

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**BIYO-DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ ROKA EKSTRAKTININ,
KARAMUK EKSTRAKTI İLE NİTRİT İKAMESİ OLARAK
ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK FORMÜLASYONLARINDA
KULLANIMININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

Hilal CAN

Danışman: Prof. Dr. F. Meltem Serdaroglu

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı
Gıda Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

İzmir
2021



Hilal CAN tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “**BİYO-DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ ROKA EKSTRAKTININ, KARAMUK EKSTRAKTI İLE NİTRİT İKAMESİ OLARAK ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 23/02/2021 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:**İmza**

Jüri Başkanı	: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU	
Raportör Üye	: Doç. Dr. F. Mehmet YILMAZ	
Üye	: Prof. Dr. M. Yekta GÖKSUNGUR	



EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI**

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktının, karamuk ekstraktı ile nitrit ikamesi olarak ısıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında kullanımının bazı kalite parametrelerine etkisinin incelenmesi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

23 / 02/ 2021

İmzası

Hilal CAN



ÖZET**BİYO-DÖNÜŞTÜRÜLMÜŞ ROKA EKSTRAKTININ, KARAMUK EKSTRAKTI İLE NİTRİT İKAMESİ OLARAK ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ SUCUK FORMÜLASYONLARINDA KULLANIMININ BAZI KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

CAN, Hilal

Yüksek Lisans Tezi, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

Şubat 2021, 122 sayfa

Bu tez çalışmasında, ısıl işlem görmüş sucuklara ilave edilen biyo-dönüştürülmüş (nitratın nitrite indirgenmesi) roka ekstraktı ve karamuk (*Berberis vulgaris*) ekstraktının lipid ve protein oksidasyonlarındaki değişim ile nitrit/nitrat miktarlarındaki değişimler üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı ve biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı ile beraber karamuk ekstraktı ilave edilen sucukların nitrit miktarı 16,01; 10.83 mg/kg, TBARS değerleri 0.75; 0.70 mg MA/kg olarak tespit edilmiştir. Duyusal değerlendirme sonuçlarına göre genel kabul edilebilirlik puanları en yüksek olan sucuklar, sentetik nitrit ilave edilen ve karamuk ekstraktı ile beraber biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı ilave edilenlerdir.

Araştırma sonucunda, karamuk ekstraktının ilavesinin ısıl işlem görmüş sucuk formülasyonunda kullanılması ile lipid oksidasyon değerlerinde azalma, kırmızılık değerlerinde artma, protein karbonil değerlerinde azalma gibi bazı kalite parametreleri üzerine olumlu etkisi görülmüştür. Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktının ilavesi ile nitrit değerlerinde azalma gözlenmiştir. Karamuk ekstrakt ilavesinin üretim süreci boyunca pH değerlerinde azalmalara neden olduğu belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Nitrit alternatifi, Isıl işlem görmüş sucuk, Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı, Kırmızı karamuk (*Berberis vulgaris*) ekstraktı



ABSTRACT**THE EFFECT OF PRE-CONVERTED ARUGULA EXTRACT AND
BARBERRY EXTRACT AS NITRITE SUBSTITUTES ON QUALITY
PARAMETERS OF HEAT TREATED SUCUK FORMULATIONS**

CAN, Hilal

MSc in Food Engineering

Supervisor: Prof. Dr. F. Meltem SERDAROĞLU

February 2021, 122 pages

In this thesis study, it is aimed to investigate the effects of the use of pre-converted (reduction of nitrate to nitrite) arugula extract and barberry (*Berberis vulgaris*) extract as a nitrite alternative in heat-treated sucuk on changes in lipid and protein oxidation and nitrite/nitrate amounts. In the study, the nitrite amount of the sucuk, which was added with the pre-converted arugula extract, the pre-converted arugula extract and barberry extract, was 16.01; 10.83 mg/kg, TBARS values 0.75; 0.70 mg MA/kg was determined. The sucuks with the highest overall acceptability scores were those treated with 150 ppm sodium nitrite was added and pre-converted arugula extract was added along with the barberry extract.

At the end of the research, it was determined that the use of barberry extract in heat treated sucuk had positive effect on some quality characteristics like delaying lipid oxidation, increased the a* value (redness), decreased amount of protein carbonyl groups. Nitrite values were decreased with added pre-converted arugula extract. It was showed that the addition of barberry extract caused decreases in pH values during the sucuk production process.

Anahtar sözcükler: Nitrite alternative, heat-treated sausage, pre-converted arugula extract, kırmızı karamuk (*Berberis vulgaris*) extract.



ÖNSÖZ

Bu tez çalışmamda ısıtıl işlem görmüş sucukda nitrit alternatifini yaklaşımlar üzerinde durulmuştur. Hocamın destekleyici yaklaşımı sonucunda benim merak duyduğum ve istekle çalışabileceğim bir konunun seçimini yaptık. Nitrat ve nitritlerin halk sağlığını tehlikeye atması türk gıda kodeksi tarafında çeşitli sınırlandırılmalar getirilmesi tez konumun önemini çalışmalarım boyunca bana hatırlatmıştır. Araştırma çalışmalarımı bu konuda yapılmış güncel çalışmalar üzerine yoğunlaştırdığımda edindiğim bilgilerle tez çalışmamda ekstraktların ve nitrat indirgeme aktivitesine sahip mikroorganizmaların kullanılmasına karar verdik. Böylece lisans tezimde de üzerinde çalıştığım ekstraktlar konusunda daha geniş bilgi ve tecrübeler kazanmış oldum. Gerekli kimsayal ve hammadde desteğinin karşılanabilmesi için GAP projesine başvurduk ve projemiz bilimsel araştırma projeleri birimi tarafında desteklenmeye uygun bulundu. Ekstrakt üretim ve analiz kısmını Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümünde meyve sebze alanında çalışmakta olan Fatih Mehmet Yılmaz hocamın destekleriyle tamamladım. Sucuk üretimi ve analizlerini ise Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Et Teknolojisi Pilot Tesisi ve Laboratuvarı'nda gerçekleştirdim. Tüm bu süreçler gerçekleşirken hem keyif aldım hemde karşılaşılan her problemin bir çözümü ve alternatifini olabileceğini mühendislik bakış açısının getirilerini kullanarak öğrendim.

İZMİR

23.02.2021

HİLAL CAN



İÇİNDEKİLER

1.GİRİŞ:	1
2. GENEL BİLGİLER.....	8
2.1.Kürleme	8
2.1.1 Kürleme ajanları	10
2.1.2 Tuz.....	11
2.1.3 Tatlandırıcılar	11
2.1.4 İndirgen Katkılar	11
2.1.5 Fosfatlar.....	12
2.2. Kürlenmiş Et Ürünlerinde Nitrat/Nitrit	13
2.3 Nitrat ve Nitritin Et ürünleri Üzerine Fonksiyonları	14
2.3.1 Renk üzerine etkisi:	14
2.3.2 Lezzet üzerine etkisi	17
2.3.3 Antimikrobiyal etkisi.....	17
2.3.4 Antioksidan etkisi.....	18
2.4 Nitrat ve Nitritin İnsan Vücudundaki Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri	18
2.5 Nitritin Zararları	20
2.6 Nitrat ve Nitrit için Yasal Sınırlar	22
2.7 Nitrat ve Nitrite Alternatif Yöntemler.....	23
2.7.1 Organik asitlerin kullanımı.....	23
2.7.2 Güncel teknolojilerin kullanımı.....	24
2.7.3.Bakteriyosinler ve diğer mikrobiyal kaynakların kullanımı.....	25
2.7.4 Bitkisel kaynakların kullanımı	27
2.7.5 Sebze suları ve tozlarının kullanımı	28

2.7.6 Sebze ekstraktlarının kullanımı	29
2.7.7 Sebzelerdeki nitratın indirgenmiş halde kullanımı.....	30
3.GEREÇ VE YÖNTEM	33
3.1 Gereç	33
3.1.1 Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı (RE) hazırlama yöntemi.....	33
3.1.2 Karamuk ekstraktı (KE) hazırlanışı.....	34
3.1.3. Deneme Deseni.....	34
3.1.3. Isıl işlem görmüş sucuk üretimi:	35
3.2. Yöntem	38
3.2.1 Biyo-dönüştürülmüş Roka ekstraktı ve Karamuk Ektraktı Analizleri	38
3.2.2 Renk analizi	38
3.2.3 pH ölçümü	38
3.2.4 Toplam fenolik madde analizi	38
3.2.5 Toplam flavonoid analizi.....	38
3.2.6 Toplam antosiyanin miktarı.....	39
3.2.7 DPPH analizi	39
3.2.9 Nitrat/nitrit tayini.....	40
3.2.10 Isıl işlem görmüş sucuğa uygulanan analizler.....	40
3.2.11 Kimyasal kompozisyon analizleri	40
3.2.12 Toplam asitlik tayini.....	40
3.2.13 Su aktivitesi	41
3.2.14 Ağırlık kaybı.....	41
3.2.15 Peroksit sayısı.....	41
3.2.16 Tiyobarbütirik asit reaktif maddeleri (TBARS)	42
3.2.17 Toplam karbonil analizi.....	42
3.2.18 Sülfidril grupları analizi	43
3.2.19 Nitrit/nitrat analizleri	43

3.2.20 Toplam pigment analizi	44
3.2.21 Nitrozomyoglobin analizi	44
3.2.22 Nitrozopigmente dönüşüm oranı	45
3.2.23 Mikrobiyolojik analizler	45
3.2.24 Duyusal analiz	45
3.2.25 İstatistiksel analiz	46
4.BULGULAR	47
4.1. Biyo-dönüştürülmüş Roka Ekstraktı analiz sonuçları	47
4.2.Kırmızı karamuk (<i>Berberis vulgaris</i>) ekstraktı analiz sonuçları	47
4.2.1. Toplam Fenolik madde miktarı	48
4.2.2. Toplam flavonoid madde miktarı	48
4.2.3. DPPH değerleri.....	49
4.2.5. Antosiyanin değerleri	49
4.3. Isıl işlem görmüş sucuk hamuru analiz sonuçları	50
4.3.1.Kimyasal kompozisyon değerleri	50
4.3.2. pH değerleri	51
4.3.3.Toplam Asitlik.....	51
4.3.4 Su aktivitesi (aw).....	52
4.3.5 Lipid oksidasyonu analiz sonuçları	53
4.3.6 Protein oksidasyonu analiz sonuçları	56
4.3.7 Nitrit ve Nitrat Analiz Sonuçları	59
4.4 Üretim Süreci Analizleri	62
4.4.1 pH	62
4.4.2 Ağırlık kaybı.....	64
4.4.3 Su aktivitesi (aw).....	66
4.4.4 Toplam asitlik.....	67
4.4. Kuruma sonrası (son ürün) analiz sonuçları	69

