı pancar ekstraktı ilave edilen et emülsiyonlarında fermente kırmızı pancar ekstraktı ve askorbik asitin toplam canlı sayısını düşürdüğü ve raf ömrünü uzatma potansiyeline sahip olabileceği (Kim vd. 2017) ortaya konmuştur. Çalışmamızda farklı nitrit kaynağı ilavesi ile elde edilen sucuklara ait TMAB sayıları literatürde yer alan değerler ile benzerlik göstermektedir.

4.2.8.2 Laktik asit bakteri (LAB) sayısı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucukların üretim süresince laktik asit bakteri (LAB) sayısındaki değişimi çizelge 4.21 ile şekil 4.15'te verilmiştir. Üretimin başında 6,66-6,86 log kob/g arasında belirlenen LAB sayısı, üretimin 3. ve 6. günlerinde artarak sırasıyla 9,18-9,38 log kob/g ve 9,20-9,53 log kob/g arasında değişmiştir. Üretim sonunda meydana gelen düşüş ile LAB sayısı en düşük 9,07 ile K grubu, en yüksek 9,73 ile pancar tozu içeren M4 grubu sucuklarda bulunmuştur. Bitkisel kaynaklar içerisinde pancar ekstraktı içeren sucuklar 9. günde diğer gruplardan daha yüksek LAB sayısına sahip olmuştur. Bitkisel lif kaynaklarının laktik asit bakterilerinin gelişimini teşvik ettiği

bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Jung vd. 2018, Işıksal 2021). Nitekim %3 düzeyinde pancar tozu ortamda fazla miktarda ilave substrat kaynağı oluşturmuştur.

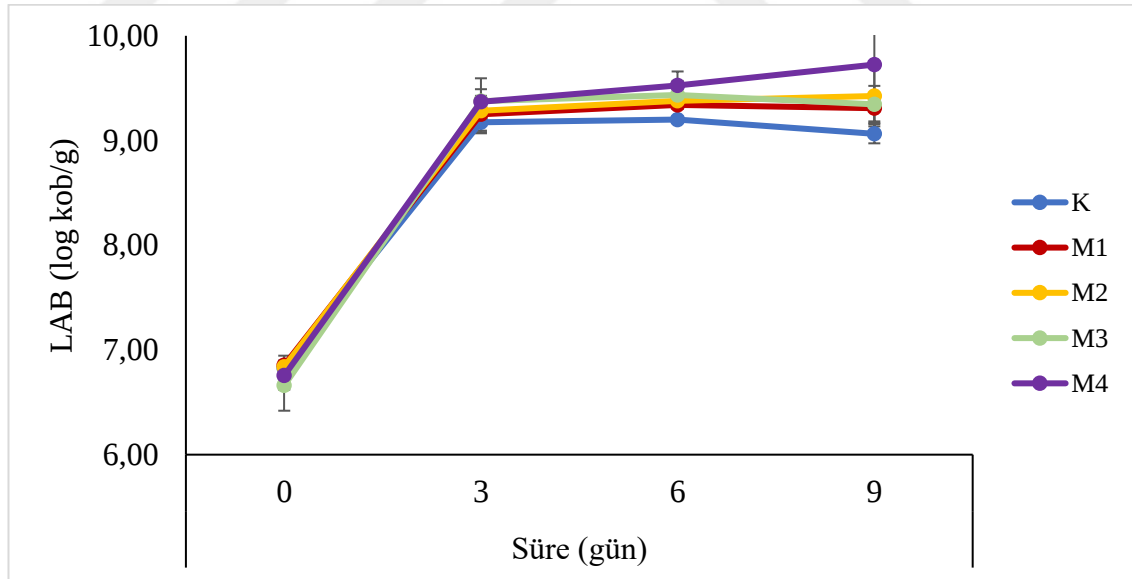
Çizelge 4.21 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların LAB (log kob/g) sayısına etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	6,83±0,12	9,18±0,11	9,20±0,03	9,07±0,09
M1	6,86±0,01	9,25±0,16	9,34±0,17	9,31±0,13
M2	6,84±0,00	9,29±0,21	9,38±0,17	9,43±0,29
M3	6,66±0,24	9,38±0,22	9,44±0,13	9,35±0,18
M4	6,76±0,13	9,37±0,06	9,53±0,13	9,73±0,35
Ortalama	6,79±0,05 ^c	9,29±0,05 ^b	9,38±0,05 ^a	9,38±0,05 ^a

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.15 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında LAB sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Farklı nitrit kaynakları kullanımının ve üretim süresinin etkisinin belirlenmesi için yapılan varyans analizi sonucu (EK 4), grup x süre etkileşimi önemsiz ($p>0,05$) bulunurken, LAB sayısına sürenin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). LAB sayısının sucuklarda üretimin 3. günü önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı görülmüştür. En düşük LAB sayısı 0. günde (6,79 log kob/g) ve en yüksek 6. ve 9. günlerde (ortalama 9,38 log kob/g) saptanmıştır. Üretimin 6. ve 9. günlerinde belirlenen LAB sayısı ortalamaları arasındaki fark önemli bulunmamıştır ($p>0,05$) (Çizelge 4.21).

Depolama süresi boyunca farklı bitkisel nitrit kaynağı içeren sucuklarda LAB sayısında meydana gelen değişim çizelge 4.22 ve şekil 4.16' da verilmiştir. Depolama başında LAB sayısı 9,07-9,73 log kob/g aralığında, depolama sonunda ise 8,82-9,23 log kob/g aralığında değişmiştir. Nitrit içermeyen K grubunda depolama boyunca LAB sayısı artış-azalış göstermiş, depolama sonunda 9,23 log kob/g ile diğer sucuk gruplarından yüksek sayıya ulaşmıştır. M1, M3 ve M4 grubu sucuklarda depolama döneminin tüm analiz zamanlarında, M2 grubu sucuklarda ise 2. ay dışındaki aylarda LAB sayısında azalış meydana gelmiştir.

Çizelge 4.22 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların LAB (log kob/g) sayısına etkisi

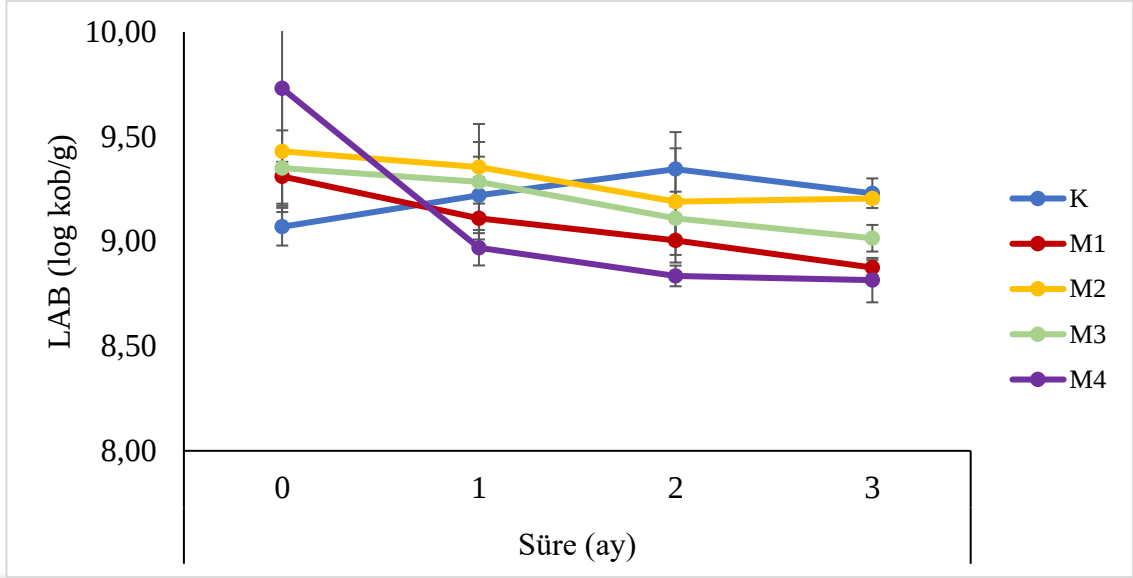
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
K	9,07±0,09	9,22±0,26	9,35±0,18	9,23±0,07	9,22±0,07 ^B
M1	9,31±0,13	9,11±0,07	9,01±0,11	8,88±0,04	9,08±0,07 ^C
M2	9,43±0,29	9,36±0,05	9,19±0,26	9,21±0,02	9,30±0,07 ^A
M3	9,35±0,18	9,29±0,28	9,11±0,13	9,02±0,06	9,19±0,07 ^B
M4	9,73±0,35	8,97±0,09	8,84±0,05	8,82±0,11	9,09±0,07 ^C
Ortalama	9,38±0,05 ^a	9,19±0,06 ^b	9,10±0,06 ^c	9,03±0,06 ^d	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.16 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında LAB sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Yapılan varyans analizi, depolama sırasında LAB sayısına süre ve farklı nitrit kaynağı kullanımının ayrı ayrı önemli olduğunu ortaya koymuştur ($p<0,05$) (EK 4). Bu etkileri gösteren Duncan sonuçlarına göre sürenin etkisi incelendiğinde; depolama başlangıcı ile diğer aylar arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma meydana gelmiştir. Vakum ambalajlı sucuklarda sürenin uzaması ile LAB sayıları azalmıştır. En düşük LAB sayısı 3.ayda (9,03 log kob/g) belirlenmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde ise; K ve M3 ile M1 ve M4 grupları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz ($p>0,05$), en yüksek ortalamaya sahip kereviz tozu içeren M2 sucukların (9,30 log kob/g) LAB sayısı ile diğer gruplar arasındaki fark ise önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Depolama sırasında M4 sucuklar, M1 sucuklarla birlikte en düşük LAB ortalamasına sahip olmuşlardır (sırasıyla 4,09 ve 4,08 log kob/g) (Çizelge 4.22).

Ercoşkun (2006), geleneksel sucuklarda sucuk hamurunda 7,65 log kob/g olarak belirlenen TMAB sayısının fermantasyonun 3. gününde artarak 9,18 log kob/g olduğunu, son üründe ise (9. gün) 8,63 log kob/g olarak belirlendiğini belirtmiştir. Ekici vd. (2015), siyah havuç konsantresi ilave edilerek üretilen sucuklarda 12 günlük fermantasyonun

ardından LAB sayısının 8,36-8,71 log kob/g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Dalmış (2007), geleneksel olarak üretilen sucuklarda üretim sırasında LAB yükünde üretim 4. gününe kadar artış gözlenirken sonrasında düşme gözlendiğini, depolama sırasında ise 1. ayda az bir artış 2. ve 3. aylarda ise azalma görüldüğünü belirlemiştir.

Çalışmamız ile benzer şekilde Babaoğlu (2020), sucuğa dereotu, maydanoz, ıspanak ve pazı tozu ilave ederek ürettiği sucukların LAB sayılarının sodyum nitrit ile kürlenen sucuklardan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Işıksal (2021), farklı bitkisel nitrit kaynaklarının (konsantre kereviz ve siyah havuç suyu) K ve kimyasal nitrit içeren sucuklardan daha yüksek LAB sayılarına sahip olduklarını bildirmiştir. Sucu ve Yıldız Turp (2018), nitrit yerine kırmızı pancar tozu kullanarak üretilen sucukların depolama süresince laktik asit bakterisi sayılarının azaldığını bunun sucuklardaki su aktivitesindeki azalma ve düşük depolama sıcaklığı nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. Laktik asit bakteri sayısının depolama sırasında kırmızı pancar tozu oranı fazla olan örneklerde daha yüksek olduğunu, pancar tozunun ek bir substrat görevi görerek laktik asit bakterilerinin pancardaki şekeri kullanması sonucu sayılarını arttırmış olabileceğini ifade etmişlerdir.

4.2.8.3 Koagülaz negatif kok (KNK) sayısı

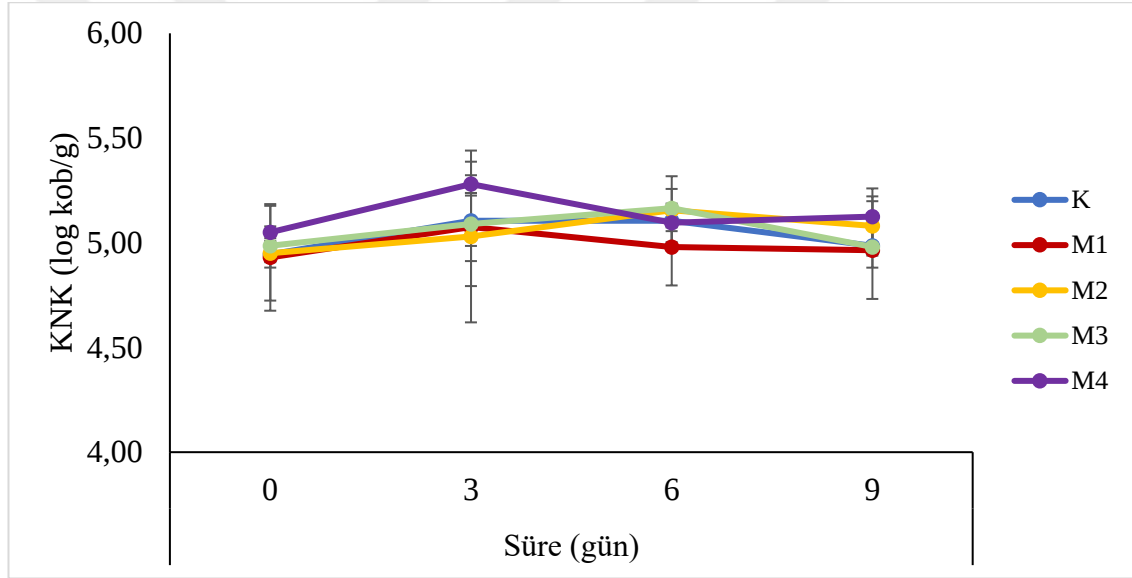
Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucuklarda üretim sırasında koagülaz negatif kok (KNK) sayısındaki değişim izelge 4.23 ile şekil 4.17’de verilmiştir. Üretim başında KNK sayısı 4,93-5,05 log kob/g arasında değişmiş, üretim 3. günü tüm sucuk gruplarında artarak 5,03-5,28 log kob/g arasında bulunmuştur. Üretim 6. gününde M1 ve M4 grubunda azalmış, diğer sucuk gruplarında artış devam etmiştir. Üretim sonunda ise KNK sayısı en düşük 4,97 ile nitrit içeren M1 grubu, en yüksek 5,13 ile pancar tozu içeren M4 grubu ve 5,08 ile kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklarda belirlenmiştir. Nitrit içermeyen K, kimyasal nitrit içeren M1 ve ıspanak tozu içeren M2 grubu sucularda ise birbirine yakın KNK sayıları belirlenmiştir (izelge 4.23, şekil 4.17).

Çizelge 4.23 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların KNK (log kob/g) sayısına etkisi

Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	4,95±0,06	5,11±0,12	5,11±0,05	4,99±0,01
M1	4,93±0,26	5,08±0,16	4,98±0,18	4,97±0,23
M2	4,95±0,23	5,03±0,41	5,16±0,16	5,08±0,14
M3	4,99±0,08	5,09±0,30	5,17±0,09	4,98±0,10
M4	5,05±0,03	5,28±0,04	5,10±0,09	5,13±0,13

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.



Şekil 4.17 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında KNK sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonucu, üretim sırasında sucukların KNK sayısındaki değişime uygulama ve sürenin etkisinin olmadığını göstermiştir ($p>0,05$) (EK 4).