4.4.1. Kimyasal kompozisyon analiz sonuçları	69
4.4.2. Renk parametreleri	72
4.4.3 Peroksit değerleri.....	75
4.4.4 TBARS analiz sonuçları	77
4.4.5 Sülfidril miktarı	79
4.4.6 Karbonil değerleri.....	81
4.4.7 Nitrat analiz sonuçları	83
4.4.8 Nitrit sonuçları.....	84
4.4.9 Nitrozomyoglobin ve Toplam pigment analizi sonuçları.....	86
4.4.10 Mikrobiyolojik analiz sonuçları	89
4.4.11 Duyusal analiz sonuçları	90
5.TARTIŞMA.....	94
6.SONUÇ VE ÖNERİLER	96
KAYNAKLAR DİZİNİ	97
TEŞEKKÜR	117
ÖZ GEÇMİŞ.....	118
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1: Besinlerle alınan nitrat ve nitrit kaynakları dağılımı	3
Şekil 1. 2: En yüksekten en aza doğru sebzelerdeki nitrat konsatrasyonları (mg/kg Fw).	5
Şekil 2. 1: Kùrlenmiş ve kùrlenmemiş et görünüm örnekleri.	9
Şekil 2. 2: Kùrleme işleminde renk değışimi olurken gerçekteşen kimyasal reaksiyonlar ..	16
Şekil 2. 3: Et ve et ürünlerinde nitrit/nitrat ile gerçekteşen karakteristik renk oluşumu	16
Şekil 2. 4: Nitritin insan vücudundaki dōngüsü.	20
Şekil 2. 5: Nitrat ve nitritin gıda ile alınımı ve insan vücuduna etkileri.	22
Şekil 3.1: Biyo-dōnüşürülmüş roka ekstraktı hazırlanışı.	34
Şekil 3. 2: Karamuk ekstraktı hazırlanışı.	34
Şekil 3. 3: Isıl işlem görmüş sucukların deneme deseni.	35
Şekil 3. 4: Isıl işlem görmüş sucuk üretim akış şeması.	36
Şekil 3. 5: Duyusal analiz puanlama formu.	45
Şekil 4. 1: Karamuk ekstraktının toplam fenolik, DPPH, Antosiyanin, Flavonoid miktarları.	49
Şekil 4. 2: Sucuk hamurlarının peroksit sayısı (meqO ₂ /kg) değeri.	55
Şekil 4. 3: Sucuk hamurlarının TBARS (mgMA/kg) değeri.	56
Şekil 4. 4: Sucuk hamurlarının sülfidril miktarları	58
Şekil 4. 5: Sucuk hamurlarının karbonil miktarları	59
Şekil 4. 6: Sucuk hamurlarının nitrat miktarları	61
Şekil 4. 7: Sucuk hamurlarının nitrit (mg/kg) miktarları	62
Şekil 4. 8: Sucuk üretim süreci boyunca pH değışimi	64
Şekil 4. 9: Sucuk üretim prosesi boyunca takip edilen ağırlık kayıpları (%).	66
Şekil 4. 10: Sucuk örneklerinin aw değeri.	67
Şekil 4. 11: Sucuk üretim prosesi boyunca takip edilen toplam asitlik (%laktik asit) değeri.	69
Şekil 4. 12: Sucuk örnekleri iç yüzeyi renk parametreleri	75
Şekil 4. 13: Sucuk örnekleri dış yüzey renk parametreleri	75
Şekil 4. 14: Sucuk örnekleri peroksit sayısı değeri.	77
Şekil 4. 15: Sucuk örneklerinin TBARS miktarı.	79
Şekil 4. 16: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarı.	81
Şekil 4. 17: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarları.	83
Şekil 4. 18: Sucuk örneklerinin nitrat miktarı.	84

Şekil 4. 19: Sucuk örneklerinin nitrit miktarı	86
Şekil 4. 20: Sucuk örneklerinin toplam pigment, nitrozomyoglobin pigmenti miktarı ve dönüşüm oranları.....	89
Şekil 4. 21: Sucuk örneklerinin duysal değerlendirme sonuçları.	93



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1: Yaş ve kuru kürlleme prosesi tanımlaması.....	9
Çizelge 2. 2: Kürlleme katkıları özellikleri ve kullanılan formları.....	12
Çizelge 2. 3: Et ve et ürünlerinde nitrit alternatifleri olarak kullanılan mikroorganizmalar...	26
Çizelge 2. 4: Doğal nitrat kaynağı sebzelerin nitrat içeriklerinin nitrite dönüştürüldükten sonra et ürünleri formülasyonuna eklendiği çalışmalar	
Çizelge 3. 1: Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonları.....	36
Çizelge 4. 1: Sucuk hamurlarının kimyasal kompozisyonu.....	
Çizelge 4. 2: Sucuk hamurlarının toplam asidik ve pH değerleri.....	52
Çizelge 4. 3: Sucuk hamurlarının su aktivite (aw) değerleri.....	53
Çizelge 4. 4: Sucuk hamurlarının peroksit sayısı (meqO ₂ /kg) değerleri.....	54
Çizelge 4. 5: Sucuk hamurlarının TBARS (mgMA/kg) değerleri.....	55
Çizelge 4. 6: Sucuk hamurlarının sülfidril miktarları	57
Çizelge 4. 7: Sucuk hamurlarının karbonil miktarları.....	59
Çizelge 4. 8: Sucuk hamurlarının nitrat miktarları	60
Çizelge 4. 9: Sucuk hamurlarının nitrit miktarları	61
Çizelge 4. 10: Sucuk üretim süreci boyunca pH değişimi	63
Çizelge 4. 11: Sucuk örneklerinin ağırlık kayıpları	65
Çizelge 4. 12: Sucuk örneklerinin aw değerleri.....	67
Çizelge 4. 13: Sucuk örneklerinin toplam asitlik (%laktik asit) değerleri.....	68
Çizelge 4. 14: Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin kimyasal kompozisyonu.....	71
Çizelge 4. 15: Sucuk örneklerinin iç yüzeyi L*, a*, b* değerleri.....	74
Çizelge 4. 16: Sucuk örnekleri dış yüzey L*, a*, b* değerleri.....	74
Çizelge 4. 17: Sucuk örnekleri peroksit sayısı değerleri.....	76
Çizelge 4. 18: Sucuk örneklerinin TBARS miktarı.....	78
Çizelge 4. 19: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarı.....	80
Çizelge 4. 20: Sucuk örneklerinin karbonil miktarı.....	82
Çizelge 4. 21: Sucuk örneklerinin nitrat miktarı.....	84
Çizelge 4. 22: Sucuk örneklerinin nitrit miktarı	85
Çizelge 4. 23: Sucuk örneklerinin toplam pigment, nitrozomyoglobin pigmenti miktarı ve dönüşüm oranları.....	88

Çizelge 4. 24: Sucuk hamuru ve ısıtıl işlem görmüş sucukların mikrobiyolojik analiz sonuçları.	90
Çizelge 4. 25: Sucuk örneklerinin duysal değerlendirme sonuçları.	92



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
°C	Santigrat derece
L*	Renk parlaklık değeri
a*	Renk kırmızılık değeri
b*	Renk sarılık değeri
<u>Kısaltmalar</u>	
mg	miligram
rpm	tur sayısı/dakika
O ₂	oksijen
NO	Nitrik oksit
meq	miliekivalen
TBA	Tiyobarbiturik asit
MA	Malonaldehit
GAE	Gallik asit eşdeğeri
KE	Kateşin eşdeğeri
TE	Troloks eşdeğeri
aw	Su aktivitesi değeri
cm	santimetre
mm	milimetre
nm	nanometre
ml	mililitre
µm	mikrometre
µL	mikrolitre
ppm	parts per million (milyonda bir)
g	gram
kg	kilogram

1.GİRİŞ:

Et ve et ürünleri vücudun yaşamsal faaliyetlerinde rol oynayan protein, yağ asitleri, vitamin ve mineraller (demir, çinko, selenyum) gibi birçok önemli besin maddelerini içermektedirler. Proteinlerin, serbest amino asitlerinin, yağların, vitaminlerin, minerallerin bulunması ve aw değerinin yüksek olması, eti mikroorganizmaların canlılığını koruması ve çoğalması için ideal bir ortam haline getirmektedir (Muchenje et al., 2009). Bu durum etin çabuk bozulabilen, raf ömrü kısa ürün sınıfına girmesine neden olmaktadır. Et ve et ürünleri için uzun süreli tüketimin ve ürün çeşitliliğinin sağlanabilmesi amacıyla çeşitli işleme teknikleri geliştirilmiştir. Bunlar arasında kurutma, dumanlama, kürleme, salamura ve marine etme gösterilebilmektedir (Pegg and Shahidi, 2000).

Kürleme; etin, tuz, nitrat ve nitrit gibi katkı maddelerinin ve ürünün çeşidine göre çeşitli baharatlar ile işlenerek bir muhafaza yöntemi şeklinde tanımlanmaktadır (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Nitrit ve nitratların kürleme sürecinde kullanımlarının önemli teknolojik sebepleri bulunmaktadır. Nitritler, kürlenmiş et rengini stabilize eder ve lezzet katmaktadırlar. Halk sağlığı açısından oldukça önemli olan *Clostridium botulinum* sporlarının oluşumunu engellemektedir. Kürlenmiş etlerde istenen lezzetin sağlanabilmesi için bir antioksidan görevi görerek oksidatif ürünlerin oluşumunu önlemektedirler. (Pennington, 1998).

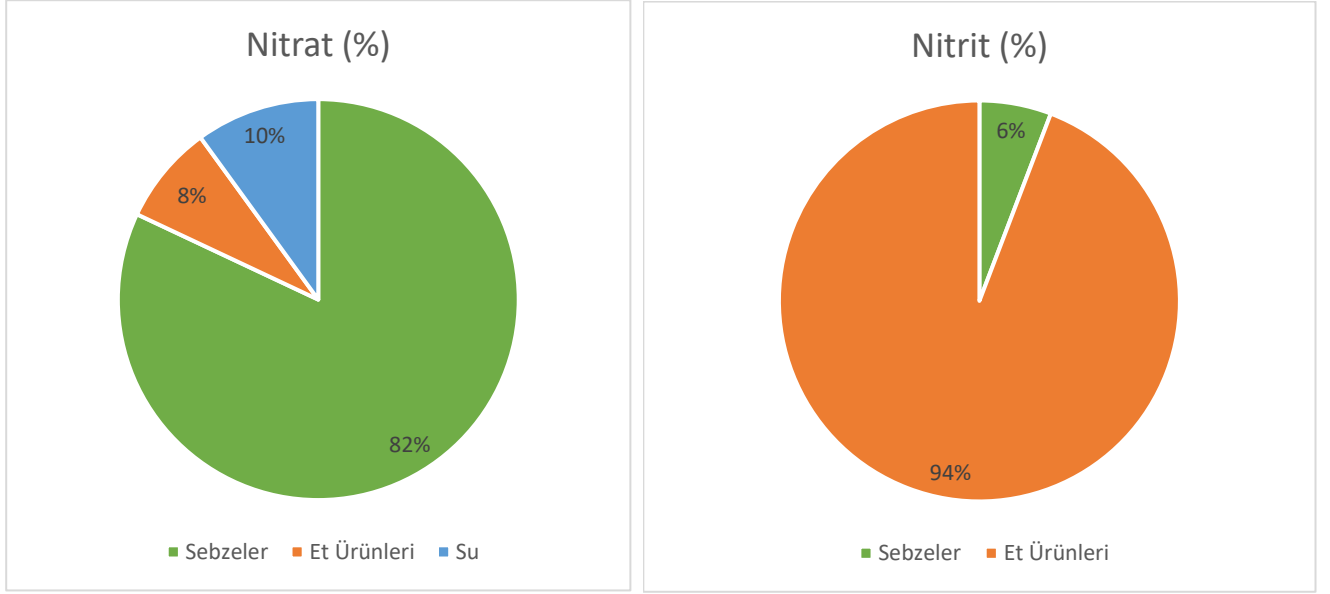
Nitrat ve nitritler doğal olarak yapısında bulundukları gıdaların tüketimi, su ve/veya gıdanın su ile işlenmesine katkı maddesi olarak gıdaların formülasyonunda bulunması olmak üzere üç yolla vücuda alınabilirler.

Dünya Sağlık Örgütü tarafından 2017 yılında günlük ortalama nitrat alımının 43 ila 141 mg arasında olduğu bildirilmiştir (WHO, 2017). Besinler ile alınan nitratın büyük çoğunluğunun bileşiminde doğal olarak nitrat içeren sebzeler ve içme suyu ile alındığı bilinmektedir (Quality, 2017). Sebzeler besinlerle alınan nitratın büyük bir kısmını oluşturmaktadırlar. Ulusal Bilimler Akademisi, besinler ile nitrat alımının %87'sinin sebze kaynaklı olduğunu bildirmiştir (NAS, 1982). Diğer nitrat kaynakları içme suyu (%15-%20) ve hayvansal ürünler (%10-%15) gibi gıda kaynaklarıdır (Şekil 1.1) (Feng and Wang, 2018).

Ispanak, pancar, turp, kereviz, marul ve lahana yüksek konsantrasyonlarda doğal nitrat içeren sebzeler olarak bilinmektedir (Sindelar and Milkowski, 2012). Sebzelerin düşük nitrit konsantrasyonları ancak yüksek nitrat konsantrasyonları içerdiği belirtilmiştir (Nokes and Cressey, 2007).

Sebzelerde nitrat birikimi birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Gübre kullanımı, nitrat redüktaz aktivitesi, büyüme hızı ve büyüme koşulları toprak sıcaklığı, ışık yoğunluğu, yağış miktarları büyüme koşulları sebzelerin nitrat içeriğini önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca, ısıtma işlemleri ve saklama koşulları gibi işleme yöntemleri de nitrat kayıplarına neden olabilmektedir. (Sindelar and Milkowski, 2012). Dünya sağlık örgütü verilerine göre insanlar günde yaklaşık 1,2-3,0 mg nitrit tüketmektedirler (WHO, 2017). Tükürük salgısı toplam günlük nitrit alımının yaklaşık %93.0'ünü oluştururken, gıdalar günlük nitrit alımının çok küçük bir kısmını oluşturmaktadır Bunun nedeni, ağız boşluğundaki bakteriler tarafından nitratin nitrite indirgenmesidir. Kürlenmiş etlerin günlük nitrit alımının %4,8'ini ve sebzelerin sadece %2,2'sini oluşturduğu bildirilmiştir (Sindelar and Milkowski, 2012).

Son raporlara uygun olarak, sebzeler, özellikle ıspanak ve pancar gibi yeşil yapraklı sebzeler, toplam nitratinin yaklaşık %80-90'ına katkıda bulunan bol miktarda nitrat içermektedir. Diğer nitrat kaynakları içme suyu (%15-%20) ve hayvansal ürünler (%10-%15) gibi gıda kaynaklardır (Şekil 1.1) (Feng and Wang, 2018).



Şekil 1. 1: Besinlerle alınan nitrat ve nitrit kaynakları dağılımı (Mitacek et al., 2008).

Nitrit ve nitratlar et ürünlerinin işlenmesi, depolanması ve pişirilmesi sırasında etteki aminlerle reaksiyona girerek zararlı N-nitrozamin bileşiklerini oluşturmaktadır. İşlenmiş gıda ürünleri incelendiğinde bu ürünlerin, nitrat-nitritten ziyade, N-nitrozaminleri bulundurması açısından risk taşıdıkları bilinmektedir. Ayrıca nitritler Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı tarafından muhtemel kanserojen ajan olarak görülmüştür (Grosse et al., 2006). Nitrozaminlerin genel olarak kürlenmiş et ürünlerinde, peynir ve balıkta da yüksek düzeylerde olduğu bildirilmiştir (Österdahl, 1988). Genelde işlenmiş et ve et ürünlerinde görülen N-nitrozaminlerin düşük düzeylerde dahi olsa peynir suyu tozunda ve bitkisel yağlarda da bulunduğu tespit edilmiştir (Yurchenko and Mölder, 2006). Tüm bu gıdalar içerisinde en önemli nitrozamin kaynaklarını işlenmiş et ürünleri oluşturmaktadır. Bu et ürünleri üretimi açısından da kütleme prosesi önem taşımaktadır (Ozbay, 2019).

Son yıllarda gıdalar ve sağlık üzerine olan etkileri konusundaki bilinçlenmenin artışıyla birlikte, tüketici beklentilerindeki değişim gıda endüstrisini sentetik katkı maddelerinin doğal katkı maddeleri ile ikame edilmesi konusundaki çalışmalara yönlendirmiştir. Et ürünlerinde mikrobiyolojik güvenliği sağlamak, raf ömrünü uzatmak, ürün kalitesini ve verimini arttırmak amacıyla çeşitli katkı maddeleri (nitrat/nitrit, fosfatlar, antioksidanlar, indirgen katkılar vs.) kullanılmaktadır.

Et ürünleri formülasyonlarında nitrit ve nitratların kullanımı nitrozaminlerin oluşturabileceği sağlık problemleri nedeniyle tüketiciler üzerinde olumsuz etkiye neden

olmaktadır. Tüketici ihtiyaçları göz önünde bulundurularak et ürünlerinde nitrit ve nitratların kullanım miktarının azaltılması veya bazı doğal katkıların kullanım olanaklarının araştırılması gerekmektedir.

Kürlenmiş et ürünleri tüketiminde nitrat ve nitrit kullanımı sağlık açısından değerlendirildiğinde uzun yıllar boyunca tartışma konusu olmaya ve alternatifleri üzerine birçok çalışma yapılmaya devam etmektedir (Ferysiuk and Wójciak, 2020). Bitkisel ürünler gibi doğal kaynaklardan elde edilen nitratın, işlenmiş et ürünlerinde kullanılabilecek önemli bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Nitrat ve nitrit ile ilgili ciddi sağlık endişelerinin çoğunlukla yüksek alım dozları ile ilişkili olduğu, doğal kaynaktan elde edilen nitrat ve nitrit kullanımının daha az tehlikeli olduğu belirtilmektedir (Karwowska and Kononiuk, 2020; Bahadoran et al., 2015).

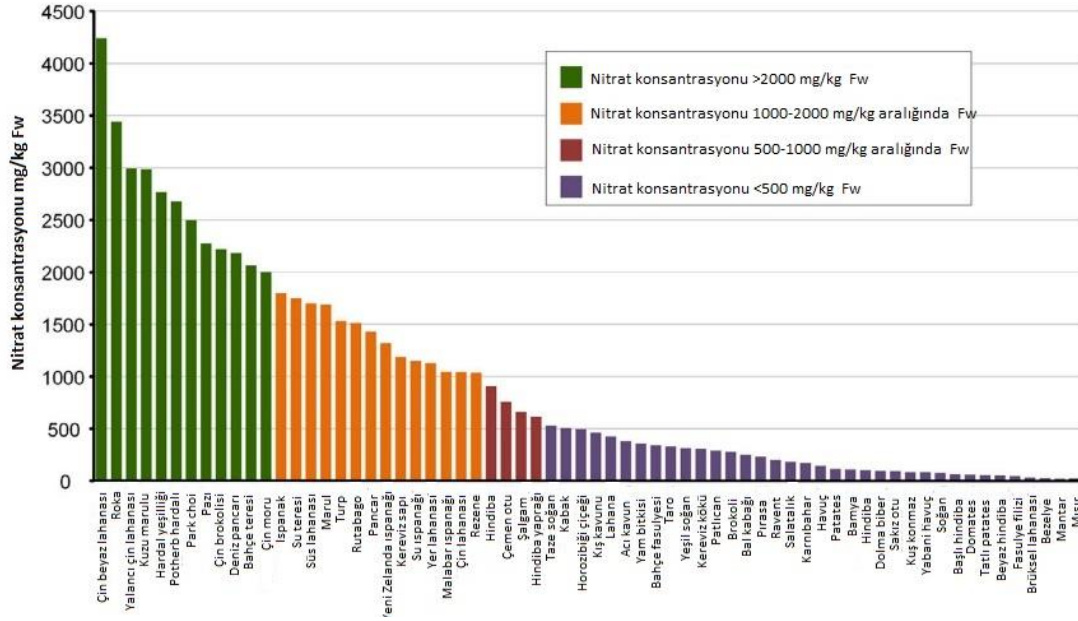
Roka (*Eruca sativa* Mill.), *Brassicaceae* ailesine ait olan salata sebzesi veya bahçe rokası olarak da bilinen Akdeniz bölgesine özgü, besleyici yaprakları yenilebilir tek yıllık bitkidir. Yeşil yaprakları taze ve acı bir tada sahiptir. Roka, Roma döneminden beri yetiştirilmektedir ve keskin aroması ve tadı nedeniyle tercih edilmektedir. Salata sebzesi olarak popüler olan roka; Fas, Portekiz, Suriye, Lübnan ve Türkiye'de yetişen Akdeniz bölgesine özgü endemik bir bitki türüdür.

Roka, glukozinolatlar, fenolik bileşikler ve C vitamini gibi çeşitli bitki kaynaklı bileşiklere sahiptir. Rokada; polifenoller, kuersetin, kaempferol ve izorhamnetin baskın olan flavonoidlerdir (Jin et al., 2009). Roka tohumlarında, filizlerinde, yapraklarında ve köklerinde glukozinolat bileşimi ve konsantrasyonları bulgulanmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda glukofafanin, glukoesusin, glukossativin, 4-metoksiglukobrassisin bulunmuştur (Lemić, 2017).

Glukozinolat hidroliz ürünleri, özellikle izotiyosiyanatlar ve roka ekstraktları, antioksidan ve antikanser biyoaktiviteleri göstermiştir. Roka ekstraktlarının ayrıca, farelerde yapılan bir çalışmada antisekretuar, sitoprotektif ve antiülser aktivitelere sahip oldukları bildirilmiştir (Ku et al., 2016).

Roka, 1213 ila 2650 mg/kg gibi yüksek nitrat seviyelerine sahiptir (Lidder and Webb, 2013). Nitrat konsantrasyonları mevsim, ışık, sıcaklık, büyüme koşulları, gübre kullanımı ve

depolanma koşulları gibi bir dizi faktöre bağlıdır (Premuzic et al., 2001; Magnani et al., 2007; Frezza, 2005; Kim and Ishii, 2007; Jakse et al., 2013). Hasat zamanı ve toprak verimliliği nitrat konsantrasyonunu büyük miktarda değiştirmektedir. Özellikle yaz ve kış mevsiminde hasat edilen bazı bitkilerdeki nitrat konsantrasyonları kıyaslandığında kış mevsiminde hasat edilenlerin nitrat konsantrasyonunun yaz mevsimine göre oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir (Jakse et al., 2013). Doğal nitrat kaynakları incelendiğinde (Şekil 1.2) rokadaki nitrat miktarının diğer kaynaklara göre oldukça fazla olduğunu görebilmekteyiz.



Şekil 1. 2: En yüksekten en aza doğru sebzelerdeki nitrat konsantrasyonları (mg/kg Fw).

Doğal nitrat kaynaklarının suyu veya tozu ürünlere nitrit alternatifi olarak doğrudan eklenebildiği gibi, nitrat içeriği ürüne ilave edilmeden önce nitrite indirgenerek doğal nitrit kaynağı olarak da ilave edilebilmektedir (Sebranek and Bacus, 2007). Son yıllarda, et ve et ürünlerinde geleneksel nitrit yerine kullanılabilecek alternatif doğal katkı maddesi arayışının artması, nitrat içeriği yüksek olan sebzelerin et ürünlerinde kullanımlarının araştırılmasına olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu nedenle, bu tez çalışmasında, nitrat içeriği yüksek olan, alerjen sınıfında olmayan roka ekstraktının ısıtma işlem görmüş sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak kullanım potansiyeli incelenmiştir.

Kırmızı karamuk (*Berberis vulgaris*), *Berberidaceae* ailesine ait çalı türü bir bitkidir. En fazla İran'da ve ülkemizde Doğu Anadolu bölgesinde yetişen, insan tüketimi için güvenli olduğu FDA tarafından onaylanmış olan üzüksü bir meyvedir (Kermanshahi and Riasi, 2006; Radmehr, 2010). *Berberis vulgaris*'in kurutulmuş meyvesi, İran'da “Zereshk” veya “Sereshk” olarak bilinmektedir. İçeriğinde C vitamini, malik asit, süksinik asit, tannin, berbamin,

berberin ve berberubin, klorojenik asit, kateşin, gallik asit ve antosiyaninler gibi birçok bileşik bulunmaktadır (Hanachi and Golkho, 2009; Gundoğdu, 2011; Saki et al., 2016; Rahimi-Madiseh et al., 2017). Bitkinin farklı kısımları (kök, ağaç kabuğu, yaprak ve meyve), geleneksel tıpta, kardiyovasküler, solunum, böbrekler, üriner ve gastrointestinal sistem rahatsızlıkları, deri ve bulaşıcı hastalıklar gibi çeşitli hastalıkların tedavisi ve önlenmesi için yaygın olarak kullanılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, *Berberis vulgaris* ekstraktlarının içeriğindeki berbamin, palmatin ve özellikle berberin gibi biyoaktif bileşiklerin antibakteriyel, antikarsinojenik ve antidiabetik etkiler gösterdiğini kanıtlamıştır (Javad-Mousavi et al., 2016). Kırmızı karamuk ekstraktında bulunan bu bileşiklerin, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* gibi mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Behravan et al., 2019).