Depolama sırasında farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucukların KNK sayısında meydana gelen değişim, çizelge 4.24 ve şekil 4.18’de verilmiştir. Depolama başlangıcında 4,97-5,13 log kob/g arasında değişen KNK sayıları depolamanın 1. ayında tüm sucuk gruplarında azalarak 4,90-5,03 log kob/g aralığında değişmiştir. Depolamanın 2. ayında KNK sayısı, sabit kalan K grubu dışındaki tüm sucuk gruplarında azalmış, depolamanın sonunda 4,63-4,88 log kob/g aralığında belirlenmiştir (Şekil 4.18, Çizelge 4.24). Yapılan varyans analizi sonucuna göre, depolama sırasında sucuklarda KNK sayısına sürenin etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçları değerlendirildiğinde, depolama başlangıcı (0. ay) ile 1. ve 2. aylar arasında önemsiz düzeyde azalma ($p>0,05$) meydana gelirken, depolama başlangıcı ile depolama sonu arasındaki azalma önemli ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama sucukların KNK (log kob/g) sayısına etkisi

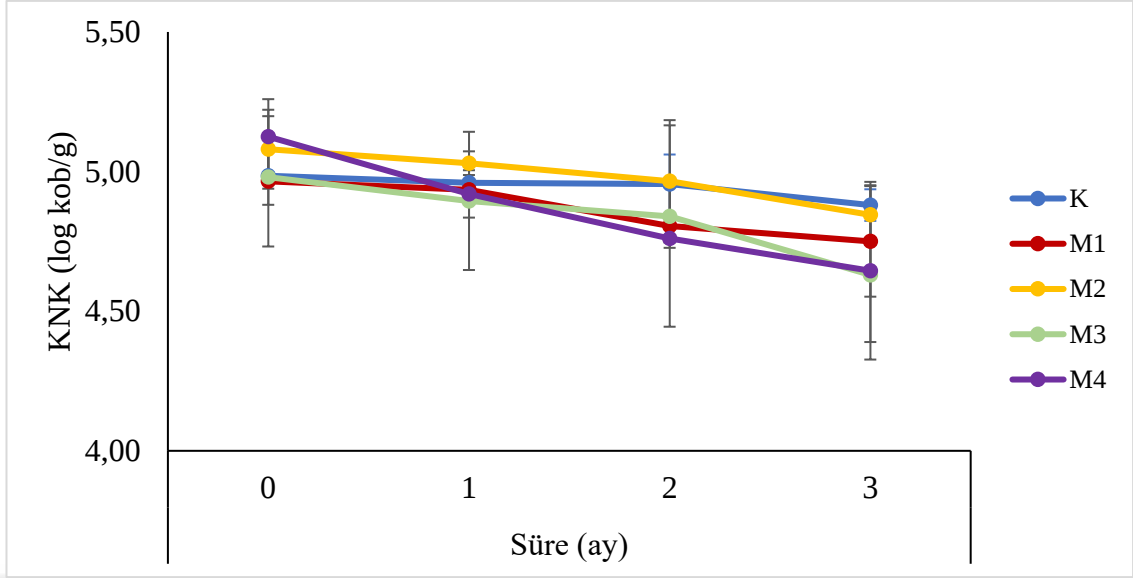
Grup	Süre (ay)			
	0	1	2	3
K	4,99±0,01	4,96±0,01	4,96±0,11	4,88±0,06
M1	4,97±0,23	4,94±0,02	4,81±0,36	4,75±0,20
M2	5,08±0,14	5,03±0,04	4,97±0,22	4,85±0,11
M3	4,98±0,10	4,90±0,25	4,84±0,11	4,63±0,24
M4	5,13±0,13	4,92±0,09	4,76±0,00	4,65±0,32
Ortalama	5,03±0,05 ^a	4,95±0,05 ^a	4,87±0,05 ^{ab}	4,75±0,05 ^b

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Gönülalan vd. (2004), farklı starter kültür kullanılarak üretilen sucuklarda stafilokok-mikrokok grubu mikroorganizma sayısının başlangıçta 3,90-6,78 log kob/g olarak tespit etmiş, 6. gün starter içermeyen kontrol grubunda 3,98 log kob/g, diğer gruplarda ise 4,28-7,49 log kob/g arasında olduğunu saptamışlardır. Dalmış (2007), starter ilavesi ile üretilen geleneksel sucuklarda mikrokok-stafilokok sayısının başlangıçta 5,20 log kob/g iken son üründe 5,72 log kob/g olarak belirlemiş, meydana gelen azalışın depolama döneminde de devam ettiğini belirtmiştir.



Şekil 4.18 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında KNK sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Ercoşkun (2006), geleneksel sucukta son üründe 4,53 log kob/g mikrokok-stafilokok bakteri bulunduğunu belirlemiş, fermentasyon sırasında pH düşüşü, kuruma ve mikrobiyal rekabet gibi nedenlerde mikrokok-stafilokok bakteri sayısının azaldığını bildirmiştir. Benzer şekilde Soyer vd. (2005), mikrokok-stafilokok bakteri sayısının olgunlaşma sırasında artış, ardından düşüş ile sabit hale geldiğini ve bunun pH ve su aktivitesindeki düşüşten kaynaklandığını ifade etmişlerdir. KNK bakterilerin asidik ve anaerobik şartlardan etkilendiği ve olgunlaşma sürecinde sayılarının azaldığı diğer çalışmalarda da ifade edilmiştir (Aksu ve Kaya 2004, Kaban ve Kaya 2006).

4.2.8.4 Maya-küf sayısı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucuklarda üretim sırasında maya ve küf sayısında meydana gelen değişim çizelge 4.25 ve şekil 4.19’da verilmiştir. Üretim başında sucuk hamurunda 3,00-3,41 log kob/g aralığında değişen maya ve küf sayısı nitrit içermeyen K grubu sucuklar hariç tüm sucuk gruplarında 3. gün azalarak nitrit içeren kaynaklarda 2,46-2,96 log kob/g aralığında değişmiş, K grubunda ise 3,53 log kob/g

olarak bulunmuştur. Üretimin 6. gününde tüm sucuk gruplarında gözlenen düşüş, 9. günde de devam etmiş ve nitrit içeren gruplarda 1,88-2,00 log kob/g aralığında değişirken, K grubunda en yüksek değer olan 2,53 log kob/g olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.25 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların maya-küf (log kob/g) sayısına etkisi

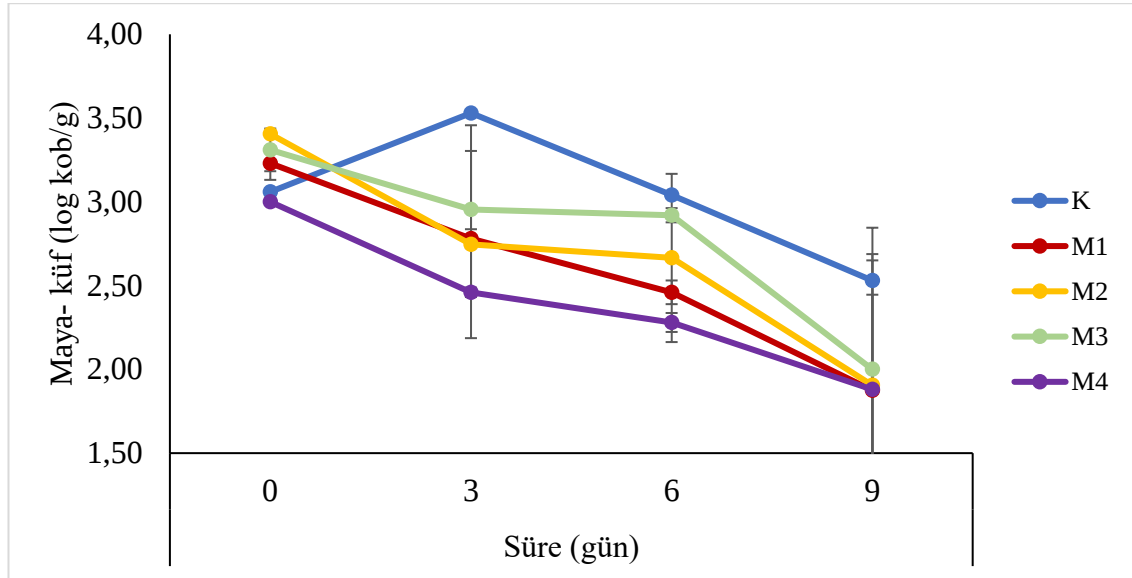
Grup	Süre (gün)				Ortalama
	0	3	6	9	
K	3,06±0,00	3,53±0,01	3,04±0,00	2,53±0,00	3,04±0,14 ^A
M1	3,23±0,10	2,78±0,06	2,46±0,07	1,88±0,81	2,59±0,14 ^B
M2	3,41±0,01	2,75±0,56	2,67±0,50	1,91±0,94	2,68±0,14 ^B
M3	3,31±0,13	2,96±0,50	2,92±0,04	2,00±0,65	2,80±0,14 ^{AB}
M4	3,00±0,00	2,46±0,03	2,28±0,06	1,88±0,57	2,41±0,14 ^B
Ortalama	3,20±0,13 ^a	2,89±0,13 ^{ab}	2,67±0,13 ^b	2,04±0,13 ^c	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.19 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında maya-küf sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Farklı nitrit kaynağı kullanımı ve üretim süresinin etkisinin belirlendiği varyans analizi sonucu, maya ve küf sayısına süre ve uygulamanın ayrı ayrı etkisi olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, sürenin etkisi incelendiğinde üretimin 0. ile 3. günü arasında meydana gelen azalma önemsiz düzeyde ($p>0,05$) olurken, 0. gün ile 6. ve 9. günleri arasındaki azalmanın ise önemli düzeyde ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Uygulamanın etkisi incelendiğinde ise nitrit içermeyen K grubu sucukların nitrit ve bitkisel nitrit kaynağı içeren M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek maya-küf sayısına sahip olduğu görülmüştür. M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklarda ise maya ve küf sayısının benzer ($p>0,05$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.25).

Yalnızca nitrit kaynağı içeren sucuk gruplarında (M1, M2, M3 ve M4) yapılan varyans analizi sonucu, üretim sırasında maya ve küf sayısına sadece sürenin etkisinin olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Sucuk hamuru ile üretimin 3., 6. ve 9. günleri arasında maya ve küf sayısının önemli düzeyde ($p<0,05$) azaldığı, 3. ve 6. günler arasında ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değiştiği belirlenmiştir (sonuçlar gösterilmemiştir).

Depolama sırasında farklı nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucukların maya ve küf sayısında meydana gelen değişim şekil 4.20 ve çizelge 4.26'da gösterilmiştir. Depolama başında maya ve küf sayısı en yüksek 2,53 log kob/g ile K grubu, en düşük 1,38 log kob/g ile sodyum nitrit içeren M1 grubu sucuklarda bulunmuştur. Depolamanın 1. ayında maya ve küf sayısı tüm sucuk gruplarında azalarak 0,38-1,34 log kob/g aralığında değişmiş; 2. ayında ise artarak 1,00-1,58 log kob/g aralığında değişmiştir. Depolama sonunda ise maya ve küf sayısı tüm sucuk gruplarında tekrar azalarak 0,45-0,91 log kob/g arasında bulunmuştur. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, maya ve küf sayısına depolama süresinin etkisinin önemli ($p<0,05$) olduğu görülmüştür (EK 4). Maya ve küf sayısında depolama başlangıcı ile 1. ay arasındaki azalma ve 2. ay arasındaki artış önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Depolamanın 2. ve 3. ayları arasında ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalış meydana gelmiştir (Çizelge 4.26).

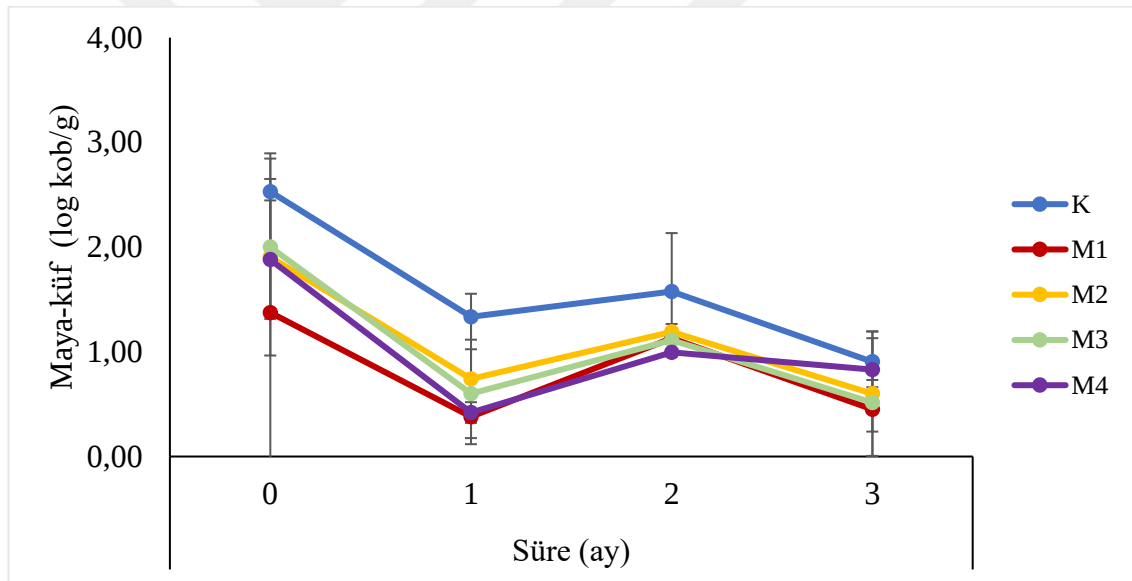
Çizelge 4.26 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların maya-küf (log kob/g) sayısına etkisi

Grup	Süre (ay)			
	0	1	2	3
K	2,53±0,00	1,34±0,22	1,58±0,56	0,91±0,29
M1	1,38±1,52	0,38±0,04	1,13±0,00	0,45±0,21
M2	1,91±0,94	0,74±0,62	1,19±0,00	0,60±0,59
M3	2,00±0,65	0,60±0,42	1,11±0,16	0,52±0,62
M4	1,88±0,57	0,42±0,10	1,00±0,01	0,83±0,10
Ortalama	1,94±0,17 ^a	0,70±0,17 ^b	1,20±0,17 ^c	0,66±0,17 ^c

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).



Şekil 4.20 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda depolama sırasında maya-küf sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Gönülalan vd. (2004), starter kültür ilaveli fermente sucuk hamurunda 2,05-3,44 log kob/g arasında değişen maya ve küf sayısının fermentasyon sonunda 3,31-3,96 arasında, Ekici vd. (2015) farklı oranlarda kara havuç konsantresi içeren sucuklarda 12 günlük fermentasyon süresi sonunda maya ve küf sayısının 3,54-5,21 log kob/g arasında

değiştiğini bildirmişlerdir. Gök (2006), çeşitli antioksidanlarla hazırlanan sucukların maya ve küf sayısının başlangıçta 4,35-4,44 log kob/g arasında olduğunu, olgunlaştırmanın son gününde ise 3,69-4,10 log kob/g arasında değiştiğini, depolama sırasında maya ve küf sayılarında düşüş gözlemlendiğini belirtmiştir.

Bozkurt ve Erkmen (2007), farklı katkı maddeleri kullanılarak üretilen sucuklarda süre ve katkı maddelerinin maya ve küf sayısı üzerinde etkili olduğunu tespit etmişlerdir. Olgunlaştırmanın başında 4,54 log kob/g olan maya ve küf sayısı 5. gün 5,09 log kob/g'a yükselirken depolama sonunda 2,70 log kob/g'a düşmüştür. Nitrat/nitritin etkisini inceledikleri başka bir çalışmada ise nitrat/nitrit içermeyen örneklerde olgunlaşmanın ilk 4 gününde maya ve küf sayısının arttığını, olgunlaşmanın devamında ve depolama sırasında ise azaldığını; nitrat/nitrit içeren örneklerde ise olgunlaşma ve depolama süresince maya ve küf sayısının azaldığını bildirmişlerdir (Bozkurt ve Erkmen 2004). Çalışmamızda kullanılan nitrit kaynakları içerisinde kimyasal nitrit içeren sucuklar en düşük maya-küf sayısı içermesine karşın, bitkisel kaynakların da maya-küf gelişimini azalttığı görülmektedir.