Dana köftelerinde 90 ppm oranında kırmızı karamuk ekstraktının, 30 veya 60 ppm nitrit ile birlikte kullanılmasıyla ürünün raf ömrünün uzatıldığı bildirilmiştir (Khaleghi et al., 2016).

Bir diğer çalışmada ise sosis formülasyonunda, kırmızı karamuk ekstraktı, kurutulmuş kırmızı üzüm posası ve nitrit kullanımı araştırılmış ve üç katkı maddesi için renk, oksidasyon, kalıntı nitrit ve duysal açıdan optimum konsantrasyonların sırasıyla 600 ppm, %0,2 ve 76,27 ppm olduğu bildirilmiştir. Belirlenen optimum konsantrasyonlarda *E. coli*, *S. aureus* ve *Clostridium perfringens* üzerine inhibe edici etkiler gözlenmiştir (Riazi et al., 2015).

Özet olarak; bu çalışma sonucunda, aşağıda maddelenen araştırma aşamalarının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır:

- Et ve et ürünlerinde kullanılan nitritin sağlık üzerine olumsuz etkilerinden dolayı nitrit yerine alternatif doğal katkı maddesi arayışı ve ürün kalitesi üzerine olan etkilerinin araştırılması
- Nitrit içermeyen sucuk formülasyonu oluşturmak amacıyla, nitrat içeriği (4677- 9000 ppm) oldukça yüksek olan rokadan elde edilen ekstrakt ile sentetik nitritin ikame edilmesi
- Nitrat, inaktif bir kürlenme ajanıdır ve teknolojik etkilerinin gözlenmesi ancak nitrite dönüşümü ile sağlanmaktadır. Nitratın nitrite dönüşümü uzun üretim sürecine sahip et

ürünlerinde yeterli derecede sağlanabilirken, üretim süreci kısa ürünlerde nitrite dönüşüm için mikroorganizmalara gereken sürenin tanınmaması nedeniyle yeterli etki sağlanamayabilecektir. Bu tez çalışmasında ısıl işlem görmüş sucuk formülasyonunda roka ekstraktının biyo-dönüştürülmüş (BD) formda nitrit alternatifi olarak kullanılması

- Lipid oksidasyonu ve mikrobiyal üreme, et ürünlerinde kalite ve raf ömrünü etkileyen en önemli değişikliklerdendir. Bitki ekstraktlarının kullanımı ile bu değişikliklerin geciktirilebildiği birçok çalışmada görülmektedir. Formülasyonda nitrit yalnızca sebze ekstraktları ile ikame edildiğinde, nitritin önemli fonksiyonlarından olan antioksidan ve antimikrobiyal etkinin tam olarak sağlanamadığı görülmektedir. Kırmızı karamuk (KK) meyvesinin organik asitler ve fenolik bileşiklerce oldukça zengin olması bu meyveden elde edilen ekstraktların antioksidan ve antimikrobiyal etki göstermesini sağlamaktadır. Fenolik bileşiklerin indirgeme aktiviteleri, depolama boyunca biriken kalıntı nitrit miktarının azalmasına da neden olmaktadır. Tez çalışmasında KK ekstraktının, BD roka ekstraktı ile kombine kullanımının antioksidan, antimikrobiyal ve kalıntı nitrit miktarı üzerine etkilerinin saptanması şeklinde sıralanabilir.

Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında; ısıl işlem görmüş sucuk formülasyonunda, nitrit ikame katkısı olarak biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı ve kırmızı karamuk ekstraktı kullanımının ürün kalitesi, lipid ve protein oksidasyonu ve mikrobiyolojik değişiklikler üzerine etkileri araştırılmıştır.

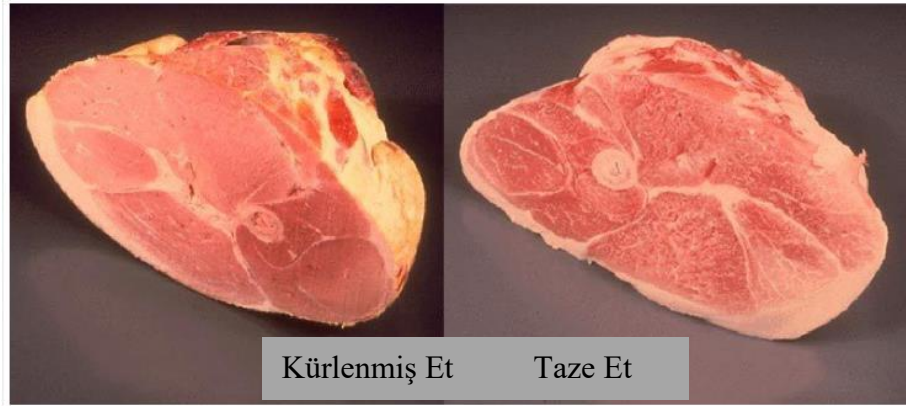
2. GENEL BİLGİLER

2.1.Kürleme

Kürleme, kelime kökeni fransızca iyi bakım ve ilaç tedavisi anlamına gelen *cure* kelimesinden gelmektedir (Saraç, 1985). Ayrıca su ürünleri terimleri sözlüğünde kür kelimesi tedavi etme, iyileştirme, şifa verme anlamlarında kullanılmıştır (TDK, 2009). "Kür (leme)" terimi, bağlama bağlı olarak et endüstrisinde fiil veya isim olarak kullanılmaktadır. Fiil olarak kullanılması ("kürleme"), bir et ürününe nitritler ve/veya nitratların eklendiğini belirtmekteyken isim olarak kullanılırsa ("kür") kimyasal bileşenlerin kendilerinden (nitritler ve/veya nitratlar) bahsetmektedir. Kür veya kürleme terimleri tek başına tuz ile muamele edilerek koruma sağlamak anlamına gelse de genellikle nitrit ve nitratların dahil edilerek korunmasını ifade etmek için kullanılmaktadır (Rivera et al., 2019).

Etin kürlenmeye başlanma zamanı tam olarak bilinmemektedir; fakat Romalılar, M.S. 10. yüzyılda sodyum veya potasyum nitrat içeren tuzları (güherçile) kürleme ajanı olarak arzu edilen kırmızı rengi ve kürleme karakteristiğini elde etmek amacıyla kullanmışlardır (Krause et al., 2011). 19. yüzyılın sonlarında bilim insanlarının yaptıkları çalışmalar sonucunda etkili bileşenin nitratlar olduğu keşfedilmiş ve ayrıca, nitrat içeren karmaşık bir dizi reaksiyonun, kurutulmuş et renginin oluşumundan sorumlu olduğu öğrenilmiştir. Kürleme reaksiyonları, 20. yüzyılın son on yılından itibaren daha detaylı incelenerek süreç sırasında meydana gelen kimyasal ve biyokimyasal değişiklikler ve ilgili enzimatik mekanizmalar hakkında daha fazla bilgi elde edilmiştir (Hernández-Cázares et al., 2010). Bu reaksiyonların kontrolü, sadece doğru lezzet oluşumu için değil, aynı zamanda et sektöründe kalite standardizasyonunu yakalayabilmek için de gerekli olmaktadır (Toldra, 1998).

Ürünün renk, aroma ve lezzet gibi birçok özelliğinin iyileştirilmesi ve dayanıklılığının artırılması kürleme işlemi ile sağlanabilmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018). Kürlenmiş et ürünlerine şeker, baharatlar, fosfatlar gibi diğer katkı maddelerinin ilavesinin yanı sıra nitrit eklenmesinin diğerlerinden farkı kürlenmiş etin kendine özgü karakteristiğini oluşturmasıdır (Şekil 2.1) (Faustman and Cassens, 1990; Sebranek and Bacus, 2007).



Şekil 2. 1: Kürlenmiş ve kürlenmemiş etlere ait görseller

Dünya çapında pek çok farklı kürlenmiş et ürünü üretilmektedir; fakat üretim süreci açısından iki ana grup oluşturulabilmektedir. Bunlar; kuru kürleme ve yaş kürleme şeklindedir (Çizelge 2.1) (Flores, 2018).

Çizelge 2. 1: Yaş ve kuru kürleme prosesi tanımlaması

Metod	Tanım ve Proses	İşlemin Yapılışı
➤ Yaş Kürleme	1-Kürleme malzemeleri suya eklenerek eritilir ve kaynatılır. 2-Yoğunluk ve tuzluluk miktarına göre kürleme sıvıları ayarlanır. 3-Yaş kürleme çeşitli şekillerde uygulanabilir.	
➤ Daldırma Yöntemi	1-Kürleme malzemeleri ete ilave edilmeden önce içme suyunda çözülür. 2-Et, kürleme solüsyonunun içine daldırılır. 3-Kürleme solüsyonu küflenmeyi önlemek için 7 günde bir değiştirilir.	

- **Enjeksiyon Yöntemi** 1-Kürleme sıvısının aşağıdaki yöntemler ile etin içerisine enjekte edilmesi ile yapılır.
- a-Stitch pompalama
- Kürleme sıvısının çok delikli iğne ile ürünün içine enjeksiyonu
- b-Artere enjeksiyon
- Tek bir iğne ile artere girilerek kürleme sıvısının enjeksiyonu
- c-İğne ile enjeksiyon
- Kürleme sıvısının çoklu iğneler ile ürüne otomatik enjekste edilmesi
- Kullanılan en yaygın method



- **Kuru Kürleme** 1-Kürleme malzemeleri homojen karıştırılır ve etin dış yüzeyine sürüldükten sonra etler kürleme tankı içerisine üst üste istiflenir.
- 2-Tuz etin merkezine ulaşınca kadar 0-4 C arasında bekletilir.
- 3-Kürleme malzemeleri etin suyu içerisinde çözünür ve difüzyon ile ete geçerler.
- 4-7 günde bir kürleme tankının üst kısmındaki etler ile alt kısmındaki etler yer değiştirilmelidir.



2.1.1 Kürleme ajanları

Geleneksel olarak kürlenmiş et ürünlerinin büyük çoğunluğu, potasyum ve sodyum arasındaki moleküler ağırlık farkları nedeniyle potasyum nitrit yerine sodyum nitrit ile üretilmektedir. Eşit kütle girişi göz önüne alındığında, potasyum nitrit sodyum nitrite göre daha az nitrit iyonu bulundurmaktadır. Sodyum nitrit ile aynı etkileri elde etmek için yaklaşık %30 daha fazla potasyum nitrit gerekmektedir. Nitritlere ek olarak, koruma ve organoleptik

özellikleri geliştirme amacıyla kullanılan başlıca bileşenler arasında tuz, şeker ve fosfatlar bulunmaktadır. Çizelge 2.2’de kürleme katkıları, özellikleri ve kullanılan formları verilmiştir. Kürleme ajanının çeşidi, miktarı ve kürleme ortam sıcaklığı kürlenmiş et ürünleri için ürün kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Kürleme sıcaklığı ve kürleme bileşenlerinin et içerisindeki difüzyonu, mikrobiyal aktivite için oldukça önemlidir (Hazar et al., 2019).

2.1.2 Tuz

Tarihsel olarak tuz, Binkerd ve Koları (1975) tarafından yapılan çalışmalara göre, Asya çöllerinde ilk kez etlerin korunması için kullanılmıştır. 1863 yılında Edward Smith, tuzu “koruyucu ajanların en eski ve en iyi bilinenleri” olarak nitelendirmiştir. Kürleme işleminde tuzun etkisi, ozmotik basıncı artırarak ve ortamdaki su aktivitesini azaltarak mikrobiyal büyümeyi engellemektir. Etteki serbest su molekülleri ile bağlanarak su aktivitesini düşürmektedir. Tuzun diğer bir etkisi, nemi çekmek ve ürünlerdeki sıvıyı uzaklaştırarak dokuları sertleştirmektir (Parthasarathy and Bryan, 2012).

2.1.3 Tatlandırıcılar

Tatlandırıcılar daha çok yardımcı kürleme ajanı olarak kullanılırlar da etin kürlenmesinde önemli özelliğe sahiptir. İlk olarak ette lezzet gelişimini düzenlemektedirler. Tuzun sertliğine karşı koyarak lezzeti nötrleştirerek, ürüne has aromayı ortaya çıkarmaktadırlar. Fermente et ürünlerinde şekerler, fermentasyon sırasında mikroorganizma için enerji kaynağı sağlamaktadır. Pişirme sırasında şeker molekülleri, proteinlerin amino gruplarıyla reaksiyona girer ve arzu edilen esmerleşme reaksiyonunu, tat ve aromayı sağlamaktadır. En sık kullanılan şekerler; sakaroz, laktoz, mısır şurubu, dekstroz ve sorbitoldür. (Ray, 1964; Louis et al., 2010).

2.1.4 İndirgen Katkılar

Nitrat, pigment fiksasyonu başlamadan önce nitrite ve ardından nitrik okside indirgenmelidir. Nitrik okside indirgeme, askorbat veya eritorbat gibi kürlemeyi hızlandıran indirgen katkıların dahil edilmesiyle kolaylaştırılmaktadır (Rivera et al., 2019).

Askorbik asit (C vitamini), sodyum askorbat ve D-izoaskorbat (erithorbat) et ürünlerinde koruyucu olarak kullanılmaktadır. Antioksidan özellikleri reaktif oksijen türlerini oksitleyebilme yetenekleri sayesinde gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmalar askorbat ve

erithorbatın nitrit ile kombinasyon halinde kullanıldığında nitrozamin oluşumunu 550 ppm seviyesinde azalttığını bildirmiştir (Dave and Ghaly, 2011).

Askorbatlar, nitrit reaksiyonlarını hızlandırarak kürlenme ve renk gelişiminin hızlanmasına yardımcı olmaktadır. Kür renginin stabilizasyonunda da kullanılan askorbatlar, hazırlanan kürlenme çözeltisi içerisinde etkili olabilmesi için 24 saat içerisinde kullanılmalıdır (Ray, 1964).

2.1.5 Fosfatlar

Fosfatlar, su tutma kapasitesini artırarak ürünün verimliliğini arttırmaktadır. Kürlenme reaksiyonlarında tuzlu suyun tutulmasını sağlamaktadırlar. Fosfatlar, yalnızca sıvı kürlenme solüsyonlarında kullanılmaktadır. Fosfatlar kürlenme solüsyonu içerisinde kolaylıkla çözülmezler. Bu nedenle fosfatların önce çözülmesi daha sonra çözeltiye eklenmeleri gerekmektedir. Sodyum tripolifosfat, sodyum heksametafosfat ve sodyum fosfatın kürlenme ajanı olarak kullanımı Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı tarafından onaylanmıştır (Louis et al.,2010).

Çizelge 2. 2: Kürlenme katkıları özellikleri ve kullanılan formları.

Kürlenme Katkıları	Özellikleri	Kullanılan Formları
Nitrit&Nitratlara	-Antimikrobiyal -Lezzet Gelişimini Arttırma -Pigment Fiksasyonu -Antioksidan	-Sodyum ve Potasyum Nitrit -Sodyum ve Potasyum Nitrat
Tuz	-Organoleptik Özelliklerin Gelişimi -Antimikrobiyel -Kürlenme Maddelerinin Ete Taşınımını Kolaylaştırma	-Sodyum Klorür (NaCl) -Potasyum Klorür (KCl)
Şeker	- Organoleptik Özelliklerin Gelişimi -Tuzluluğu Önleme -Nitrat İndirgeyen Bakteriler İçin Karbon Kaynağı	-Sakkaroz (Sofra Şekeri) -Dekstroza (Rafine Mısıra Şurubu) -Bal

Kürleme Hızlandırıcılar	-Kürleme Hızlandırmak	Prosesini	İndirgenler: -Sodyum Askorbat yada Sodyum Eritorbat Asitlik Düzenleyiciler: -Sodyum Asit Fosfataz -Glukono Delta Lakton (GDL) yada Fumarik asit
Fosfatlar	-Çiğ Ette Su Tutma Kapasitesini Arttırma -Son Üründe Tekstür Gelişimi Alkali Fosfatazlar -Antioksidan Aktivite -Pigment Stabilitasyonu -Su Tutmayı Arttırma		-Sodyum Hegzametafosfat -Sodyum Fosfat - Sodyum Trifosfat

2.2. Kürlenmiş Et Ürünlerinde Nitrat/Nitrit

Nitrit/Nitratın et ürünlerinde kürleme katkısı olarak kullanımı oldukça eski çağlara dayanmaktadır. İncelenen birçok kaynak sonucunda kürlenmiş et ürünlerinin tarihinin tuzun sodyum ve potasyum nitrat ile kontaminasyonu sonucunda gerçekleştiği tahmin edilmektedir. O dönemde tuzun eldesi, deniz suyundan suyun buharlaştırılması ile veya doğrudan madenlerden tuz kristalleri şeklinde elde edilmektedir. Bu tuz kristallerinin içerisindeki potasyum nitrat (Güherçile) bileşiği doğal olarak kayalarda ve mağaralarda bulunmakta ve tuzlarda sodyum/potasyum nitrat veya nitrit kontaminantlarını oluşturmaktadır. Potasyum nitrat 9.-10. yüzyıllarda keşfedilmiştir; fakat o dönemde kürleme reaksiyonu için kullanıldığının farkına varılamamıştır (Binkerd and Kolari, 1975; Faustman and Cassens, 1990; Pegg and Shahidi, 2000). Sodyum/potasyum nitrat veya nitritin et ürünlerinde uzun süreli korumanın sağlanabilmesinden ve kürleme işleminin gerçekleşmesinden sorumlu olduğu daha sonradan öğrenilmiştir. Potasyum nitrat Ortaçağ'dan bu yana etlerin muhafazasında kullanılmışsa da bakteriyel enfeksiyonu önlemede sodyum nitrat (ve nitrit) daha güvenilir olduğu için günümüzde kullanımı tercih edilmemektedir.

Et endüstrisi tarafından nitrit ve nitrat kullanımının kürlenme reaksiyonlarının gerçekleşmesindeki yararları kabul görmüş ve kullanımı artmıştır. Nitrat ve nitritin beraber kullanımı standardın tutturulamadığı istenmeyen bir kürlenme işlemine sebebiyet vermiştir (Palamutoğlu ve Sarıçoban, 2012). 1800’lü yılların sonlarına doğru kimyagerlerin et kürlenme kimyası hakkında yaptıkları araştırmalar sonucunda nitratın reaktif bir kürlenme ajanı olmadığı ve nitrat redüktaz aktivitesine sahip bakteriler tarafından nitrite dönüştüğü saptanmıştır. Bu bilgiler doğrultusunda asıl kürlenme ajanının ise nitrit olduğu ortaya koyulmuştur. 1970’lerin başında kürlenmiş et ürünlerinde nitrat kullanımı oldukça azalmıştır (Binkerd and Kolari, 1975). Yalnızca bazı uzun ve yavaş kürlenme prosesine sahip uzun süre olgunlaştırılarak nitratın nitrite yavaş bir şekilde dönüştüğü ürünlerde kullanılmaktadır (Sebranek and Bacus, 2007). 20. yüzyılın ilk yarısında üretim kapasitesinin artması ve hızlı üretim prosesine duyulan ihtiyaç nedeniyle birincil kürlenme ajanı nitrattan nitrite doğru kaymıştır. Bu durum nitritin kimyası üzerine yoğunlaşılmasına sebebiyet vermiştir. Son yıllarda ise kürlenmiş et ürünlerinde kullanılan nitritin kanserojenik n-nitrosamin oluşumuna neden olduğunun öğrenilmesi ile nitrit kullanımları sınırlandırılarak alternatifleri üzerine yoğunlaşmaktadır (Pegg and Shahidi, 2000).

2.3 Nitrat ve Nitritin Et ürünleri Üzerine Fonksiyonları

Nitritler aktif kimyasallardır ve kompleks yapıdaki et ürünleri üzerinde çok sayıda reaksiyonun gerçekleşmesinde rol almaktadır. Nitrit ve nitrat ilavesinin et ve et ürünleri üzerine etkileri şu şekilde açıklanmıştır: Et ürünlerinde kürlenme sonunda kimyasal reaksiyonlara bağlı olarak arzu edilen geleneksel parlak kırmızı-pembe rengin oluşumunu sağlamak ile aroma ve lezzet yoğunluğunu artırıcı etki göstermek, bakterisit ve bakteristatik etkileri nedeniyle antimikrobiyal özellik göstermek (özellikle toksik bileşikler üreten *Clostridium botulinum*'un inhibisyonu üzerine olan etkileri), Ürünlerin sabit tat, koku ve aromada daha uzun süre muhafaza edilmelerini sağlamak, Antioksidan etkileri nedeniyle oksidasyon sonucu oluşabilecek ransiditeyi engellemektir.

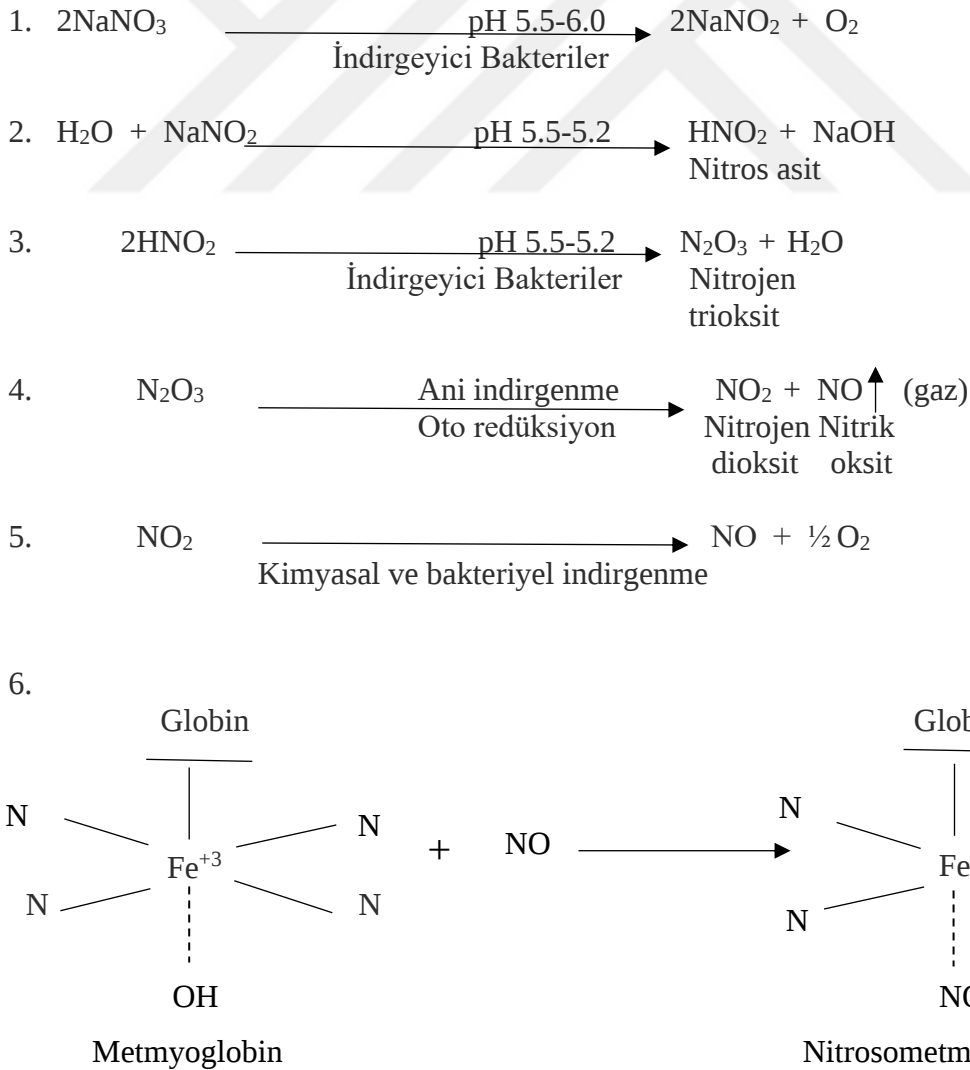
2.3.1 Renk üzerine etkisi:

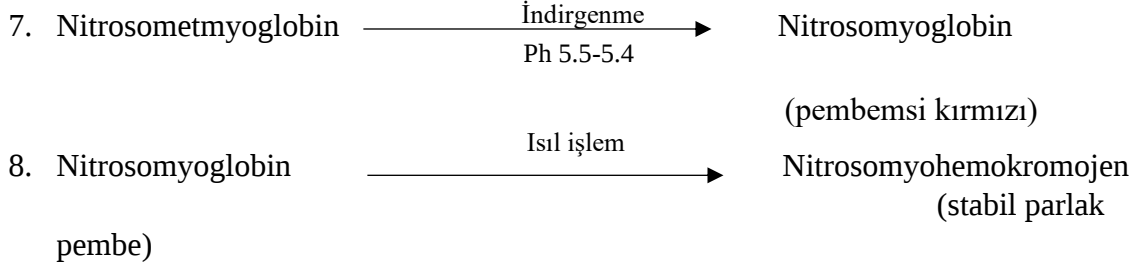
Kürlenmiş et ürünlerinde renk oluşumu ve renk stabilitesi nitrit ve nitratların ilavesi ile sağlanmaktadır. Et ürünlerinde karakteristik kür renginin oluşabilmesi için renk pigmenti olan myoglobin (MbFeII) ile nitrit/nitratın oluşturduğu bileşikler arasında bazı kimyasal reaksiyonlar gerçekleşmektedir (Møller and Skibsted, 2002). Bu reaksiyonlar şu şekildedir;

1-Nitratin nitrat indirgeme aktivitesine sahip mikroorganizmalar yardımı ile nitrite indirgenmesi (Honikel, 2008).