4.2.8.5 *Enterobacteriaceae* sayısı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucuklarda üretim sırasında *Enterobacteriaceae* sayısındaki değişim çizelge 4.27 ile şekil 4.21'de verilmiştir. Sucuk hamurunda (0. gün) 3,37-3,63 log kob/g olan *Enterobacteriaceae* sayısı, 3. gün nitrit içermeyen K grubu dışındaki tüm sucuk gruplarında azalarak 2,17-2,96 log kob/g arasında değişmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı üretimin 6. ve 9. günü tüm sucuk gruplarında azalmıştır. Üretim sonunda (9. gün) K grubunda 1,82 log kob/g olarak belirlenirken nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren sucuk gruplarında 1,04-1,22 log kob/g aralığında değişmiştir. Son üründe en düşük *Enterobacteriaceae* sayısına ıspanak tozu içeren M3 (1,03 log kob/g) ve sodyum nitrit içeren M1 grubu sucuklar (1,04 log kob/g) sahip olmuştur (Çizelge 4.27, Şekil 4.21).

Çizelge 4.27 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve üretim süresinin sucukların *Enterobacteriaceae* (log kob/g) sayısına etkisi

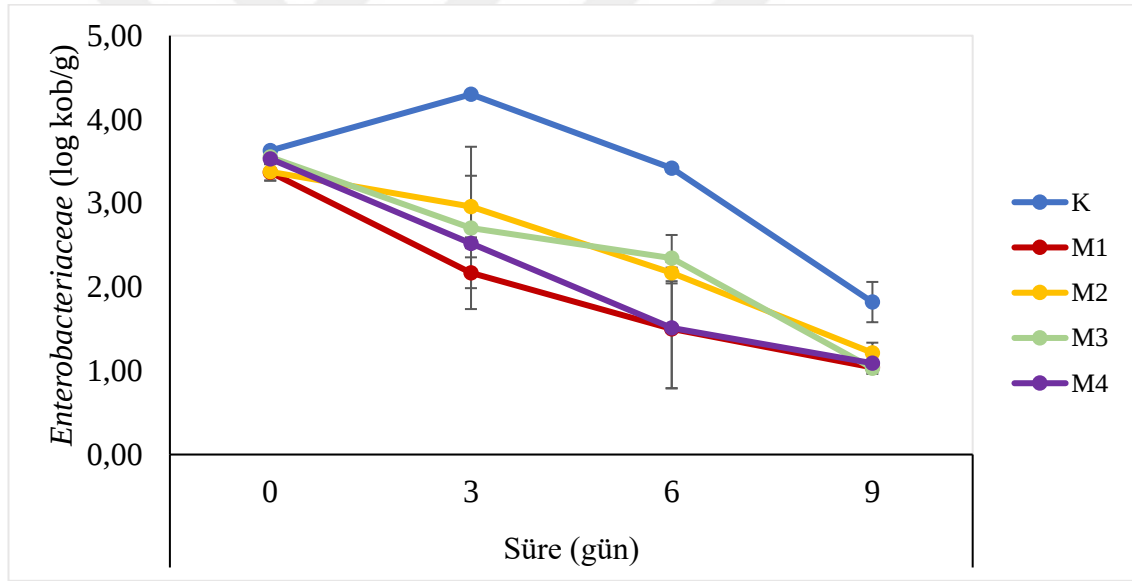
Grup	Süre (gün)			
	0	3	6	9
K	3,63±0,03 ^{Aa}	4,30±0,01 ^{Ab}	3,42±0,04 ^{Aa}	1,82±0,24 ^{Ac}
M1	3,37±0,10 ^{Ba}	2,17±0,18 ^{Cb}	1,50±0,71 ^{Cbc}	1,04±0,00 ^{Bc}
M2	3,38±0,11 ^{Ba}	2,96±0,37 ^{Ba}	2,17±0,13 ^{Bb}	1,22±0,12 ^{Bc}
M3	3,55±0,09 ^{ABa}	2,71±0,97 ^{Ba}	2,35±0,28 ^{Bab}	1,03±0,04 ^{Bb}
M4	3,53±0,11 ^{ABa}	2,52±0,06 ^{Bab}	1,51±0,72 ^{Cbc}	1,09±0,13 ^{Bc}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0.05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0.05).



Şekil 4.21 Farklı nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretim sırasında *Enterobacteriaceae* sayısındaki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Farklı nitrit kaynağı kullanımı ve üretim süresinin etkisinin belirlendiği varyans analizi sonucu, *Enterobacteriaceae* sayısına grup x süre etkileşiminin önemli olduğunu göstermiştir (p<0,05) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, uygulamanın etkisi incelendiğinde, sucuk hamurunda nitrit kaynaklı tüm gruplar benzer sayılarda (p<0,05)

iken, üretimin 3, 6 ve 9. günlerinde nitrit içermeyen K grubu sucukların *Enterobacteriaceae* sayısı sodyum nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren M1, M2, M3 ve M4 gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Üretimin 3. gününde en düşük *Enterobacteriaceae* sayısı M1 sucuklarında ($p<0,05$), daha sonra M2, M3 ve M4 sucuklarında belirlenmiştir. Son üründe nitrit içeren tüm sucuk grupları (M1, M2, M3 ve M4) benzer *Enterobacteriaceae* sayısına sahip olmuşlardır ($p>0,05$). Sürenin etkisi incelendiğinde ise; üretimin 0. ve 3. günleri arasında *Enterobacteriaceae* sayısının K grubu sucuklarda önemli düzeyde ($p<0,05$) arttığı, M1 grubu sucuklarda önemli düzeyde ($p<0,05$) azaldığı, M2 ve M3 grubu sucuklarda ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azaldığı tespit edilmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısında 3. ve 6. günler arasında meydana gelen azalma istatistiki olarak önemli ($p>0,05$) bulunmamış, üretimin başı (0. gün) ve sonu (9. gün) arasında ise tüm sucuk gruplarında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalış meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.27).

Nitrit içermeyen K grubu dışındaki sucuk gruplarında (M1, M2, M3 ve M4) yapılan varyans analizi sonucu, *Enterobacteriaceae* sayısına sadece sürenin etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Üretim sırasında her analiz periyodunda *Enterobacteriaceae* sayısı önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmıştır (sonuçlar gösterilmemiştir).

Sucuklarda depolama sırasında *Enterobacteriaceae* sayısında meydana gelen değişim çizelge 4.28'de verilmiştir. *Enterobacteriaceae* sayısı depolamanın başında nitrit içermeyen K grubu sucuklarda 1,82 log kob/g iken depolama süresince artarak sırasıyla 1,86, 2,22, 2,24 log kob/g olarak bulunmuştur. Sodyum nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren sucuk gruplarında depolama başında 1,03-1,21 log kob/g arasında belirlenen *Enterobacteriaceae* sayısı depolamanın 1. ve 2. ayında tespit sınırının altında, depolamanın 3. ayında ise 1,40-2,07 log kob/g arasında belirlenmiştir. Depolama başında en düşük *Enterobacteriaceae* sayısına ıspanak tozu içeren M3 ve nitrit içeren M1; depolama sonunda ise yine nitrit içeren M1 ve kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklar sahip olmuştur.

Yapılan varyans analizi sonucu, depolama sırasında *Enterobacteriaceae* sayısına grup x süre etkileşiminin önemli etkisi olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, sürenin *Enterobacteriaceae* sayısına etkisi, K grubu sucuklarda depolama boyunca önemsiz düzeyde ($p>0,05$) artış, M1, M2, M3 ve M4 grubu sucuklarda depolama başlangıcı ile 1. ve 2. aylar arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalış şeklinde olmuştur (Çizelge 4.28). Depolamanın başı ve sonu arasında K ve M1 gruplarında önemsiz ($p>0,05$) artış, bitkisel nitrit kaynaklarında ise önemli düzeyde ($p<0,05$) artış olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde, depolama başı (0. ay), 1. ve 2 aylarda nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren M1, M2, M3 ve M4 grubu sucukların *Enterobacteriaceae* sayılarının nitrit içermeyen K grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda ise M1, M2, M3 grubu sucukların *Enterobacteriaceae* sayılarının K ve M4 grubu sucuklardan önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu görülmüştür (Çizelge 4.28). En yüksek sayı K grubu sucuklarda (2,24 log kob/g) ve daha sonra M4 grubu sucuklarda (2,07 log kob/g) belirlenmiştir.

Çizelge 4.28 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin sucukların *Enterobacteriaceae* (log kob/g) sayısına etkisi

Grup	Süre (ay)			
	0	1	2	3
K	1,82±0,24 ^{Aa}	1,86±0,06 ^{Aa}	2,22±0,34 ^{Aa}	2,24±0,18 ^{Aa}
M1	1,04±0,00 ^{Ba}	<1 ^{Bb}	<1 ^{Bb}	1,40±0,28 ^{Dc}
M2	1,21±0,12 ^{Ba}	<1 ^{Bb}	<1 ^{Bb}	1,65±0,07 ^{CDc}
M3	1,03±0,04 ^{Ba}	<1 ^{Bb}	<1 ^{Bb}	1,77±0,06 ^{Cc}
M4	1,09±0,13 ^{Ba}	<1 ^{Bb}	<1 ^{Bb}	2,07±0,04 ^{Bc}

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir ($p<0,05$).

Sucuk gibi fermente et ürünlerinde düşük *Enterobacteriaceae* sayısı ürünün mikrobiyal kalitesinin ve güvenilirliğinin bir göstergesidir. Fermente ürünlere ilave edilen starter kültürlerin asiditeyi arttırması, su aktivitesini ve lipit oksidasyonunu azaltması *Enterobacteriaceae* çoğalmasını engellemektedir (Wang 2019). *Enterobacteriaceae*

sayısının üretim sırasında kademeli olarak azaldığı ve bu azalmanın starter kültür ve nitrit kaynağı içeren örneklerde daha fazla olduğu bazı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Arslan ve Soyer 2018, Işıksal 2021).

Gönülalan vd. (2004), farklı starter kültür kombinasyonları kullanılarak üretilen fermente sucuklarda koliform grubu mikroorganizmaları sucuk hamurunda 2,78-3,90 log kob/g aralığında belirlerken, 6. gün tüm gruplarda azalma meydana geldiğini ve kontrol grubunda 2,86 log kob/g, starter kültür ilaveli gruplarda ise 1,53-2,90 log kob/g düzeyinde olduğunu bildirmiştir. Ekici vd. (2015), siyah havuç konsantresi ilave edilerek üretilen sucuklarda 12 günlük fermentasyonun ardından *Enterobacteriaceae* sayısının tespit limiti olan 2 log kob/g'ın altında olduğunu bildirmişlerdir. Starter kültür ilavesi ve nitrit varlığının fermente et ürünlerinde *Enterobacteriaceae* gelişimini engellediği diğer çalışmalarda da ortaya konulmuştur (Kaban ve Kaya 2009, Kamiloğlu vd. 2019, Küçükaya vd. 2020).

4.2.8.6 Patojen mikroorganizma sayısı

Farklı bitkisel nitrit kaynağı ilavesi ile üretilen sucuklarda üretim ve depolama sırasında *C. perfringens*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Salmonella* spp. aranması yapılmıştır. *C. perfringens*, *Salmonella* spp ve *L. monocytogenes*, nitrit içermeyen K ve diğer sucuk gruplarında üretim ve depolama sırasında saptanmamıştır.

Koagülaz pozitif *S. aureus*, sucuk ortamında gelişebilen patojen bir mikroorganizmadır. Nitrit kaynağı içermeyen K grubu sucuklarda üretimin başında ve 3. günde *S. aureus* kolonileri sayılmasına karşın 6. günden itibaren ve depolama boyunca görülmemiştir. Bitkisel ve kimyasal nitrit kaynağı içeren sucuklarda üretimin boyunca *S. aureus*'a rastlanmamıştır.

Djeri ve Williams (2014), kereviz suyu tozu ilavesi ile üretilen bolognada 10 haftalık depolama süresi boyunca *S. aureus*, *Salmonella* ve *L. monocytogenes* izole edilmediğini bildirmişlerdir. Kim vd. (2017), fermente kırmızı pancar ekstraktı ilave edilen et

emülsiyonlarında koliform bakteri ve *E. coli* tespit edilmediğini bildirmişlerdir. Pennisi vd. (2020), nitrit alternatifi olarak kereviz, kırmızı pancar ve ıspanak tozunu karışımlarını kullanarak ürettikleri İtalyan kuru fermente sosislerinde bitkisel nitrit kaynaklarının yararlı mikroorganizmaların (LAB) çoğalmasını olumsuz etkilemediklerini ve *Clostridium* spp., koagülaz pozitif stafilocok ve *L. monocytogenes* gibi patojenlerin çoğalmasını engellediklerini bildirmişlerdir. Horsch vd. (2014), ham dilimlerinde *L. monocytogenes* gelişimine 100 ve 200 mg/kg nitrit içerecek düzeyde kereviz suyu konsantresi ilavesinin etkisini inceledikleri çalışmalarında her iki konsantrasyonda kereviz suyu konsantresi ilavesinin aynı konsantrasyondaki kimyasal nitrite benzer etki gösterdiğini belirlemişlerdir. Kereviz suyu konsantresinin, pH'sı düşürülerek ürüne katıldığında daha fazla *L. monocytogenes* inhibisyonuna neden olduğunu ifade etmişlerdir.

Bilindiği gibi fermente et ürünleri fermantasyon sürecinde laktik asit oluşumu nedeniyle düşük pH'ya (<4,5-5) ve düşük a_w 'ye (0,90-0,92) ve bu nedenle uzun raf ömrüne sahiptirler (Janković vd. 2017). Genellikle kontamine ya da dışardan katılan laktik asit bakterileri ve Gram-pozitif katalaz pozitif kokların (özellikle koagülaz negatif stafilocoklar) faaliyeti ile üretilirler (Meloni 2015). Ancak *C. perfringens*, *L. monocytogenes*, *S. aureus* ve *Salmonella* spp. gibi patojenler kontamine olduklarında sucuk gibi ürünlerde canlı kalabilmekte ve uygun şartlarda çoğalabilmektedirler. Et ürünlerinde nitritin patojen mikroorganizmalar üzerine inhibe edici etkisi birçok çalışmada ortaya konulmuştur. Özellikle üretimin başında henüz yeterince düşük pH ortamı olmaması, redoks potansiyelinin ve a_w 'nin yüksek olması nedeniyle nitrit ilavesi önemlidir (Dainty ve Blom 1995, Leistner 1995). Üretimde *Salmonella*, *Listeria* ve *S. aureus* için ilk birkaç saat ve gün önemlidir ve bu nedenle LAB'nin ortama kısa sürede hakim olması (pH'nın 5,4'ün altına düşmesi) ve nitrit ile birlikte oluşturdıkları ortam bu mikroorganizmaların inhibisyonu için oldukça önemlidir (Kröckel 1995, Verluyten vd. 2003). Çalışmamızda üretim ve depolama boyunca patojen saptanamaması, bitkisel nitrit kaynaklarının, kimyasal nitrit kadar etkili olduğunu göstermiştir. Ancak, starter kültür ilavesi ve kontrollü üretim şartlarının, hızlı pH ve a_w düşüşünün de patojen inhibisyonunda önemli olduğu düşünülmektedir.

4.2.9 Duyusal değerlendirme

Ön dönüştürülmüş bitkisel nitrit kaynaklarının üretim sonu ve 3 ay depolama sırasında sucuğun duyusal özelliklerine etkisi çiğ ve pişmiş örneklerde incelenmiştir (EK 5). Çiğ sucuklara ait koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarına ait ortalama değerler çizelge 4.29 ve şekil 4.22’de verilmiştir. Her bir depolama döneminde çiğ sucuklara verilen puan ortalamaları beğeni sınırı olan 5 puanın üzerinde kalmıştır.

Çiğ sucuklarda depolama süresi boyunca koku puanlarında azalma meydana gelmiştir. Depolama başında en yüksek koku puanlarına 8,05 ile nitrit içeren M1 ve 8,06 ile kereviz tozu içeren M2 grubu sucuklar, 3 ayın sonunda ise 7,80 ile M1 ve 7,35 ile M3 grubu sucuklar sahip olmuştur. En düşük koku puanlarına 1.aydan itibaren nitrit içermeyen kontrol ve M4 sucukları sahip olmuştur (Şekil 4.22, Çizelge 4.29). Varyans analizi sonucuna göre, çiğ sucukların koku puanlarına grup x süre etkileşiminin önemli olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$) (EK 4). Sürenin etkisi incelendiğinde; K, M1 ve M3 gruplarında depolama başlangıcı ile diğer aylar arasında koku puanları arasındaki farkın önemsiz düzeyde azalma ($p>0,05$) şeklinde, kereviz tozu ve pancar tozu içeren M2 ve M4 grubu sucuklarda ise depolama başlangıcı ve sonu arasındaki azalmanın önemli ($p<0,05$) olduğu görülmüştür. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde; en düşük koku puanı ortalaması 1. ve 3. ayda kırmızı pancar tozu içeren sucuklarda tespit edilmiş ve diğer gruplarla arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.29).

Çiğ sucuklarda renk puanları üretim sonunda en düşük K grubunda (6,87), en yüksek M1 grubunda (8,63) belirlenmiştir. Depolama sonunda renk puan ortalamaları 6,60-8,10 aralığında belirlenmiştir. Her analiz periyodunda en düşük renk puanlarına sahip K grubu sucukların, depolama süresince renk puanlarında azalma meydana gelmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, sucuklarda renk puanlarına farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisi ayrı ayrı önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Uygulamanın etkisi incelendiğinde nitrit içermeyen K grubu sucukların renk puanı diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde düşük ($p<0,05$), nitrit içeren M1 ve kereviz tozu içeren M2 sucuklarının renk puanı ise diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.29 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin çiğ sucukların duyuşal özelliklerine etkisi

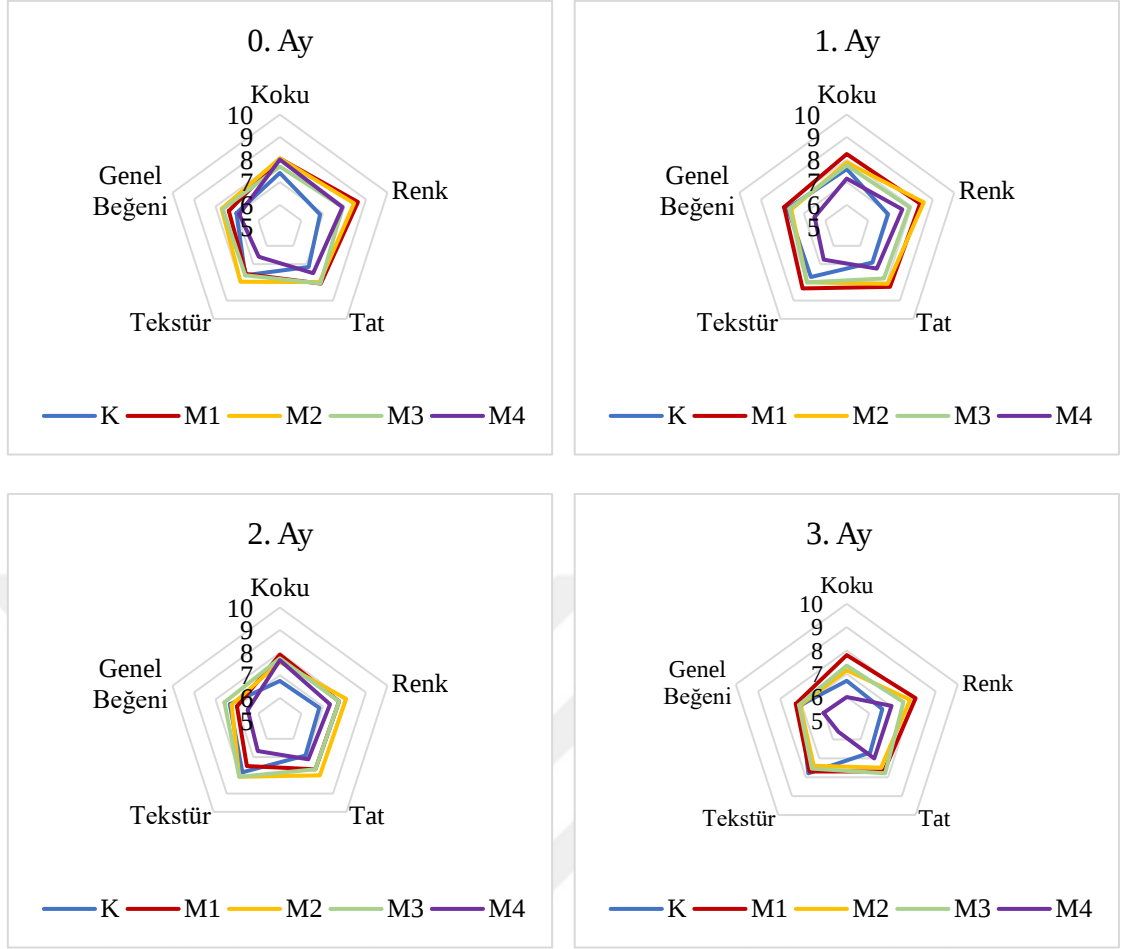
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
Koku					
K	7,42±0,12 ^{Aa}	7,59±0,12 ^{Aa}	6,75±0,59 ^{Ab}	6,70±0,00 ^{Ab}	
M1	8,05±0,40 ^{Aa}	8,25±0,11 ^{Ba}	7,92±0,12 ^{Ba}	7,80±0,28 ^{Ba}	
M2	8,06±0,16 ^{Aa}	7,88±0,06 ^{Aab}	7,59±0,12 ^{Bb}	7,15±0,07 ^{Cc}	
M3	7,70±0,75 ^{Aa}	7,75±0,14 ^{Aa}	7,75±0,11 ^{Ba}	7,35±0,21 ^{Ca}	
M4	8,01±0,25 ^{Aa}	7,17±0,23 ^{Cb}	7,07±0,00 ^{Bb}	6,01±0,15 ^{Dc}	
Renk					
K	6,87±0,52	6,92±0,59	6,83±0,00	6,60±0,28	6,81±0,15 ^A
M1	8,63±0,65	8,42±0,12	7,75±0,59	8,10±0,14	8,22±0,15 ^C
M2	8,45±0,40	8,59±0,59	8,08±0,35	7,85±0,07	8,24±0,15 ^C
M3	7,91±0,58	7,92±0,35	7,75±0,59	7,55±0,50	7,78±0,15 ^B
M4	7,91±0,13	7,59±0,12	7,33±0,00	7,02±0,45	7,46±0,15 ^B
Ortalama	7,95±0,13 ^a	7,88±0,13 ^a	7,55±0,13 ^b	7,46±0,13 ^b	
Tat					
K	7,16±0,87	6,92±0,12	6,92±0,35	6,70±0,71	6,93±0,19 ^A
M1	8,07±0,16	8,25±0,59	7,67±0,00	7,70±0,28	7,87±0,16 ^B
M2	7,99±0,34	8,09±0,59	8,00±0,47	7,50±0,07	7,91±0,16 ^B
M3	8,06±0,16	7,80±0,88	7,67±0,23	7,80±0,57	7,73±0,16 ^B
M4	7,50±0,00	7,25±0,11	7,13±0,18	7,01±0,43	7,15±0,16 ^A
Ortalama	7,76±0,14 ^a	7,66±0,14 ^a	7,48±0,14 ^{ab}	7,34±0,47 ^b	
Tekstür					
K	7,61±0,62	7,71±0,41	7,84±0,47	7,80±0,14	7,74±0,15 ^A
M1	7,56±0,43	8,34±0,47	7,50±0,00	7,70±0,42	7,77±0,15 ^A
M2	7,97±0,40	8,00±0,24	8,08±0,35	7,40±0,00	7,86±0,15 ^A
M3	7,62±0,28	8,00±0,00	8,08±0,35	7,55±0,50	7,81±0,15 ^A
M4	6,61±0,56	6,75±0,59	6,67±0,47	5,60±0,57	6,41±0,15 ^B
Ortalama	7,47±0,13 ^{ab}	7,76±0,13 ^b	7,63±0,13 ^b	7,21±0,13 ^a	
Genel Beğeni					
K	7,03±1,10	7,75±0,35	7,34±0,23	7,10±0,28	7,30±0,18 ^A
M1	7,38±0,24	7,92±0,12	7,00±0,24	7,30±0,28	7,40±0,18 ^A
M2	7,71±0,06	7,59±1,29	7,25±0,35	7,10±0,14	7,41±0,18 ^A
M3	7,66±0,34	7,67±0,23	7,59±0,59	7,15±0,21	7,52±0,18 ^A
M4	6,90±0,26	6,50±0,47	6,50±0,95	6,05±0,07	6,49±0,18 ^B

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.22 Farklı nitrit kaynağı içeren çiğ sucuklarda depolama sırasında duyu özelliklerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli

ıspanak ve pancar tozu içeren M3 ve M4 grubu sucukların renk puanlarının ise benzer olduğu ($p>0,05$) belirlenmiştir. Depolama süresi arttıkça renk puanları düşmüş, 0. ve 1. ay renk puanı ortalaması ile 2. ve 3. ay ortalamaları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) bulunurken, son 2 ay renk değerleri başlangıç renk değerlerinden önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olmuştur (Çizelge 4.29, Şekil 4.22).

Sucukların tat puanları üretim sonunda 7,16-8,07, depolama sonunda 6,70-7,80 aralığında değişmiştir. Her bir depolama döneminde en düşük tat puanlarına K grubu sucuklar sahip olmuştur. En yüksek tat puanları, depolamanın 1. ayında M1, 2. ayında M2, depolama

sonunda ise M3 grubu sucuklarda belirlenmiştir (Şekil 4.22, Çizelge 4.29). Varyans analizi sonucuna göre, sucuklarda tat puanlarına farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisi ayrı ayrı önemli bulunmuştur ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, uygulamanın etkisi incelendiğinde, kimyasal nitrit, kereviz tozu ve ıspanak tozu içeren M1, M2 ve M3 grubu sucukların ve K ve kırmızı pancar tozu içeren M4 grubu sucukların tat puanları benzer ($p>0,05$) iken, K ve M4 sucuklarının tat puanları, M1, M2, M3 gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde ise, depolama başlangıcı ile 1. ve 2. aylar arasında tat puanları önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişmiş, depolama başlangıcı ve depolama sonu (3. ay) arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalmıştır (Çizelge 4.29).

Çiğ sucuklar tekstür açısından değerlendirildiğinde, en düşük puanlara pancar tozu içeren M4 grubu sucuklar sahip olmuş, tekstürün daha yumuşak bulunması puanlara yansımıştır. Depolama başında 7,97 ile en yüksek puan M2 grubu sucuklarda belirlenmiş, bunu 7,62 ve 7,61 ile M3 ve K grubu sucuklar izlemiştir. Depolamanın 1. ve 2. ayındaki tekstür puanları başlangıç puanlarına göre yüksek bulunmuş, 3. ay M4 grubu hariç 7,40-7,80 aralığında değişmiştir. Depolama sonunda da en düşük tekstür puanına pancar tozu içeren M4 grubu sucuklar sahip olmuştur (Şekil 4.22, Çizelge 4.29). Yapılan varyans analizi sonucu, çiğ sucuklarda farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin, tekstür puanlarına ayrı ayrı etkisi olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre, uygulamanın etkisi incelendiğinde pancar tozu içeren M4 grubu dışındaki sucukların tekstür puanları birbirine benzer ($p>0,05$), M4 grubu sucukların tekstür puan ortalaması ile diğer sucuk grupları arasındaki fark ise önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük bulunmuştur (Çizelge 4.29). Sürenin etkisi incelendiğinde, depolama başı ve sonu arasındaki değişimin ve 1. ve 2. ay arasındaki değişimin önemsiz ($p>0,05$), 1 ve 2 ay ile 3.ay arasındaki değişimin önemli düzeyde azalma ($p<0,05$) şeklinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Çiğ sucukların genel beğeni puanları depolama başında 6,90-7,71 arasında, depolama sonunda ise 6,05-7,30 arasında belirlenmiştir. En düşük tekstür puanlarına her bir depolama periyodunda pancar tozu içeren M4 grubu sucukların sahip olduğu görülmüştür. Depolama başında en yüksek puanlar M2 ve M3 grubu sucuklarda belirlenmiş, depolama sonunda da yakın puanlara sahip olmuşlardır (Şekil 4.22, Çizelge

4.29). Varyans analizi sonucu, çiğ sucuklarda genel beğeni puanlarına farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Pancar tozu içeren M4 grubu dışındaki sucukların genel beğeni puanları birbirine benzer ($p>0,05$) bulunurken, M grubu sucukların diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük puan ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.29).

Çiğ sucuğa ait duyusal sonuçlar, bitkisel nitrit kaynaklarının duyusal özellikleri olumsuz etkilemeden kullanılabileceğini göstermiştir. Pancar tozu ilave edilen sucuklarda tekstür yumuşamasının, ilave edilen miktar (%3) düşürülerek giderilebileceği düşünülmektedir. Zira pancar kaynağı çok iyi nitrit dönüşümü sağlaması ve duyusal rengi iyileştirmesi nedeniyle kullanımı önerilen bir nitrit kaynağıdır.

Farklı nitrit kaynağı kullanılarak üretilen pişmiş sucuklara ait koku, renk, tat, tekstür ve genel beğeni puanlarına ait ortalama değerler çizelge 4.30 ve şekil 4.23'te verilmiştir. Her bir depolama döneminde pişmiş sucuklara verilen puan ortalamaları beğeni sınırı olan 5 puanın üzerinde kalmıştır.