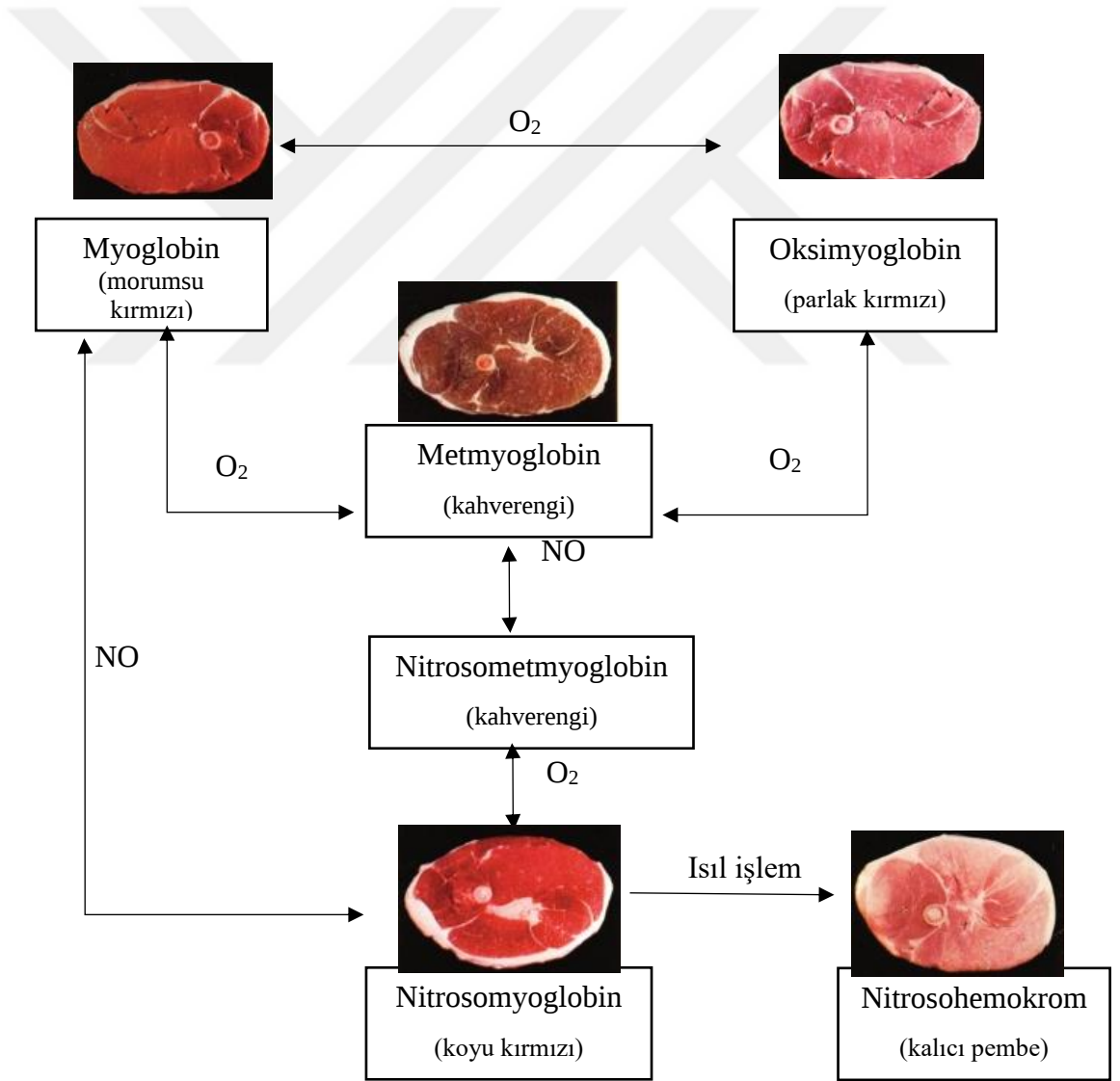
2-Nitrat ve nitrit kısa süre sonra parçalanarak nitrojen dioksiti (NO_2) oluşturmaktadır. NO_2 ise myoglobin ile reaksiyona girerek nitrozomyoglobinin oluşumunu sağlamaktadır. Bu nitrozomyoglobin pigmenti tipik karakteristik kür rengi olan parlak kırmızı rengi oluşturmaktadır (Şekil 2.2) (Yürür, 2007).

3-Isıl işlem uygulamaları renk oluşumunda önemli değişikliklere sebebiyet vermektedir. Isıl işlem görmemiş fermente et ürünlerinde (geleneksel sucuk) renk, nitrosomyoglobin pigmenti ile koyu kırmızı renk oluşturmaktayken ısıtma işlemi yapıldıktan sonra ise (salam, sosis) pH değerlerine bağlı olarak kırmızı renkli nitrozomyoglobin pigmenti, pembe renkli nitrozohemokrom pigmentine dönüşmektedir (Kaya vd., 2002). Bu dönüşümün sebebi ise myoglobinin pigmentine bağlı protein parçalarının ısıtma işlemi ile denatürasyona uğramasıdır (Parthasarathy and Bryan, 2012) (Şekil 2.3).





Şekil 2.2 : Kürleme işleminde renk değişimi oluşurken gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar (Honikel, 2008) (Öztürk, 2015).



Şekil 2. 2: Et ve et ürünlerinde nitrit/nitrat ile gerçekleşen karakteristik renk oluşumu (Tirmalar et al., 2012, Candan ve Bağdatlı, 2018, Lonergan et al., 2019).

2.3.2 Lezzet üzerine etkisi

Et ürünlerinde nitrit kullanımı aroma ve lezzet yoğunluğunu arttırarak ürünlerin kendine has tat ve kokularının oluşumunu sağlamaktadır. Kürleme işlemi uzun süre muhafaza sonucunda koku, tat ve aromanın değişmeden korunmasına da katkıda bulunmaktadır. Kürleme prosesi boyunca et ürünlerinde gelişen bu karakteristik lezzetin mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Nitritin oksidasyon reaksiyonları sonucu ortaya çıkan ransit lezzeti baskıladığı bilinmektedir (Sindelar and Milkowski, 2011). Hidrokarbonlar, ketonlar, alkoller, fenoller, esterler, furanlar, pirazinler, aldehitler ve diğer nitrojen içeren bileşikler ve karboksilik asit, sülfür ve nitrit/nitrat içeren bileşikler kürlenmemiş et ürünlerinde bulunmazken kürlenmiş et ürünlerinde bulunmaktadır (Alahakoon et al., 2015a).

2.3.3 Antimikrobiyal etkisi

Nitrit ve nitratların et ve et ürünlerindeki bir diğer fonksiyonları ise patojenlere karşı kuvvetli antimikrobiyal etki göstermeleridir. Nitrit, özellikle kürlenmiş et ürünlerinde anaerobik ortam koşullarında gelişen toksin üreten patojen *C. botulinum* ve sporlarının büyümesini baskılayarak botulizmi tamamen kontrol altına almaktadır. Ayrıca *Clostridium butyricum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* ve *Listeria monocytogenes* gibi diğer patojenler nitritin etkili olduğu mikroorganizmalar arasında yer almaktadır (Sindelar and Milkowski, 2011).

C. botulinum gram pozitif, anaerobik ortam koşullarında gelişebilen, spor oluşturan katalaz negatif çubuk şeklinde bir bakteridir. Kürlenmiş et ürünleri gibi düşük asit seviyesine sahip anaerobik gıdalarda, *C. botulinum* sporları çimlenebilir, büyüebilir ve toksin üretebilir.

Kürlenmiş etler, anaerobik veya mikroaerobik, asidik ve yüksek derecede oksitleyici bir ortama sahiptir. (Majou and Christieans, 2018) *Clostridium botulinum* bakterisi ise oksidatif strese karşı oldukça duyarlıdır. Bazı suşların antioksidan savunma mekanizmaları, oksidatif strese uygun değildir. Bu durum bakterinin zayıf noktasıdır (Giordani et al., 2015).

Nitrit, bakterilerin metabolik enzimlerini inhibe ederek, oksijen alımını sınırlandırarak ve proton gradyanını kırarak (proton değişimlerini bozmaktadır) birçok patojen mikroorganizmanın inhibisyonlarını sağlamaktadır. *C. botulinum* sporlarının büyümesini

baskılayarak botulizm hastalığını tamamen kontrol altına alabilmektedir (Sindelar and Milkowski, 2011).

Nitritin antimikrobiyal özelliğini etkileyen başlıca faktörler; pH, oksijen, diğer gıda bileşenleri, ısıtma işlemleri ve ışınlama gibi uygulamalardır. Nitritin bakteriler üzerindeki inhibitör etkisinin asidik pH’değerinde yükseldiği, pH’ değerinin 7,0’dan 6,0’a düşürülmesi ile nitritin *C. botulinum*’a karşı inhibitör etkisinin 10 kat yükseldiği bildirilmiştir. Nitritin antimikrobiyal etkisinin tam olarak sağlanabilmesi için 150 ppm düzeyinde kullanımı yeterli görülmüştür. Nitrit, belirli bakterilerin çoğalmasını önlemede veya kontrol altına almada farklı derecelerde etkili olmaktadır. Nitritin patojen bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etki mekanizması araştırılmaya devam etmekte olup bu konu üzerine birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır. Nitritin antimikrobiyal özellik gösteren etki mekanizmaları şu şekillerde özetlenebilir.