Pişmiş sucuklarda üretim sonunda 7,57-8,40 arasında değişen koku puanları, depolama sırasında azalarak 3. ayın sonunda 6,85-7,25 arasında değişmiştir. Nitrit içeren sucuk gruplarının depolama sırasında nitrit içermeyen K grubu sucuklardan daha yüksek koku puanına sahip olduğu görülmüştür. En yüksek koku puanına M1 ve M2 grubu sucuklar sahip olmuştur (Çizelge 4.30, Şekil 4.23). Yapılan varyans analizi, farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin koku puanlarına etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Depolama başı (0. ay) ile 2. ve 3. aylar arasındaki farkın önemli düzeyde ($p<0,05$) azalma, depolama başı ile 1. ay ve 1. ay ile 2. ay arasındaki farkın önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim şeklinde olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde ise, 150 mg sodyum nitrit içeren M1, kereviz tozu içeren M2 ve ıspanak tozu içeren M3 grubu sucuklarda koku puanlarının benzer ($p>0,05$) olduğu, pancar tozu içeren M4 ve nitrit içermeyen K grubu sucuklarda ise diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30 Farklı nitrit kaynağı ilavesinin ve depolama süresinin pişmiş sucukların duyuusal özelliklerine etkisi

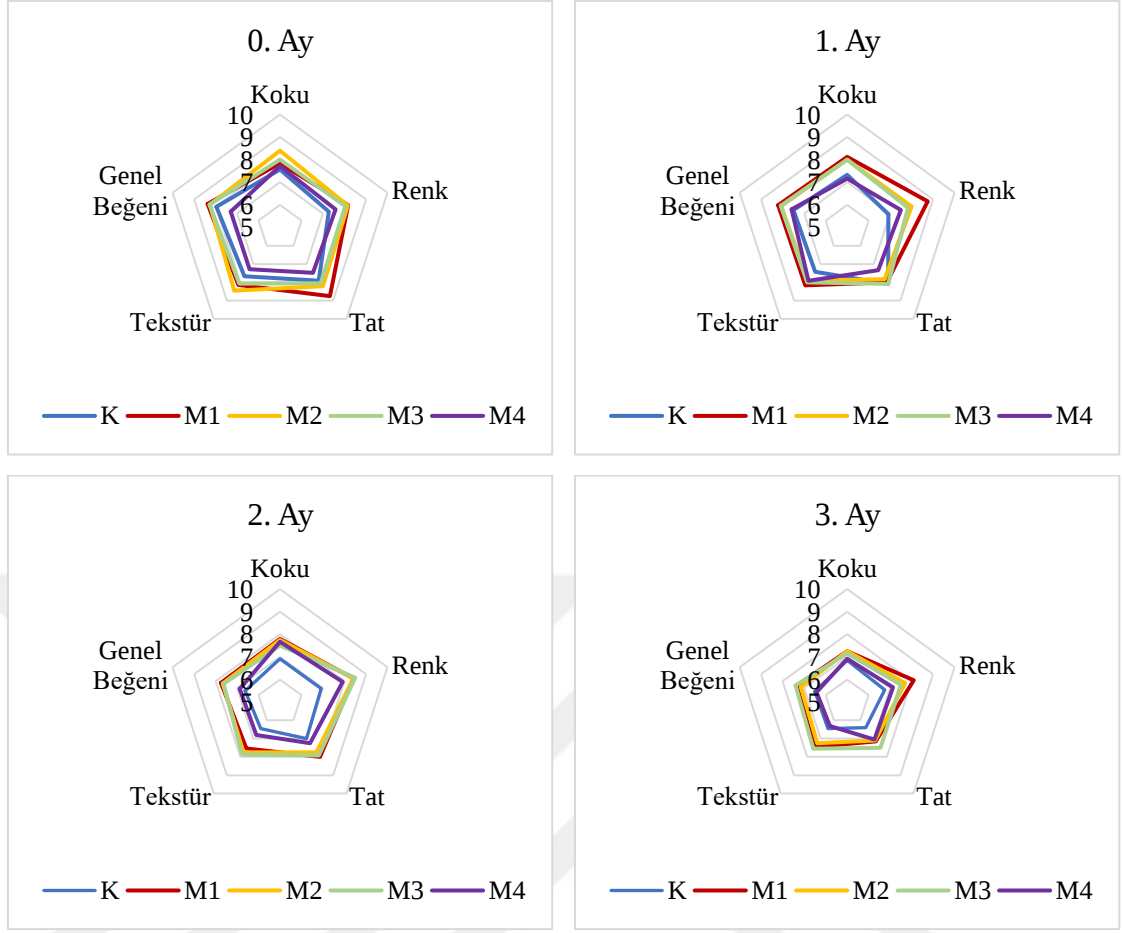
Grup	Süre (ay)				Ortalama
	0	1	2	3	
Koku					
K	7,57±0,04	7,33±0,00	6,92±0,12	6,85±0,07	7,17±0,11 ^A
M1	7,85±0,11	8,13±0,06	7,80±0,18	7,25±0,35	7,75±0,11 ^B
M2	8,40±0,21	8,00±0,24	7,75±0,35	7,25±0,50	7,85±0,11 ^B
M3	8,01±0,06	8,00±0,47	7,50±0,71	7,15±0,50	7,66±0,11 ^{BC}
M4	7,72±0,01	7,17±0,23	7,67±0,00	6,92±0,45	7,37±0,11 ^C
Ortalama	7,91±0,10 ^a	7,72±0,10 ^{ab}	7,53±0,10 ^b	7,08±0,10 ^c	
Renk					
K	7,27±0,00	6,92±0,35	6,92±0,12	6,75±0,21	6,96±0,09 ^A
M1	8,17±0,11	8,75±0,11	8,42±0,12	8,10±0,00	8,36±0,09 ^D
M2	8,16±0,11	8,00±0,24	8,42±0,12	7,70±0,28	8,07±0,09 ^C
M3	8,04±0,18	7,84±0,47	8,50±0,00	7,50±0,28	7,97±0,09 ^C
M4	7,59±0,12	7,50±0,24	7,92±0,12	7,14±0,76	7,53±0,09 ^B
Ortalama	7,84±0,08 ^a	7,80±0,08 ^a	8,03±0,08 ^a	7,44±0,08 ^b	
Tat					
K	7,91±0,58	8,09±0,59	7,00±0,24	6,40±0,71	7,35±0,18 ^A
M1	8,76±0,11	8,00±0,24	8,00±0,47	7,15±1,06	7,98±0,18 ^B
M2	8,22±0,76	7,83±0,00	7,75±0,35	7,10±0,57	7,72±0,18 ^B
M3	8,06±0,16	8,09±0,12	7,92±0,35	7,50±0,85	7,89±0,18 ^B
M4	7,48±0,14	7,33±0,00	7,25±0,11	7,05±0,64	7,28±0,18 ^A
Ortalama	8,08±0,16 ^a	7,87±0,16 ^{ab}	7,58±0,16 ^b	7,04±0,16 ^c	
Tekstür					
K	7,67±0,54	7,42±0,12	6,46±0,18	6,45±0,21	7,00±0,12 ^A
M1	8,14±0,31	8,17±0,23	7,54±0,06	7,45±0,92	7,82±0,12 ^B
M2	8,46±0,06	7,92±0,35	7,75±0,35	7,25±0,21	7,84±0,12 ^B
M3	8,07±0,10	8,00±0,00	7,88±0,42	7,55±0,64	7,87±0,12 ^B
M4	7,29±0,06	7,92±0,12	6,80±0,18	6,31±0,28	7,08±0,12 ^A
Ortalama	7,93±0,11 ^a	7,88±0,11 ^a	7,28±0,11 ^b	7,00±0,11 ^b	
Genel Beğeni					
K	7,96±0,76	7,50±0,24	6,63±0,53	6,50±0,99	7,15±0,16 ^A
M1	8,37±0,06	8,21±0,06	7,75±0,11	7,35±0,78	7,92±0,16 ^B
M2	8,27±0,13	8,09±0,12	7,67±0,23	7,15±0,64	7,79±0,16 ^B
M3	8,28±0,20	8,09±0,12	7,63±0,29	7,40±0,85	7,85±0,16 ^B
M4	7,30±0,18	7,59±0,12	6,88±0,18	6,43±0,18	7,05±0,16 ^A
Ortalama	8,03±0,14 ^a	7,89±0,141 ^a	7,31±0,141 ^b	6,97±0,14 ^b	

Sonuçlar iki tekerrür ortalaması ± standart sapma olarak verilmiştir.

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli.

Aynı sütundaki farklı büyük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).

Aynı satırdaki farklı küçük harfler istatistik olarak fark olduğunu belirtmektedir (p<0,05).



Şekil 4.23 Farklı nitrit kaynağı içeren pişmiş sucuklarda depolama sırasında duyu özelliklerindeki değişim

K: Nitrit ilavesiz, negatif kontrol, M1: 150 mg/kg nitrit ilaveli, pozitif kontrol, M2: ön dönüştürülmüş kereviz tozu, M3: ön dönüştürülmüş ıspanak tozu, M4: ön dönüştürülmüş pancar tozu ilaveli

Kimyasal nitrit ve bitkisel kaynaklı nitrit içeren sucuk gruplarında (M1, M2, M3 ve M4) yapılan varyans analizi sonucu, pişmiş sucukta koku puanlarına sadece sürenin etkisinin önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Depolama başlangıcı, 1. ve 2. aylar arasında koku puanları benzer bulunurken bu aylar ile depolama sonu arasındaki fark önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük bulunmuştur (sonuçlar gösterilmemiştir).

Pişmiş sucuklarda renk puanları depolama başında 7,27-8,17 arasında değişirken depolama sonunda 6,75-8,10 arasında değişmiştir. En düşük renk puanlarına her depolama döneminde K grubu sucuklar, en yüksek ve yakın puanlara depolamanın 2. ve 3. ayında M1, M2 ve M3 grubu sucuklar sahip olmuştur. Bitkisel nitrit kaynakları

arasında en düşük renk puanı pancar tozu içeren M4 grubu sucuklarda belirlenmiştir (Şekil 4.23, Çizelge 4.30). Yapılan varyans analizi, farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$). Sürenin etkisi incelendiğinde; depolama başı (0, ay) ile 1. ve 2. aylar arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) değişim görülürken, renk puanlarında bu aylar ile depolama sonu (3. ay) arasında önemli düzeyde ($p<0,05$) azalış belirlenmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde ise; nitrit içermeyen K grubu ve pancar tozu içeren M4 grubu sucukların diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde ($p<0,05$) düşük, M1 grubu sucukların önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek, M2 ve M3 grubu sucukların ise benzer ($p>0,05$) renk puanlarına sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Pişmiş sucukların tat puanlarında depolama sırasında azalma meydana gelmiş, depolama başında 7,48-8,76 arasında değişen puanlar depolama sonunda 6,40-7,50 arasında değişmiştir. En düşük tat puanlarına M4 grubu sucuklar sahip olmuştur. Bitkisel kaynaklar arasında en yüksek puana depolama başında kereviz tozu (M2), diğer aylarda ise ıspanak tozu (M3) içeren sucuklar sahip olmuştur (Şekil 4.23, Çizelge 4.30). Varyans analiz sonucu, tat puanlarına farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Üretim sonu (0. ay) ile depolamanın 1. ve 2. ayları arasında önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalma olduğu, üretim sonu ve depolama sonu arasındaki azalmanın ise istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın etkisi incelendiğinde ise tat puanlarının en düşük puan ortalamasına sahip K ve M4 arasında ve en yüksek puan ortalamasına sahip M1, M2, M3 grupları arasında benzer ($p>0,05$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Pişmiş sucuklar tekstür açısından değerlendirildiğinde, en yüksek puanı üretim sonunda M2, depolama sonunda M1; en düşük puanı üretim ve depolama sonunda M4 grubu sucukların aldığı görülmüştür. Üretim sonunda 7,29-8,46 arasında değişen tekstür puanları depolama sırasında azalmış, 3. ayın sonunda 6,31-7,55 arasında değişmiştir (Şekil 4.23, Çizelge 4.30). Yapılan varyans analizi sonucu, pişmiş sucukların tekstür puanlarına farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin ayrı ayrı önemli etkisi ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur (EK 4). Depolama başı (0. ay) ve depolama sonu (3. ay) arasında tekstür puanlarında meydana gelen azalışın istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olduğu

belirlenmiştir. Depolama başı (0. ay) ile 1. ay arası ve depolamanın 2. ile 3. ayı arasındaki farkın ise önemsiz düzeyde ($p>0,05$) azalma şeklinde olduğu belirlenmiştir. Farklı nitrit kaynağı kullanımının etkisi incelendiğinde bitkisel kaynaklarda ıspanak ve kereviz tozu içeren M2 ve M3 grubu sucukların tekstür puanlarının nitrit içeren M1 grubu sucuklar ile benzer ($p>0,05$) olduğu belirlenmiştir. K ve M4 grubu pişmiş sucukların tekstür puanı diğer sucuk gruplarından önemli düzeyde düşük ($p<0,05$) bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Pişmiş sucuklarda genel beğeni puanı 3 ay depolama süresince azalmış, başlangıçta 7,30-8,37 arasında iken depolama sonunda 6,43-7,40 arasına düşmüştür. Üretim sonunda en yüksek genel beğeni puanını M1, depolama sonunda ise M3 grubu sucuklar almıştır (Çizelge 4.30, Şekil 4.23). En düşük genel beğeni puanına ise K ve M4 grubu sucuklar sahip olmuştur. Yapılan varyans analizi sonucu, pişmiş sucuklarda genel beğeni puanına farklı nitrit kaynağı kullanımı ve sürenin etkisinin ayrı ayrı önemli olduğunu göstermiştir ($p<0,05$) (EK 4). Duncan sonuçlarına göre pişmiş M1, M2 ve M3 gruplarının genel beğeni puanları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$), bu gruplar ile K ve M4 grubu sucuklar arasındaki fark ise önemli düzeyde ($p<0,05$) yüksek bulunmuştur. Sürenin etkisi incelendiğinde, depolama sırasında genel beğeni puanlarında meydana gelen azalışın üretim sonu ve 1. ay arasında önemsiz ($p>0,05$) ancak üretim sonu ile 2. ve 3. ay arasında ise önemli ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Kırmızı pancar tozu içeren sucukların 2. aydan itibaren daha dağılan bir yapıya sahip olmaları nedeniyle düşen tekstür puanlarına rağmen tüm özellikler yönünden pişmiş sucuklara verilen puanlar yüksektir. Pancar ilaveli sucukların 2. ve 3. ay tekstür ve genel beğeni puanları hariç, bitkisel kaynaklar depolama sırasında sucukların duyu özelliklerinin korunmasını sağlamışlardır.

Pennisi vd. (2020), nitrit alternatifi olarak %0,3 kereviz tozu, %0,3 kereviz tozu + %0,3 pancar tozu ve %0,3 ıspanak tozu + %0,3 pancar tozu ilave ederek ürettikleri İtalyan kuru sosislerinde, nitrit kaynağı içermeyen sosislerin en düşük genel beğeni puanları aldığını, kimyasal ve doğal nitrit kaynağı içeren sosislerin ise daha yüksek puan aldığını, bu gruplar arasında ıspanak tozu içerenlerin daha az beğenildiğini ifade etmişlerdir. Koku,

tat, tekstür, aroma ve çiğnenebilirlik yönlerinden örnekler arasında fark olmadığı da belirtilmiştir.

Sucu ve Yıldız Turp (2018), kırmızı pancar tozu ilavesi ile üretilen sucukların duyuşal özelliklerinde önemli değişiklik olmadığını, pancar tozu ilavesinin depolamanın bazı günlerinde iç renk puanlarının yüksek olmasını sağladığını belirterek pancar tozunun sucukların duyuşal özelliklerine katkı sağladığını ifade etmişlerdir. Choi vd. (2017), fermente kırmızı pancar konsantrasyonu arttıkça renk puanının daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Çalışmamızda ise kırmızı pancar ilaveli çiğ ve pişmiş sucuklara daha düşük tekstür ve genel beğeni puanları verilmesinin nedeni, ilave edilme şekli (ön dönüştürülmüş) ve miktarı (%3) olabilir.

Işıksal (2021), konsantre kereviz ve siyah havuç suyu içeren nitrat/nitrit kaynaklarının çiğ ve pişmiş sucuğun duyuşal özelliklerini kimyasal nitrit içeren örneklerle benzer düzeyde etkilediğini ve bu kaynakların kimyasal nitrite alternatif olarak kullanılma potansiyeli olduğunu belirtmiştir. Babaoğlu (2020), bitkisel nitrat kaynakları kullanarak ürettiği ve depoladığı sucuklarda ıspanak ve pazı tozu içeren sucukların çiğ tekstür ve genel beğeni puanlarının daha yüksek olduğunu, pazı tozu içeren sucukların pişmiş tat, tekstür, renk, koku ve genel beğeni puanlarının diğer gruplardan daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Ekici vd. (2015), konsantre siyah havuç suyu ilavesi ile üretilen sucuklarda duyuşal özelliklerin kabul edilebilir olduğunu belirtip siyah havuç konsantresi ya da siyah havuç konsantresi/nitrit kullanımındaki artışın duyuşal özelliklere verilen puanda düşüşe yol açtığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda bitkisel kaynakların ürüne katılmadan önce fermentasyona maruz bırakılması, bu bitkilerden gelen sebze tat ve kokusunda azalmaya neden olmuştur. Nitekim, Sindelar vd. (2007b) de, sebze suyu tozu ile kürlenen hamlarda %0,2 oranında sebze tozu içeren örneklerin duyuşal özelliklerinin kontrol örneğinden farklı olmadığını ancak sebze tozu oranının arttırılmasıyla karakteristik ham aromasının azalarak sebze aromasının arttığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde, Djeri ve Williams (2014), kereviz suyu tozu ilave edilen hindi bolognada kabul edilebilirlik puanlarının kontrolden farklı olmadığını, daha yüksek oranda kereviz suyu tozu kullanılan örneğin puanlarının diğer örneklerden düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ön dönüştürülmüş sebze kaynaklarının sucuk üretiminde duyuşal özellikleri etkilemesi ilave edildiği

konsantrasyonla ve sebzenin baskın aroması ile ilişkilidir. Çalışmada kullanılan kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar kendilerine özgü tat ve kokuları olan sebzelerdir. Bu sebzelerin kurutulmuş ve toz halde sucuğa katılması duyuşal özellikleri olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak, sebze tozlarının nitrat indirgeyen bakterilerin bulunduğu ortamda fermentasyona maruz bırakılması ve nitrattan nitrit dönüşümü yapılması ve elde edilen ekstraktın liyofilize edilmesi ile daha nötr tatlar elde edilmiştir.



5. SONUÇ

Son yıllarda, tüketicilerin kimyasal katkı ya da bileşenler yerine doğal ve organik içerikli gıda ürünlerini talep etmeleri ve kimyasal içerikli ve işlenmiş ürünlere yönelik artan sağlık endişeleri sentetik katkı maddelerinin yerine geçecek doğal ürünler konusunda araştırma yapılması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Karakteristik kürlenme özelliklerini sağlayan nitritin yerine kimyasal katkı maddesi olmayan bir madde bulmak önem kazanmıştır.

Nitrat içeriği yüksek bitkisel kaynaklar (kereviz, ıspanak ve kırmızı pancar), uygun inkübasyon koşullarında nitrite indirgenmektedir. Çalışmamızda kullanılan standart koşullarda (%0,025 *S. carnosus*, 30 °C’de 24 saat inkübasyon) ıspanak ve kırmızı pancardan farklı düzeylerde nitrit dönüşümü sağlanmıştır. En yüksek kalıntı nitrit ticari olarak kullanılan kereviz tozunda belirlenirken, ıspanak tozundan %41, kırmızı pancar tozundan %37 nitrit dönüşümü sağlanmıştır.

Ön dönüştürme ile nitrit içeriği yüksek bitkisel kaynakların sucuk üretiminde kullanılması, başlangıç pH düzeyi yüksek üründe olası patojen gelişme riskini ortadan kaldırmıştır. Sucukta gelişme olasılığı olan *Salmonella* spp., *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *C. perfringens* gibi patojenlerin gelişimi üretimin hiçbir aşamasında görülmemiştir. Sucukta olması istenen yararlı mikroorganizma sayıları (TMAB, LAB ve KNK) kereviz, ıspanak ve kırmızı pancardan elde edilen doğal nitrit ve nitrat kaynaklarından olumsuz etkilenmemiştir. Diğer yandan sucuklarda istenmeyen *Clostridium perfringens*, *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* ve koagülaz pozitif *Staphylococcus aureus* gibi patojen mikroorganizmalar üretim ve depolama sırasında saptanmamıştır. Sucuk gibi ürünlerde hijyenik kalite ile ilişkilendirilen *Enterobacteriaceae* ve maya-küf sayıları nitrat/nitrit kaynağı ilavesi ile üretim sırasında önemli düzeyde inhibe edilmiştir. Bu sonuçlar, bitkisel nitrat/nitrit kaynaklarının iyi bakterilerin çalışmasını engellemediğini, patojen gelişimini ise engellediğini göstermektedir.

Sucuklarda bitkisel nitrit kaynağı kullanımının üretim sırasında pH değerlerine etkisi kimyasal nitrite benzer düzeyde bulunmuştur. Su aktivitesi değerleri de üretim sırasında kimyasal nitrit ile eşdeğer düzeyde bulunmuş, depolama sırasında ise benzer ve yakın değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Farklı nitrit kaynakları ilave edilerek üretilen sucuklarda üretim sırasında nitrit içermeyen kontrol örneğinden yüksek L^* , a^* ve b^* değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Depolama sırasında ise sucuğun rengi korunmuş, a^* değerlerinin kimyasal nitrite benzer veya yakın olmakla beraber nitrit içermeyen kontrol grubundan yüksek olduğu belirlenmiştir. Sucuklarda hem üretim sırasında hem de depolama sırasında kür ve toplam pigment miktarları kimyasal nitrit ile benzer düzeylerde olmuştur. Üretim sonunda TBARM değerlerinin nitrat/nitrit kaynağı içermeyen sucuklardan önemli düzeyde düşük olması, bitkisel kaynakların lipit oksidasyonunu engellemede kimyasal nitrit kadar etkili olduğunu göstermiştir. Depolama sırasında ise renk stabilitesini korumada ve lipit oksidasyonunu azaltmada ön dönüştürülmüş kaynaklar içerisinde en etkili kereviz tozu olmuştur.

Üretim süresince sucuklarda kalıntı nitrit miktarları azalmış, depolama sonrası ön dönüştürülmüş sebze tozu oranı en yüksek olan pancar içeren grupta kimyasal nitrit içeren gruptan fazla bulunmuştur. Üretim ve depolama sırasında bitkisel kaynakların hala önemli düzeylerde nitrat içermeleri, sürekli olarak nitrit dönüşümü sağlamış ve bu şekilde renk, mikrobiyal güvenilirlik ve oksidasyonun geciktirilmesi sağlanmıştır.

Duyusal özellikler açısından ise nitrat/nitrit kaynağı içeren çiğ ve pişmiş sucuklar renk, koku, tat ve genel beğeni yönlerinden nitrat/nitrit kaynağı içermeyen sucuklardan daha yüksek puanlar almıştır. Ön dönüştürülmüş kereviz ve ıspanak tozu ilavesinin sucuğun tüm duyusal özelliklerine olumlu yönde etki ettiği, kırmızı pancar ilavesinin ise özellikle koku, tekstür ve genel beğeni yönlerinden diğer nitrit kaynağı içeren sucuklardan daha düşük puanlar aldığı belirlenmiştir. Kırmızı pancar sucuğa en yüksek konsantrasyonda (%3) ilave edilen nitrit kaynağıdır. Ön dönüştürme ile fazla nitrit dönüşümü sağlanarak, ürüne ilave edilecek miktar düşürüldüğünde duyusal özellikler iyileştirilebilir. Fermente

bitkisel kaynak kullanılması sucuklarda olumsuz tat gelişimini engellemiştir.

Ispanak, kereviz ve kırmızı pancarın ön dönüştürülmesi ile elde edilen ekstraktların sucuk üretiminde kullanılması ile sucukta arzu edilen renk ve mikrobiyolojik özelliklerin sağlandığı görülmüştür. Kullanım yüzdeleri ve duyu özellik üzerindeki etkileri de göz önünde bulundurulduğunda, ıspanak ve kereviz ekstraktlarının ön plana çıktığı görülmüştür. Sebze ekstraktları arasında kimyasal nitrit yerine ıspanak ve kereviz ekstraktının kullanımı, pancar ekstraktının ise duyu özellikleri etkilememesi açısından oranında değişikliğe gidilerek kullanımı önerilmektedir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile sucuk üretiminde kürleme maddesi olarak kimyasal nitrit yerine ön dönüştürme ile nitrit içeriği yüksek sebze tozlarının kullanılması, kimyasal içermeyen %100 doğal et ürünleri üretimine yönelik çalışmalar için iyi bir alternatif olduğunu göstermiştir. Bu çalışmanın, diğer et ürünleri için de renk gelişimi ve mikrobiyal güvenilirlik yönlerinden etkilerinin belirleneceği çalışmalara öncülük edeceği düşünülmektedir. Ayrıca, et ürününe katılacak ön dönüştürülmüş bitkisel kaynakların başlangıç nitrit konsantrasyonunu arttıracak (halihazırda kullanılan kimyasal nitrit düzeylerine) çalışmalar yapılması önemlidir. Bunun için farklı ön dönüştürme/fermantasyon koşullarının (farklı nitrat redüktaz aktivitesine sahip starter kültürler, farklı inkübasyon sıcaklıkları ve süreleri) çalışılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Adams, M. R. and Moss, M. O. 2008. Food Microbiology. In: The Microbiology of Food Preservation. 3rd ed. Pages 102-108 The Royal Society of Chemistry, Cambridge, UK.
- Aksu, M. I. and Kaya, M. 2004. Effect of usage *Urtica dioica* L. on microbiological properties of sucuk, a Turkish dry-fermented sausage. Food Control, 15 (8), 591-595.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S. and Jo, C. 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date. Trends in Food Science and Technology, 45(1), 37-49.
- Alasnier, C., Meynier, A., Viau, M. and Gandemer, G. 2000. Hydrolytic and oxidative changes in the lipids of chicken breast and thigh muscles during refrigerated storage. Journal of Food Science, 65(1), 9-14.
- Anar, Ş. 2015. Et ve Et Ürünleri Teknolojisi (3. Baskı). Dora Yayıncılık, 419, Bursa.
- Anonim. 1978. TS 3137 Et ve et mamullerinde nitrit miktarı tayini (Referans metot). 67.120.10 Et ve Et Ürünleri.
- Anonim. 2013. Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği. 28693, Resmî Gazete.
- Anonim. 2019. Tür Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2018/52), Resmî Gazete.
- Anonymous. 1981. The Health Effects of Nitrate, Nitrite and N-Nitroso Compounds. National Academy of Sciences, National Academy Press, Washington, D.C.
- Anonymous. 2002. Evaluation of certain food additives: fiftt-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Geneva, Switzerland.
- Anonymous. 2008. Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2008 on food additives.
- Anonymous. 2010a. Code of Federal Regulations Title 9, Part 317.17 and 319.2.
- Anonymous. 2010b. Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 94.
- Anonymous. 2017. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food, Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., et al.

Scientific Opinion on the re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. EFSA Journal 2017; 15(6):4786, 157 pp.

Anonymous. 2018. Red Meat and Processed Meat. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 114.

AOAC. 1990. Nitrites in cured meat. In: official methods of analysis. 15th ed. Arlington, VA: AOAC 973.31. Official Methods of Analysis, 938.

AOAC. 1998. Bacteriological Analytical Manual, 8th ed, A.O.A.C. International, Gaithersburg, MD.

AOAC. 2010. Official Methods of Analysis. Horwitz, W. (Ed.), 17th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD.

Aro, J. M. A., Nyam-Osor, P., Tsuji, K., Shimada, K. I., Fukushima, M. and Sekikawa, M. 2010. The effect of starter cultures on proteolytic changes and amino acid content in fermented sausages. Food Chemistry, 119(1), 279-285.

Arslan, B. and Soyer, A. 2018. Effects of chitosan as a surface fungus inhibitor on microbiological, physicochemical, oxidative and sensory characteristics of dry fermented sausages. Meat Science, 145, 107-113.

Artık, N., Poyrazoğlu, E. S., Şimşek, A. ve Karkaçer, Ç. K. M. 2002. Enzimatik yöntemle bazı sebze ve meyvelerde nitrat düzeyinin belirlenmesi. Gıda, 27(1), 5-13.

Ayaz, A. ve Yurttagül, M. 2006. Sebzelerin nitrat ve nitrit içeriklerine etki eden faktörler. Beslenme ve Diyet Dergisi, 34(2), 51-64.

Babaoğlu, S. 2020. Kurutulmuş Bazı Sebze Tozlarının Fermente Sucuk Üretiminde Alternatif Kürleme Ajanı Olarak Kullanılabilme İmkanları. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 183, Konya.

Bedale, W., Sindelar, J. and Milkowskia, L. 2016. Dietary nitrate and nitrite: benefits, risks, and evolving perceptions. Meat Science, 120, 85-92.

Bozkurt, H. and Bayram, M. 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. Meat Science, 73(2), 344-350.

Bozkurt, H. and Erkmen, O. 2004. Effect of nitrate/nitrite on the quality of sausage (sucuk) during ripening and storage. Journal of the Science of Food and Agriculture, 84(3), 279-286.

Bozkurt, H. and Erkmen, O. 2007. Effects of some commercial additives on the quality of sucuk (Turkish dry-fermented sausage). Food Chemistry, 101(4), 1465-1473.

- Candan, T. ve Bağdatlı, A. 2018. Et ürünlerinde nitrit/nitrat azaltılmasına yönelik doğal uygulamalar. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(7), 1382-1387.
- Casaburi, A., Aristoy, M. C., Cavella, S., Di Monaco, R., Ercolini, D., Toldrá, F. and Villani, F. 2007. Biochemical and sensory characteristics of traditional fermented sausages of Vallo di Diano (Southern Italy) as affected by the use of starter cultures. Meat Science, 76(2), 295-307.
- Cassens, R. G. 1995. Use of sodium nitrite in cured meats today. Food Technology, 49, 72-80, 115.
- Cassens, R. G. 1997. Composition and safety of cured meats in the USA. Food chemistry, 59(4), 561-566.
- Cassens, R. G., Ito, T., Lee, M. and Buege, D. 1978. The use of nitrite in meat. Bioscience, 28(10), 633-637.
- Cataldo, D.A., Maroon M., Schrader, L.E. and Youngs, V.L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Soil Sci Plant Analysis, 1, 71-80.
- Cho, M. J., Howard, L. R., Prior, R. L. and Morelock, T. 2008. Flavonoid content and antioxidant capacity of spinach genotypes determined by high-performance liquid chromatography/mass spectrometry. Journal of the Science of Food and Agriculture, 88(6), 1099-1106.
- Choi, Y. S., Kim., T. K., Jeon, K. H., Park, J. D., Kim, H. W., Hwang, K. E. and Kim Y. B. 2017. Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions. Korean Journal of Food Science, 37(2), 288-296.
- Da Costa, R.J., Voloski, F.L., Mondadori, R.G., Duval, E.H., Fiorentini, Â.M. 2019. Preservation of meat products with bacteriocins produced by lactic acid bacteria isolated from meat. Journal of Food Quality. doi: <https://doi.org/10.1155/2019/4726510>
- Dainty, R. and Blom, H. 1995. Flavour chemistry of fermented sausages, p. 176-193. In G. Campbell-Platt and P. E. Cook (ed.), Fermented meats. Blackie Academic and Professional, London, United Kingdom.
- Dalmış, Ü. 2007. Sucukta üretim ve depolama sırasında meydana gelen mikrobiyolojik ve biyokimyasal değişimler. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 299, Ankara.
- Dalmış, Ü. and Soyer, A. 2008. Effect of processing methods and starter culture (*Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus*) on proteolytic changes

in Turkish sausages (sucuk) during ripening and storage. Meat Science, 80(2), 345-354.

Das, S., Singh, V. K., Dwivedy, A. K., Chaudhari, A. K., Upadhyay, N., Singh, A. and Dubey, N. K. 2019. Antimicrobial activity, antiaflatoxigenic potential and in situ efficacy of novel formulation comprising of *Apium graveolens* essential oil and its major component. Pesticide biochemistry and physiology, 160, 102-111.

Demirok Soncu, E., Arslan, B., Ertürk, D., Küçükkaya, S., Özdemir, N. and Soyer, A. 2018. Microbiological, physicochemical and sensory characteristics of Turkish fermented sausages (sucuk) coated with chitosan-essential oils. LWT-Food Science and Technology, 97,198-204.

Demirok Soncu, E., Özdemir, N., Arslan, B., Küçükkaya, S. and Soyer, A. 2020. Contribution of surface application of chitosan–thyme and chitosan–rosemary essential oils to the volatile composition, microbial profile, and physicochemical and sensory quality of dry-fermented sausages during storage. Meat science, 166, 108127.

Dinçer, B., Mutluer, B., Erol, İ., Özdemir, H., Yağlı, Ö. ve Akgün, S. 1995. Türk fermente sucuğuna özgü starter kültür bakterilerinin izolasyon, identifikasyon ve üretimleri. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 42(03).

Dinçer, M. 1985. Olgunlaşma Sırasında Sucukların Besin Öğelerindeki Değişiklikler. A. Ü. Vet. Fak. Derg, 32 (1), 178-186.

Djeri, N. 2010. Evaluation of veg stable™ 504 celery juice powder for use in processed meat and poultry as a nitrite replacer. Ph.D. Thesis, University of Florida, USA.

Djeri, N. and Williams, S. K. 2014. Celery juice powder used as nitrite substitute in sliced vacuum-packaged turkey bologna stored at 4C for 10 weeks under retail display light. Journal of food quality, 37(5), 361-370.