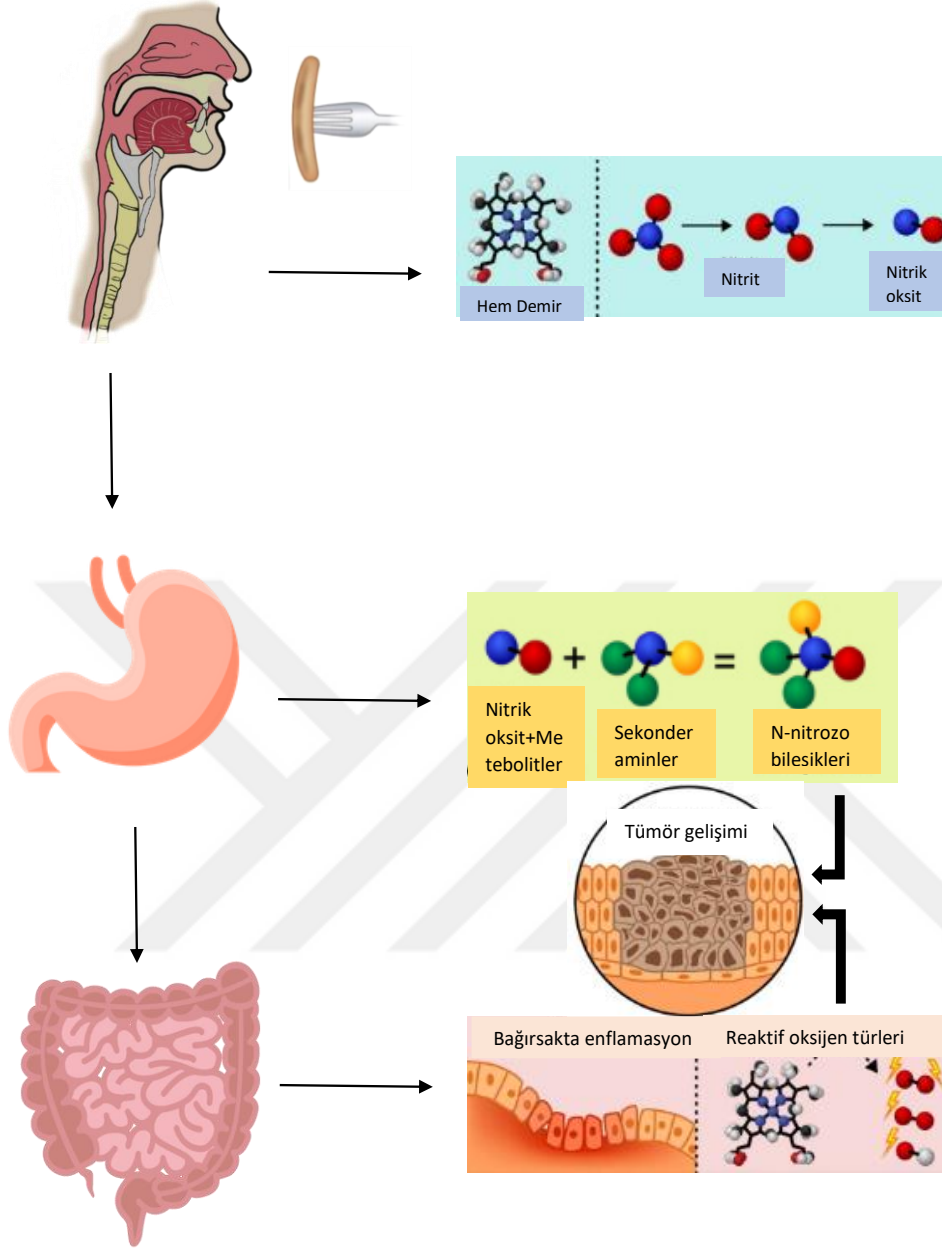
- Amino asitlerin alfa-amino gruplarıyla düşük pH seviyelerinde reaksiyona girerek,
- Organizmanın beslenmesinde rol alan kükürt alımına sülfidrid gruplarını bloke ederek,
- Demir içeren bileşiklerle reaksiyona girerek demirin bakteriler tarafından kullanımını kısıtlar.
- Membran geçirgenliğine müdahale ederek hücreler arası madde taşınımını sınırlar.

2.3.4 Antioksidan etkisi

Nitritin antioksidan aktivitesi kürlenme işlemi sırasında et pigmentlerindeki hem demirin ve nitrik oksidin bağlanma potansiyellerine dayanmaktadır (Ford and Lorkovic, 2002). Kürlenme sırasında, oksijen ve diğer reaktif oksijen türleri reaksiyona girerek nitrik oksiti yalnız bırakmaktadır. Nitrik oksit bir serbest radikaldir bu nedenle serbest demir ve stabilize hem demir iyonlarına bağlanabilmektedir. Bu şekilde demirin prooksidan aktivitesini sınırlandırarak lipid oksidasyonunu azaltmaktadır (Monica et al., 2011). Nitritin antioksidan özelliği, et ürünlerindeki önemli problemlerden birisi olan lipid oksidasyonu ile gelişen bayat lezzet oluşumunu (wof) büyük ölçüde önlemektedir. Nitritin antioksidan etkiyi gösterebilmesi için 40 ppm gibi düşük seviyelerde kullanımının yeterli olabileceği rapor edilmiştir (Al-Shuibi and Al-Abdullah, 2002; Alahakoon et al., 2015b).

2.4 Nitrat ve Nitritin İnsan Vücudundaki Metabolizması ve Sağlık Üzerine Etkileri

Nitratların insan vücudundaki döngüsü ilk olarak ağız florasındaki nitrat indirgeme aktivitesine sahip bakteriler tarafından nitrite indirgenmesi ile başlamaktadır. Nitratların bir kısmı indirgenerek dolaşıma katılırken bir kısmı tükürük bezleri tarafından tekrardan ağız boşluğuna alınarak nitrite indirgenmeye devam etmektedir. Bu mekanizma ile oluşan nitrit nitratın %20'sini dönüştürebildiği için nitrit zehirlenmesine yol açmamaktadır. Nitratın kalanı mide-bağırsak sistemine geçerek burada mikroorganizmaların etkisi ile nitrite indirgenirken nitratın fazlası ise nitrit ve amonyak ile birlikte emilir ve kana karışır. İndirgenen nitrit mide özsuyu ile reaksiyona girerek burada proteinlerin parçalanma ürünleri olan sekonder aminler ile n-nitrosamin bileşiklerini oluşturur. pH nitrosaminlerin oluşumunda oldukça önemli bir faktördür. Midede oluşan n-nitrosaminler bağırsaklarda kolon vb birçok kanser türünün oluşmasına neden olmaktadır (Şekil 2.4). Kürlenmiş et ürünlerine ilave edilen nitrit veya nitratın gereğinden fazla miktarda kullanımı durumunda üründe kalıntı nitrit oluşmaktadır (Karwowska and Kononiuk, 2020; Candan ve Bağdatlı, 2018).

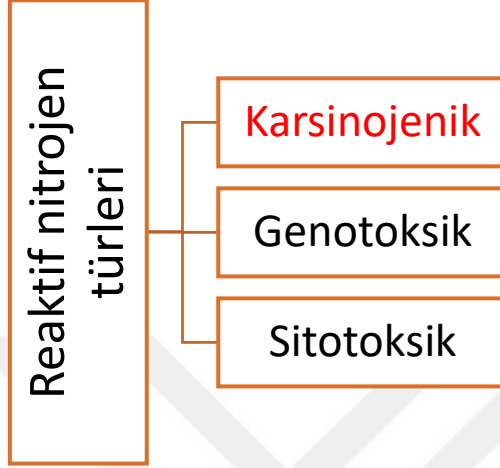


Şekil 2. 3: Nitritin insan vücudundaki döngüsü.

2.5 Nitritin Zararları

Son yıllarda nitrat ve nitritlerin sağlığa olan zararlı etkileri üzerine yapılan tartışmalar artmaktadır. Ölüm nedenleri ve risklerinin araştırıldığı bir çalışmada risklerin büyük çoğunluğunu işlenmiş ve işlenmemiş kırmızı et tüketimi ve işlenmiş etlerde bulunan nitrit/nitratlar oluşturmaktadır (Etemadi et al., 2017). Nitrat ve nitritlerin yüksek miktarları kanser ve bazı diğer hastalıklar açısından risk oluşturmaktadır (Xie et al., 2016) (Şekil 2.5). Nitrit kandaki hemoglobini methemoglobine (hemoglobine) dönüştürerek kanın oksijen

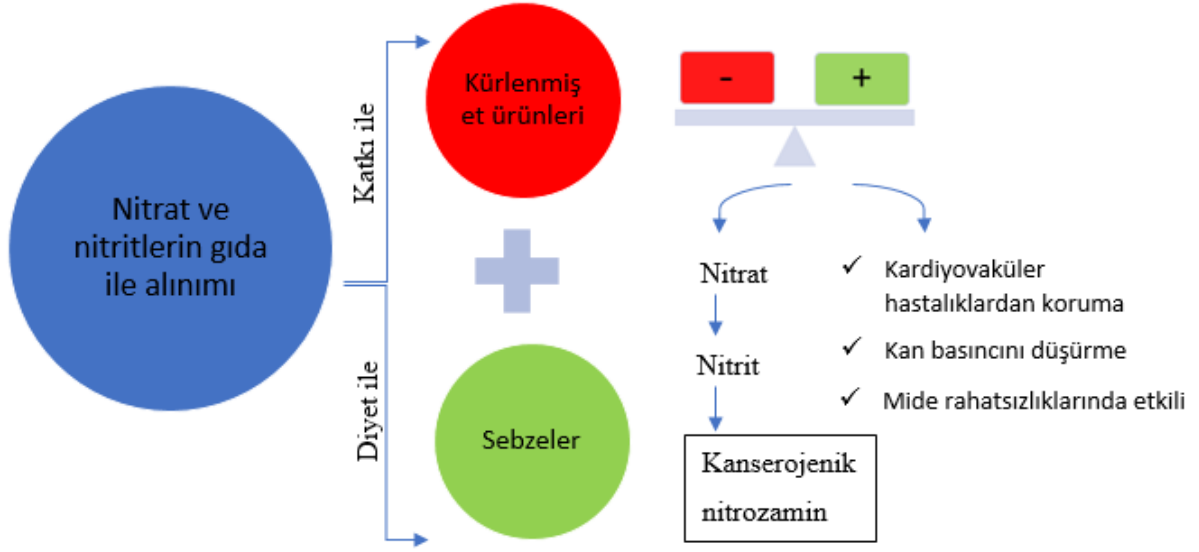
taşıma kapasitesini düşürür. Bu durumun sonucunda methemoglobinemi -dokulara yeterli oksijenin taşınamaması sonucu gerçekleşen oksijensizlik - hastalığı meydana gelmektedir. Methemoglobinemi (mavi bebek sendromu) hastalığı 6 yaşından küçük çocuklarda nitrit tüketimi sonucunda görülmektedir.



Şekil 2.5: Reaktif nitrojen türlerinin toksikolojik etkileri.

Nitritler hayvansal ürünlerdeki proteinlerin parçalanma ürünleri olan sekonder aminlerle birleşerek nitrozamin bileşiklerini oluşturmaktadır. Nitrozaminlerin oluşumunun uygun pH değeri ve sıcaklıkta bakteriyel faaliyetlerle midede gerçekleştiği bilinmektedir. Bu nitrozamin bileşiklerinin DNA hasarına ve kromozomal anormalliklere neden olarak karsinojenik etki gösterdiği çok sayıda araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Nitrozamin oluşum sürecini etkileyen birçok faktör vardır. Mikroorganizmalar, gıdalarda nitrozamin oluşumunda nitratı nitrite indirgeyerek ve proteinleri de amin ve amino asitlere parçalayarak oluşum sürecinde kilit bir rol üstlenmektedir (Karwowska and Kononiuk, 2020). Mikroorganizmalara ek olarak teknolojik işlemler de nitrozamin oluşumunu tetiklemektedir (Ozbay, 2019). Örneğin pişirme teknolojisi, süresi ve sıcaklığının süreci doğrudan etkilediği bilinmektedir. Li et al., (2012) yaptıkları çalışma ile kızartmanın sosiste, haşlama ya da mikrodalga uygulamasına nazaran daha yüksek oranda nitrozamin oluşumuna sebep olduğunu göstermişlerdir.



Şekil 2. 4: Nitrat ve nitritin gıda ile alınımı ve insan vücuduna etkileri.