Ekici, L., Ozturk, I., Karaman, S., Caliskan, O., Tornuk, F., Sagdic, O. and Yetim, H. 2015. Effects of black carrot concentrate on some physicochemical, textural, bioactive, aroma and sensory properties of sucuk, a traditional Turkish dry-fermented sausage. LWT-Food Science and Technology, 62(1), 718-726.

Ercoşkun, H. 2006. Isıl işlem uygulanarak üretilen sucukların bazı kalite özelliklerine fermentasyon süresinin etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 120, Ankara.

Franciosa, I., Alessandria, V., Dolci, P., Rantsiou, K. and Cocolin, L. 2018. Sausage fermentation and starter cultures in the era of molecular biology methods. International journal of food microbiology, 279, 26-32.

- Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C. and Pérez-Alvarez, J. A. 2007. Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology*, 226, 1-6.
- Götterup, J., Olsen, K., Knöchel, S., Tjener, K., Stahnke, L. H. and Møller, J. K. 2007. Relationship between nitrate/nitrite reductase activities in meat associated staphylococci and nitrosylmyoglobin formation in a cured meat model system. *International journal of food microbiology*, 120(3), 303-310.
- Gök, V. 2006. Antioksidan Kullanımının Fermente Sucukların Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 136, Ankara.
- 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.
- Gönülalan, Z., Arslan, A. ve Köse, A. 2004. Farklı Starter Kültür Kombinasyonlarının Fermente Sucuklardaki Etkileri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28, 7-16.
- Grace, M. H., Hoskin, R. T., Hayes, M., Iorizzo, M., Kay, C., Ferruzzi, M. G. and Lila, M. A. 2022. Spray-dried and freeze-dried protein-spinach particles; effect of drying technique and protein type on the bioaccessibility of carotenoids, chlorophylls, and phenolics. *Food Chemistry*, 388, 133017.
- Halkman, A. K. ve Sağdaş, Ö. E. 2011. Merck Mikrobiyoloji El Kitabı. II. Baskı. Ankara.
- Hammes, W. P. and Hertel, C. 1998. New developments in meat starter cultures. *Meat science*, 49, 125-S138.
- Hammes, W.P. 2012. Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods. *Food Microbiology*, 29(2), 151-156.
- Hartmann, S., Wolf, G. and Hammes, W. P. 1995. Reduction of Nitrite by *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus piscifermentans*. *Systematic and applied microbiology*, 18(3), 323-328.
- Honikel, K. O. 2008. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science*, 78, 68-76.
- Hornsey, H. C. 1956. The colour of cooked cured pork. 1. Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J. Sci Food Agric* 7:534-540.
- Horsch, A. M., Sebranek, J. G., Dickson, J. S., Niebuhr, S. E., Larson, E. M., Lavieri, N. A., Ruther, B. L. and Wilson, L. A. 2014. The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared

- with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*. Meat science, 96(1), 400-407.
- Hwang, K. E., Kim, T. K., Kim, H. W., Oh, N. S., Kim, Y. B., Jeon, K. H. and 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. and 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.
- ICMSF. 1982. International commission on microbiological specifications for foods. Microorganism in Foods 1. Their Significance and Methods of Enumeration, Univ. to Toronto Press., London.
- İşıksal, S. 2021. Sucuk Üretiminde Bitkisel Kaynaklı Nitrat Kullanımı. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 223, Ankara.
- Jackson, A. L., Kulchaiyawat, C., Sullivan, G. A., Sebranek, J. G. and Dickson, J. S. 2011. Use of natural ingredients to control growth of *Clostridium perfringens* in naturally cured frankfurters and hams. Journal of Food Protection, 74(3), 417-424.
- Janković, V., Mitrović, R., Lakićević, B., Velebit, B. and Baltić, T. 2017. *Listeria monocytogenes* presence during fermentation, drying. 59th International Meat Industry Conference MEATCON2017. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 85 (2017) 012051.
- Jeong, J Y. 2016. Alternative curing technology in meat products. Animal Food Sci. Ind. 5, 77-84.
- Jin, S. K., Choi, J. S., Moon, S. S., Jeong, J. Y. and 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.
- Jo, K., Lee, S., Yong, H.I., Choi, Y.S. and Jung, S. 2020. Nitrite sources for cured meat products. LWT-Food Science and Technology, 129, 109583.
- Jung, J.T., Lee, J. K., Choi, Y. S., Lee, J. H., Choi, J. S., Choi, Y. I. and Chung, Y. K. 2018. Effect of rice bran and wheat fibers on microbiological and physicochemical properties of fermented sausages during ripening and storage. Korean Journal of Food Science and Animal Resources, 38(2), 302–314.
- Kaban, G. and Kaya, M. 2006. Effect of starter culture on growth of *Staphylococcus aureus* in sucuk. Food Control, 17(10), 797-801.

- Kaban, G. and Kaya, M. 2009. Effects of *Lactobacillus plantarum* and *Staphylococcus xylosus* on the quality characteristics of dry fermented sausage “sucuk”. Journal of Food Science, 74(1), 58-63.
- Kamiloglu, S. 2020. Industrial freezing effects on the content and bioaccessibility of spinach (*Spinacia oleracea* L.) polyphenols. Journal of the Science of Food and Agriculture, 100(11), 4190-4198.
- Kamiloğlu, A., Kaban, G. and Kaya, M. 2019. Effects of autochthonous *Lactobacillus plantarum* strains on *Listeria monocytogenes* in sucuk during ripening. Journal of Food Safety, 39(3), e12618.
- Kayaardı, S. and Gök, V. 2003. Effect of replacing beef fat with olive oil on quality characteristics of Turkish soudjouk (sucuk). Meat Science, 66, 249-257.
- Kęska, P. and Stadnik, J. 2017. Dry-Cured Meats: Quality, Safety And Nutritional Aspects, In: Meat And Meat Processing. McCarthy, D. B. (ed), Nova Science Publishers, Chapter 3, New York.
- Kim, T. K., Kim, Y. B., Jeon, K. H., Park, J. D., Sung, J. M., Choi, H. W., Hwang, K. E. and 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.
- Kooti, W. and 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. and 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.
- Kröckel, L. 1995. Bacterial fermentation of meats, p. 69-109. In G. Campbell-Platt and P. E. Cook (ed.), Fermented meats. Blackie Academic and Professional, London, United Kingdom.
- Kurćubić, V. S., Mašković, P. Z., Vujić, J. M., Vranić, D. V., Vesković-Moračanin, S. M., Okanović, Đ. G. and Lilić, S. V. 2014. Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage. Meat science, 97(4), 459-467.
- Küçükkaya, S., Arslan, B., Demirok Soncu, E., Ertürk, D. and Soyer, A. 2020. Effect of chitosan–essential oil, a surface mold inhibitor, on microbiological and physicochemical characteristics of semidried fermented sausages. Journal of Food Science, 85(4), 1240-1247.

- Leistner, L. 1995. Stable and safe fermented sausages world-wide, p. 160-175. In G. Campbell-Platt and P. E. Cook (ed.), *Fermented meats*. Blackie Academic and Professional, London, United Kingdom.
- Liu, D. K., Xu, C. C., Zhang, L., Ma, H., Chen, X. J., Sui, Y. C. and Zhang, H. Z. 2020. Evaluation of bioactive components and antioxidant capacity of four celery (*Apium graveolens* L.) leaves and petioles. *International Journal of Food Properties*, 23(1), 1097-1109.
- Lorenzo, J. M., Sineiro, J., Amado, I. R. and Franco, D. 2014. Influence of natural extracts on the shelf life of modified atmosphere-packaged pork patties. *Meat Science*, 96, 526-534.
- Lücke, F. K. 1998. *Fermented Sausages*, In: *The Microbiology of fermented foods*, 2nd edition. B. J. B. Wood. (ed), Blackie Academic and Profession, Glasgow, UK.
- Majou, D. and Christieans, S. 2018. Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. *Meat Science*, 145, 273-284.
- Meloni, D. 2015. Presence of *Listeria monocytogenes* in Mediterranean-style dry fermented sausages. *Foods*, 4, 34–50.
- Mirecki, N., Hić, Z. S., Šunić, L. and Rukie, A. 2015. Nitrate content in carrot, celeriac and parsnip at harvest time and during prolonged cold storage. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24, 3266-3273.
- Mišić, D., Zizovic, I., Stamenić, M., Ašanin, R., Ristić, M., Petrović, S. D. and Skala, D. 2008. Antimicrobial activity of celery fruit isolates and SFE process modeling. *Biochemical engineering journal*, 42(2), 148-152.
- Molly, K., Demeyer, D., Johansson, G., Raemaekers, M., Ghistelinck, M. and Geenen, I. 1997. The importance of meat enzymes in ripening and flavour generation in dry fermented sausages. First results of a European project. *Food Chemistry*, 59(4), 539-545.
- Mu, Y., Feng, Y., Wei, L., Li, C., Cai, G. and Zhu, T. 2020. Combined effects of ultrasound and aqueous chlorine dioxide treatments on nitrate content during storage and postharvest storage quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Chemistry*, 333, 127500.
- Myers, K., Cannon, J., Montoya, D., Dickson, J., Lonergan, S. and Sebranek, J. 2013. Effects of high hydrostatic pressure and varying concentrations of sodium nitrite from traditional and vegetable-based sources on the growth of *Listeria monocytogenes* on ready-to-eat (RTE) sliced ham. *Meat science*, 94(1), 69-76.
- Neubauer, H. and Götz, F. 1996. Physiology and interaction of nitrate and nitrite reduction in *Staphylococcus carnosus*. *Journal of Bacteriology*, 178(7), 2005-2009.

- Ng, M. L. and Sulaiman, R. 2018. Development of beetroot (*Beta vulgaris*) powder using foam mat drying. LWT-Food Science and Technology, 88, 80-86.
- Nirmal, N. P., Mereddy, R. and Maqsood, S. 2021. Recent developments in emerging technologies for beetroot pigment extraction and its food applications. Food Chemistry, 356, 129611.
- Nouairi, M. E. A., Freha, M. and Bellil, A. 2021. Study by absorption and emission spectrophotometry of the efficiency of the binary mixture (Ethanol-Water) on the extraction of betanin from red beetroot. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, 260, 119939.
- Ozaki, M. M., Munekata, P. E., Jacinto-Valderrama, R. A., Efraim, P., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. and Pollonio, M. A. R. 2021. Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages. Meat Science, 171, 108275.
- Ozkan, I. A., Akbudak, B. and Akbudak, N. 2007. Microwave drying characteristics of spinach. Journal of Food Engineering, 78(2), 577-583.
- Özdestan, Ö. ve Üren, A. 2010. Gıdalarda nitrat ve nitrit. Akademik Gıda, 8(6), 35-43.
- Öztan, A. 2011. Et bilimi ve teknolojisi. TMMOB Gıda Mühendisleri Odası, 526, Ankara.
- Öztürk, B., Serdaroğlu, M. ve Ergezer, H. 2015. Et ve et ürünlerinde nitrit-nitrat; kullanım avantajları, yasal sınırlamalar ve güncel alternatif yaklaşımlar. Akademik Gıda, 13(3), 257-264.
- Pagliano, E. and Mester, Z. 2019. Determination of elevated levels of nitrate in vegetable powders by high-precision isotope dilution GC–MS. Food chemistry, 286, 710-714.
- Palamutoğlu, R. ve Sarıçoban, C. 2012. Et ürünlerinde nitrat ve nitrite alternatif doğal kütleme maddeleri. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi, 7(3), 46-58.
- Parthasarathy, D. K. and Bryan, N. S. 2012. Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency. Meat science, 92(3), 274-279.
- Patrignani, F., Iucci, L., Vallicelli, M., Guerzoni, M. E., Gardini, F. and Lanciotti, R. 2007. Role of surface-inoculated *Debaryomyces hansenii* and *Yarrowia lipolytica* strains in dried fermented sausage manufacture. Part 1: Evaluation of their effects on microbial evolution, lipolytic and proteolytic patterns. Meat science, 75(4), 676-686.
- Pegg, R. B. and Honikel, K. O. 2014. Principles of curing. Handbook of fermented meat and poultry, 19-30.

- Pegg, R. B. and Shahidi, F. 2006. Processing of nitrite-free cured meats. In L. M. L. Nollet, and F. Toldra (Eds.), *Advanced Technologies for Meat Processing*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- Pehlivanoğlu, H., Nazlı, B., İmamoğlu, H. ve Çakır, B. 2015. Piyasada fermente sucuk olarak satılan ürünlerin kalite özelliklerinin saptanması ve geleneksel Türk fermente sucuğu ile karşılaştırılması. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 41(2), 191-198.
- Pennisi, L., Verrocchi, E., Paludi, D. and Vergara, A. 2020. Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage. *Italian Journal of Food safety*, 9, 8422.
- Perez-Alvarez, J. A. 2008. Overview of meat products as functional foods. In: *Technological strategies for functional meat products development* J. Fernandez-Lopez, and J. A. Perez-Alvarez (Eds.), (pp. 1-17). Kerala, India: Transworld Research.
- Pérez-Alvarez, J. A., Sayas-Barberá, M. E., Fernández-López, J. and Aranda-Catalá, V. 1999. Physicochemical characteristics of Spanish-type dry-cured sausage. *Food Research International*, 32(9), 599-607.
- Pérez-Rodríguez, M. L., Bosch-Bosch, N. and García-Mata, M. 1996. Monitoring nitrite and nitrate residues in frankfurters during processing and storage. *Meat Science*, 44(1-2), 65-73.
- Pexara, E. S., Metaxopoulos, J. and 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 and +10 °C. *Meat science*, 62(1), 33-43.
- Polat, S. and Sayan, P. 2021. Effect of *Apium graveolens* extract on the surface morphology and characteristics of calcium pyrophosphate crystals. *Journal of Crystal Growth*, 562, 126083.
- Posthuma, J. A., Rasmussen, F. D. and Sullivan, G. A. 2018. Effects of nitrite source, reducing compounds, and holding time on cured color development in a cured meat model system. *LWT- Food Science and Technology*, 95, 47-50.
- Račkauskienė, I., Pukalskas, A., Venskutonis, P. R., Fiore, A., Troise, A. D. and 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.
- Raczuk, J., Wadas, W. and Glozak, K. 2014. Nitrates and nitrites in selected vegetables purchased at supermarkets in Siedlce, Poland. *Roczniki państwowego zakładu higieny*, 65(1).

- Redfield, A. L. and Sullivan, G. A. 2015. Effects of conventional and alternative curing methods on processed turkey quality traits. *Poultry Science*, 94(12), 3005-3014.
- Riyad, Y. M., Ismail, I. M. M. and Abdel-Aziz, M. E. 2018. Effect of vegetable powders as nitrite sources on the quality characteristics of cooked sausages. *Bioscience Research*, 15(3), 2693-2701.
- Rodríguez-Daza, M. C., Restrepo-Molina, D. A. and Arias-Zabala, M. E. 2019. Obtaining nitrite from vegetables sources by fermentative process using nitrate-reducing bacteria *Staphylococcus carnosus* and *S. xylosus*. *Dyna*, 86(210), 254-261.
- Salehi, F. 2021. Textural properties and quality of meat products containing fruit or vegetable products: A review. *Journal of Food and Nutrition Research*, 60(3), 187-202.
- Salgado, A., Fontán, M. C. G., Franco, I., López, M. and Carballo, J. 2005. Biochemical changes during the ripening of Chorizo de cebolla, a Spanish traditional sausage. Effect of the system of manufacture (homemade or industrial). *Food Chemistry*, 92(3), 413-424.
- Salimi, F., Fattahi, M. and Hamzei, J. 2022. Phenolic contents, composition and antioxidant activity of essential oils obtained from Iranian populations of *Apium graveolens*, and their canonical correlation with environmental factors. *Biochemical Systematics and Ecology*, 101, 104394.
- Santamaria, P. 2006. Nitrate in vegetables: toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1), 10-17.
- Santamaria, P., Elia, A., Serio, F. and Todaro, E. 1999. A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79(13), 1882-1888.
- Sebranek, J. G. 2009. Basic curing ingredients, In: *Ingredients in meat products*. Rodrigo Tarte. (eds), Springer, 1-23, New York.
- Sebranek, J. and Bacus, J. 2007a. Natural and organic cured meat products: regulatory, manufacturing, marketing, quality and safety issues. *American Meat Science Association White Paper Series*, 1, 115.
- Sebranek, J. G. and Bacus, J. N. 2007b. Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues? *Meat science*, 77(1), 136-147.
- Sen, N. P., Donaldson, B., Charbonneau, C. and Miles, W. F. 1974. Effect of additives on the formation of nitrosamines in meat curing mixtures containing spices and nitrite. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22(6), 1125-1130.

- Seremet, L., Nistor, O. V., Andronoiu, D. G., Mocanu, G. D., Barbu, V. V., Maidan, A., Rudi, L. and Botez, E. 2020. Development of several hybrid drying methods used to obtain red beetroot powder. *Food Chemistry*, 310, 125637.
- Simitzis, P. N. 2017. Incorporation Of Agro-Industrial By-Products In The Diets Of Animals: Improvement Of Meat Quality Characteristics With Minimal Cost, In: *Meat and Meat Processing*. McCarthy, D. B. (ed), Nova Science Publishers, Chapter 1, New York.
- Sindelar, J. J. 2022. Curing alternative methods for cured meat products in the United States.
- Sindelar, J. J. and Milkowski, A. L. 2011. Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: a review of curing and examining the risk/benefit of its use. *American Meat Science Association White Paper Series*, 3, 1-14.
- Sindelar, J. J. and Milkowski, A. L. 2012. Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric oxide*, 26(4), 259-266.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Olson, D. G., Sebranek, J. G. and Love, J. A. 2007a. Investigating quality attributes and consumer acceptance of uncured, No-nitrate/nitrite-added commercial hams, bacons, and frankfurters. *Journal of Food Science*, 72(8), 551-559.
- Sindelar, J. J., Cordray, J. C., Sebranek, J. G., Love, J. A. and 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), 388-395.
- Singh, V.P. and Sachan, N. 2015. *Principles of Meat Technology: 2nd Revised and Expanded Edition*. New India Publishing Agency, 370, India.
- Slima, S.B., Ktari, N., Trabelsi, I., Triki, M., Feki-Tounsi, M., Moussa, H., Makni, I., Herrero, A., Jimenez-Colmenero, F., Perez, C.R.C. and Salah, R.B. 2017. Effect of partial replacement of nitrite with a novel probiotic *Lactobacillus plantarum* TN8 on color, physico-chemical, texture and microbiological properties of beef sausages. *LWT- Food Science and Technology*, 86, 219-226.
- Soyer, A., Ertaş, A. H. and Üzümcüoğlu, Ü. 2005. Effect of processing conditions on the quality of naturally fermented Turkish sausages (sucuks). *Meat Science*, 69(1), 135-141.
- Stoica, M. 2019. Overview of sodium nitrite as a multifunctional meat-curing ingredient. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati. Fascicle VI-Food Technology*, 43(1), 155-167.

- Sucu, C. and Yildiz Turp, G. 2018. The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative. *Meat Science*, 140, 158-166.
- Sullivan, G. A. and Sebranek, J. G. 2012. Nitrosylation of myoglobin and nitrosation of cysteine by nitrite in a model system simulating meat curing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(7), 1748-1754.
- Terns, M. J., Milkowski, A. L., Rankin, S. A. and Sindelar, J. J. 2011a. Determining the impact of varying levels of cherry powder and starter culture on quality and sensory attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages. *Meat science*, 88(2), 311-318.
- Terns, M. J., Milkowski, A. L., Claus, J. R. and Sindelar, J. J. 2011b. Investigating the effect of incubation time and starter culture addition level on quality attributes of indirectly cured, emulsified cooked sausages. *Meat Science*, 88(3), 454-461.
- Toldrá, F. 2008. Biotechnology of flavor generation in fermented meats. In: *Meat Biotechnology*. Fidel Toldrá (ed), Springer, 199-215, New York.
- Toldrá, F., Sanz, Y. and Flores, M. 2001. Meat Fermentation Technology. In: *Meat Science and Applications*. Hui, Y.H., Nip, W.K., Rogers, R.W., Young, O.A. (eds). Marcel Dekker Inc. 537-561. New York.
- Tompkin, R. B. 2005. Nitrite. In P. M. Davidson, J. N. Sofos and A. L. Branen (Eds.), *Antimicrobials in food*. Boca Raton, FL: Taylor and Francis Group, CRC Press, LLC.
- Ureña, F., Bernabéu, R. and Olmeda, M. 2008. Women, men and organic food: Differences in their attitudes and willingness to pay. A Spanish case study. *International Journal of Consumer Studies*, 32(1), 18–26.
- Üren, A. and Babayiğit, D. 1997. Colour parameters of Turkish-type fermented sausage during fermentation and ripening. *Meat Science*, 45(4), 539-549.
- Verluyten, J., Messens, W. and De Vuyst, L. 2003. The curing agent sodium nitrite, used in the production of fermented sausages, is less inhibiting to the bacteriocin-producing meat starter culture *Lactobacillus curvatus* LTH 1174 under anaerobic conditions. *Applied Environmental and Microbiology*, 69(7), 3833–3839.
- Visessanguan, W., Benjakul, S., Riebroy, S. and Thepkasikul, P. 2004. Changes in composition and functional properties of proteins and their contributions to Nham characteristics. *Meat science*, 66(3), 579-588.
- Walker, R. 1990. Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: A review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food Additives and Contaminants*, 7, 717–768.

- Wang, D., Zhao, L., Su, R. and Jin, Y. 2019. Effects of different starter culture combinations on microbial counts and physico-chemical properties in dry fermented mutton sausages. *Food Science & Nutrition*, 7(6), 1957-1968.
- Waseem, M., Akhtar, S., Manzoor, M. F., Mirani, A. A., Ali, Z., Ismail, T., Ahmad, N. and Karrar, E. 2021. Nutritional characterization and food value addition properties of dehydrated spinach powder. *Food Science and Nutrition*, 9(2), 1213-1221.
- Yıldız Turp, G. ve Avcı, T. 2022. Current approaches to nitrite Reduction methods in meat products and their potential for transfer to industry. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and technology*, 10(3), 475-488.
- Yıldız Turp, G. and Serdaroğlu, M. 2008. Effect of replacing beef fat with hazelnut oil on quality characteristics of sucuk- a Turkish fermented sausage. *Meat science*, 78(4), 447-454.
- Yıldız Turp, G. ve Sucu, Ç. 2016. Et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımına potansiyel alternatif yöntemler. *Celal Bayar University Journal of Science*, 12(2), 231-242.

EKLER

EK 1 Nitrat ve Nitrit Standart Eğrileri

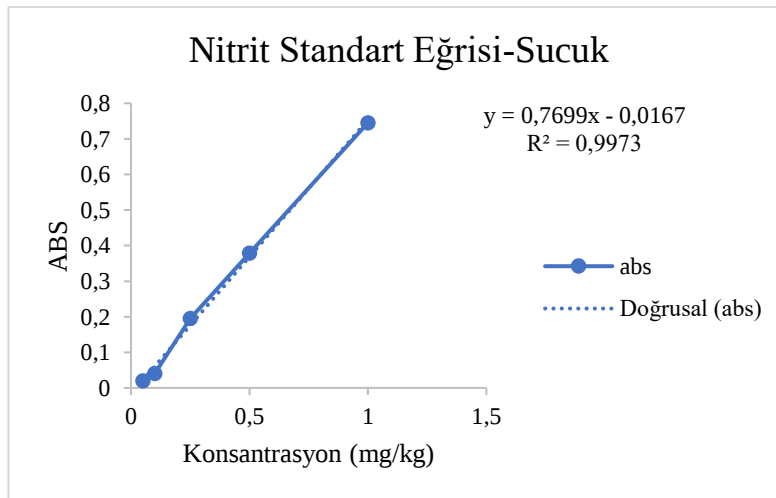
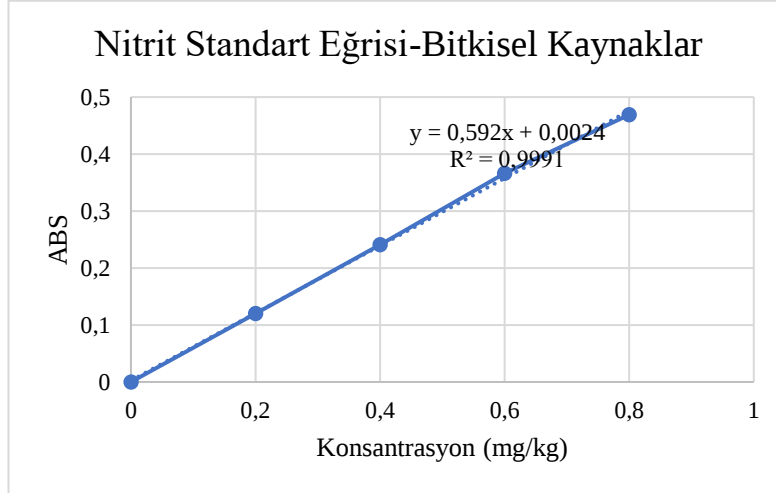
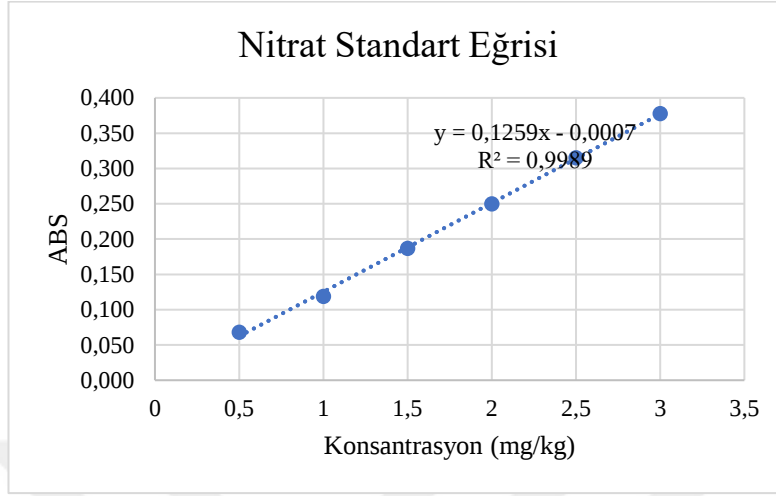
EK 2 TBARM Standart Eğrisi

EK 3 Sucuk Duyusal Değerlendirme Formu

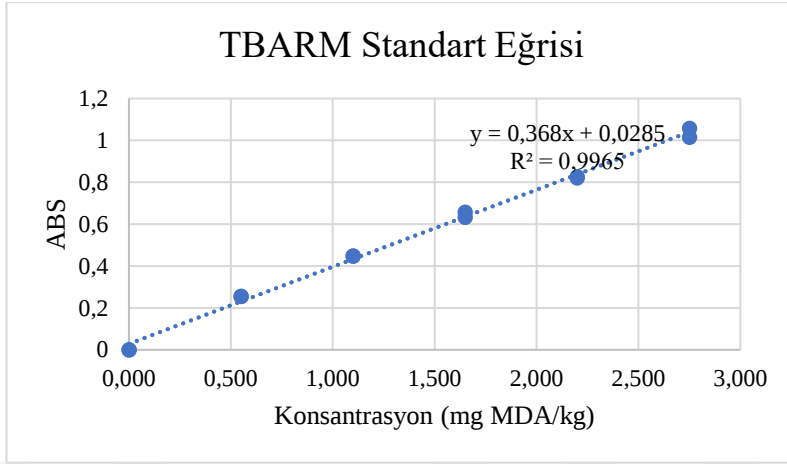
EK 4 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi sonuçlarına İlişkin p Değerleri

EK 5 Ön Dönüştürme Öncesi ve Sonrası Bitkisel Kaynaklar ve Sucuk Görselleri

EK 1 Nitrat ve Nitrit Standart Eğrileri



EK 2 TBARM Standart Eğrisi



EK 3 Sucuk Duyusal Değerlendirme Formu

SUCUK DUYUSAL DEĞERLENDİRME FORMU

Panelistin Adı Soyadı:

Tarih:

*Formu doldurmadan önce lütfen dikkatlice okuyunuz.

1) Koku

Açıklama: Kapaklı kaplarda bulunan sucuk dilimlerini, kapakları açar açmaz koklayarak, hissinizi hedonik ölçek üzerinde işaretleyiniz (X).

****Örnekler arasında, su ya da kahve koklayarak, burnunuzda bir önceki kokunun etkisini nötürleyebilirsiniz.**

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											

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: 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

3) Tat/lezzet

Açıklama: Sucuk dilimini yeterli düzeyde ısıtarak, arka dişlerle iyice çiğneyiniz. Yuttuktan (veya yutmadan ağızdan çıkarttıktan) sonra algılanan tipik sucuk tadını (asidik ve baharatsı 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

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

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: 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	Çok iyi
125											
141											
135											
123											
175											

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

Not: Belirtmek istediğiniz bir şey varsa buraya yazabilirsiniz.

EK 4 Araştırma Verilerinin Varyans Analizi sonuçlarına ilişkin p Değerleri

Farklı nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucukların fizikokimyasal, kimyasal ve mikrobiyolojik analizlerinde meydana gelen değişimlere uygulama ve sürenin etkisini gösteren varyansanalizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Fizikokimyasal, Kimyasal ve Mikrobiyolojik Analizler	Üretim			Depolama		
	Grup x süre etkileşimi	Grup	Süre	Grup x süre etkileşimi	Grup	Süre
pH	0,000	0,000	0,000	0,102	0,000	0,000
a _w	0,996	0,203	0,000	0,905	0,003	0,000
L*	0,840	0,033	0,000	0,132	0,001	0,004
a*	0,280	0,001	0,000	0,536	0,000	0,000
b*	0,923	0,433	0,030	0,324	0,010	0,342
Kür pigmenti	0,007	0,000	0,000	0,126	0,000	0,378
Toplam pigment	0,038	0,000	0,000	0,689	0,000	0,175
Nitrozopigment dönüşüm oranı (%)	0,029	0,000	0,000	0,156	0,000	0,273
Kalıntı nitrit	0,000	0,000	0,000	0,369	0,000	0,036
TBARM değeri	0,686	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000
TMAB sayısı	0,341	0,055	0,00	0,520	0,045	0,003
LAB sayısı	0,446	0,057	0,000	0,614	0,021	0,004
KNK sayısı	0,995	0,555	0,253	0,979	0,415	0,011
Maya-küf sayısı	0,828	0,050	0,000	0,995	0,111	0,000
<i>Enterobacteriaceae</i>	0,037	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Farklı nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucukların duyuşal özelliklerinde meydana gelen değişimlere uygulama ve sürenin etkisini gösteren varyansanalizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Duyuşal özellikler	Depolama		
	Grup x süre etkileşimi	Grup	Süre
Koku (çiğ)	0,007	0,000	0,000
Renk (çiğ)	0,656	0,000	0,007
Tat (çiğ)	0,998	0,000	0,040
Tekstür (çiğ)	0,488	0,000	0,041
Genel beğeni (çiğ)	0,925	0,004	0,128
Koku (pişmiş)	0,507	0,001	0,000
Renk (pişmiş)	0,251	0,000	0,001

Tat (pişmiş)	0,720	0,035	0,001
Tekstür (pişmiş)	0,336	0,000	0,000
Genel beğeni (pişmiş)	0,983	0,001	0,000

Farklı nitrit kaynağı kullanılarak üretilen sucukların fizikokimyasal analizlerinde meydana gelen değişimlere uygulama ve sürenin etkisini gösteren varyansanalizi sonuçlarına ilişkin p değerleri

Analizler	Grup x süre etkileşimi	Grup	Süre
Nem (%)	0,115	0,073	0,000
Yağ (%)	0,047	0,047	0,000
Protein (%)	0,925	0,868	0,000
Kül (%)	0,275	0,061	0,000

EK 5 Ön Dönüştürme Öncesi ve Sonrası Bitkisel Kaynaklar ve Sucuk Görselleri