2.6 Nitrat ve Nitrit için Yasal Sınırlar

Nitritler, diğer faktörlerin yanı sıra, et ürünlerinin, özellikle işlenmiş et ürünlerinin mikrobiyolojik güvenliğini kontrol altına almak için yıllardır kullanılmaktadır. Hayati tehlikelere yol açan botulizm hastalığına sebebiyet veren *Clostridium botulinum* bakterisinin çoğalmasını engellemektedir. Bu nedenle nitrit, tüketimine izin verilen tek toksik katkı maddesidir. Bu alandaki mevzuat düzenlenirken bir yandan et ürünlerinde kanserojenik nitrozamin oluşum riski ile diğer bir yandan nitritlerin botulizmden sorumlu olan bakterilerin çoğalmasına karşı koruyucu etkileri arasında bir denge kurulmalıdır. Ülkelere göre kullanımına izin verilen nitrat ve nitrit miktarları, et ürünlerinin çeşitine ve uygulanan işlem prosesine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Avrupa Komisyonu Yönetmeliği No. 1129/2011 uyarınca, E249 kodu ile potasyum nitrit, E250 kodu ile sodyum nitrit kullanımına izin verilen gıda katkı maddeleri olarak listelenmiştir. Yönetmeliğe göre nitrit kullanımı için izin verilen limitler, sterilize et ürünleri için 100 mg/kg iken diğer et ürünleri için 150 mg/kg'dır (European Commission, 2018).

Codex Alimentarius'ta ürünlere eklenmesine izin verilen maksimum miktarlar, kıyılmış ürünlerde sodyum nitrit için 156 mg/kg, sodyum nitrat için 1718 mg/kg, kuru kürlenmiş ürünlerde ise sodyum nitrit için 625 mg/kg, sodyum nitrat için 2.187 mg/kg olarak belirlenmiştir (Bruno, 2019).

Nitratların et ürünlerinde doğrudan kullanımı birçok ülke tarafından yasaklanmıştır. Ülkemizde ise nitratların sucukta kullanımı yasak olup sosislerde kullanımına izin verilmiştir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, 2013). Sodyum nitrit ise salam, sucuk, sosis, pastırma, burger ve jambon gibi ürünlerde kullanılabilir. Türk Gıda Kodeksi'ne göre et ürünlerine ilave edilebilir sodyum nitrit miktarı en çok 150 mg/kg, sodyum nitrat miktarı ise en çok 300 mg/kg olabilmektedir. Son üründe kalıntı nitrit miktarı ise en çok 50 mg/kg, kalıntı nitrat miktarı ise 150 mg/kg olarak belirlenmiştir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

2.7 Nitrat ve Nitrite Alternatif Yöntemler

Nitrat ve nitritlerin karsinojenik etkilerinden dolayı endişe duyan tüketicilerin nitrat/nitrit içermeyen et ürünlerine olan talebi giderek artmaktadır. (Sebranek and Bacus 2007; Gültekin ve Akın, 2019). Önümüzdeki yıllarda üreticiler tarafından tüketici talepleri göz önünde bulundurularak bu tip ürünlerin üretimi ile karşılıklı arz talep ilişkisinin karşılanması hedeflenmektedir. Bu doğrultuda üreticiler nitrat/nitrit kullanımını azaltarak ya da tamamen kaldırarak yeni ürün formülasyonları denemektedirler. Birçok farklı denemeleri yapılmış olsada nitrat ve nitritlerin tüm fonksiyonlarını karşılayabilecek bir katkı maddesi henüz bulunamamıştır. Nitrat ve nitrit alternatifi yapılan çalışmalar organik asitlerin kullanımı, bitkisel kaynakların kullanımı, bakteriyosinler ve diğer mikrobiyal kaynakların kullanımı ile güncel teknolojilerin kullanımı şeklindedir.

2.7.1 Organik asitlerin kullanımı

Organik asitler, fermentasyon sonucunda açığa çıkan laktik, sitrik, malik asit gibi genellikle karboksil grubuna (-COOH) dahil asitlerdir (İpçak vd., 2017).

Organik asitler, et endüstrisinde patojenlerin inhibisyonu, fermente et ürünlerinin pH değerini düşürmek ve kürlenme yeteneğini arttırmak için kullanılmaktadır (Drosinos et al., 2006; Honikel, 2008). Organik asitlerin eklenmesi kürlenmiş et ürünlerinde renk gelişim reaksiyonunu arttırırken mikrobiyal büyümeyi azaltmıştır (Kim et al., 2019). Et ürünlerinde nitrit alternatifi olarak organik asitlerin kullanımının nitritin fonksiyonları gibi etki gösterip göstermediğini değerlendirmek için bazı araştırmalar yapılmıştır.

Laktat, asetat, sorbat ve benzoat gibi organik asit iyonları son birkaç yıldır çeşitli gıda uygulamalarında kullanılmaktadır. Özellikle sodyum ve potasyum laktat, et endüstrisinde oldukça yaygın kullanım alanına sahiptir (Brewer et al., 1995; Kim et al., 2006). Laktat, et ve et ürünlerinde antimikrobiyal ajan olarak kullanılan en popüler organik asittir. Taze etin renk stabilitesini arttırdığı ve antioksidan olarak görev yaptığı çeşitli çalışmalarla bulgulanmıştır (Shelef, 1994). Ayrıca laktatın tuzlu tadı nedeniyle etin lezzetini arttırdığı da bilinmektedir (Alahakoon et al., 2015b).

Kürlenmiş et ürünlerinin kalitesini arttırmak için, ticari olarak sodyum askorbat eklenmektedir. İndirgenme ajanı olarak kullanılan askorbatlar nitrik oksit oluşumunu hızlandırarak ve myoglobine bağlanarak nitrozamin oluşumunu indirgerler (Kim et al., 2019). Yapılan bazı çalışmalar ise nitrit yerine sodyum sorbat kullanımının oksidasyon gelişimini hızlandırarak duyuşsal kabul edilebilirliği düşürdüğünü göstermiştir. Ayrıca bazı alerjik reaksiyonlara sebebiyet vermesi nedeniyle nitrit alternatifi olarak kullanımının uygun olmayacağı sonucuna varılmıştır (Sucu ve Turp, 2018). Bu nedenle sorbatlara řu anda herhangi bir organik üründe katkı maddesi olarak izin verilmemektedir ve organik olmayan et ürünlerinde izin verilen kullanımları ise oldukça sınırlıdır. Kürlenmiş veya kurutulmuş et ürünlerinin p-hidroksibenzoatlar ile birlikte kullanımına izin verilmektedir (Alahakoon et al., 2015b).

Malik asit, sitrik asit ve tartarik asit gibi diğer organik asitlerin nitrit alternatifi olarak kullanımı araştırılmış olup sadece mikrobiyal gelişimi engellediğı diğer küreme fonksiyonlarına katkısı olmadığı bildirilmiştir (Kim et al., 2019).

2.7.2 Güncel teknolojilerin kullanımı

Yüksek hidrostatik basınç uygulamaları güncel teknolojiler arasında olup et ürünlerinde nitrit miktarının azaltılması konusundaki çalışmalarda kullanılmaktadır (Fraqueza et al., 2018; Possas et al., 2019). Yüksek hidrostatik basınç (HHP), raf ömrünü uzatmak ve patojen bakteri riskini en aza indirmek amacıyla gıdalarda kullanılan güncel yöntemlerden biridir (Lakshmanan et al., 2005). Gıdalarda HHP teknolojisinin kullanılmasıyla, ürünlerin uzun raf ömrü boyunca duyuşsal özellikleri korunarak mikrobiyal güvenlikleri sağlanır ve koruyucu içermeyen ürünlerin üretilmesi mümkün olabilir (Myers et al., 2013a; Patterson, 2005). HHP uygulamalarının patojenleri baskılayabilmesi nedeniyle kimyasal koruma yöntemlerine alternatif bir yaklaşım sunduğı ortaya konulmuş ve özellikle yüksek basınç ile diğer engel

teknolojilerinin beraber kullanımının inhibe edici özelliği arttırdığı sonucuna varılmıştır. Bu yöndeki çalışmalarda tuz ve HHP'nin beraber kullanımı sonucu bakteri hücrelerinin yeniden büyümeleri sınırlandırılmıştır (Hereu et al., 2012; Myers et al., 2013b).

HHP yöntemi kullanılarak *C. Botulinum* sporlarının inaktive edildiği saptanmış, farklı zaman ve sıcaklık kombinasyonları ile *C. botulinum* tip A'nın inaktivasyonunun gerçekleştirildiği bulgulanmıştır (Lenz and Vogel, 2014). Ayrıca bir diğer çalışma ile HHP (200 MPa,10 dk ve 400 Mpa,10 dk) ve enterosin LM-2 kombinasyonunun +4C'de depolanan pişmiş jambonlar üzerine olan etkileri incelendiğinde *L. monocytogenes* ve *Salmonella Enteritidis*in gelişimini inhibe ederek buzdolabında depolama süresini 70 ile 90 gün uzattığı raporlanmıştır (Liu et al., 2012).

Nitrit kullanımını sınırlandırabilen bir diğer teknoloji ise ışınlamadır, ışınlama ile mikrobiyal kontaminasyon önlenerek raf ömrü arttırılmaktadır (Ahn et al., 2002). Işınlama *C. botulinum*'u inaktive ederek nitritin et ürünlerinde istenen kür rengi ve lezzeti için gerekli minimum miktarın kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır (Mulvey et al., 2010).

2.7.3.Bakteriyosinler ve diğer mikrobiyal kaynakların kullanımı

Bakteriyosinler, bakteriler tarafından üretilen antimikrobiyal proteinler veya peptitlerdir. Genellikle yakın türler üzerine inhibitör etki göstermektedirler. Antimikrobiyal etki hücre duvarı sentezini inhibe etme, hedef hücre zarını geçirme veya enzim aktivitesini inhibe etme gibi çeşitli mekanizmalara dayanmaktadır (Martínez et al., 2019). Bakteriyosinler güvenli ve etkili doğal gıda koruyucular olarak kabul edilirler (Alahakoon et al., 2015b). Bu nedenle halen et ve et ürünlerinde nitrit alternatifi olarak kullanımları araştırılmaktadır.

Lactococcus lactis'in bazı suşları tarafından üretilen nisin, düşük molekül ağırlıklı uzun yıllardır koruyucu olarak kullanılan bir bakteriyosindir (Gálvez et al., 2007). Yapılan bir çalışmada 121,1 °C'de 3 dakikalık ısıtma işlemi uygulaması sonunda canlı kalan bazı *Clostridium* türleri sporlarının nisine karşı on kat daha duyarlı oldukları gösterilmiştir. Bu nedenle nisin, farklı türlerde sporların ısıya duyarlılığını artırabileceğinden ısıtma işlemi görmüş gıdalarda koruyucu olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Fowler and Gasson, 1991; Alahakoon et al., 2015b; Ávila et al., 2014). Nitritin sağladığı antimikrobiyal aktiviteyi sağlayıp sağlayamayacağı denenerek *Clostridium perfringens* ve *Clostridium sporogenes* sporları üzerinde etkili olduğu saptanmıştır (Alahakoon et al., 2015b).

Enterosinler, enterokoklar tarafından üretilen ve nitrit alternatifi olarak araştırılan bakteriyosinlerdir. Enterosinin model sistem üretilen jambon örneklerinde *L. monocytogenes*'e karşı etkinliği tek başına ve kimyasal koruyucularla (nitrit/nitrat, pentasodyum tripolifosfat, sodyum benzoat) kombinasyon halinde test edilmiştir. En etkili kombinasyonun enterosin ve nitrit/nitrat (%0.007) ile olduğu belirlenmiş, depolama süresi boyunca *Listeria* sayılarında düşme gözlenmiştir (Ananou et al., 2010). Başka bir çalışmada ise enterosinin *L. monocytogenes*'e karşı etkisi kuru fermente salamda incelenmiş, sonuç olarak enterosinin *L. monocytogenes*'in 1,67 log azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Lauková et al., 1999; Alahakoon et al., 2015b).

Nitritin sağladığı önemli fonksiyonlardan olan kürlenmiş et ürünlerinde renk oluşumu ve renk kararlılığının renklendiriciler yerine mikroorganizmalar tarafından doğal olarak sağlanabildiğini gösteren çalışmalar son zamanlarda büyük ilgi görmektedir. Bu bakteriler arasında *Nocardia* türleri, *Lactobacillus fermentum*, *Staphylococcus xylosus* ve *Staphylococcus carnosus* türleri gösterilmiştir (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3: Et ve et ürünlerinde nitrit alternatifi olarak kullanılan mikroorganizmalar.

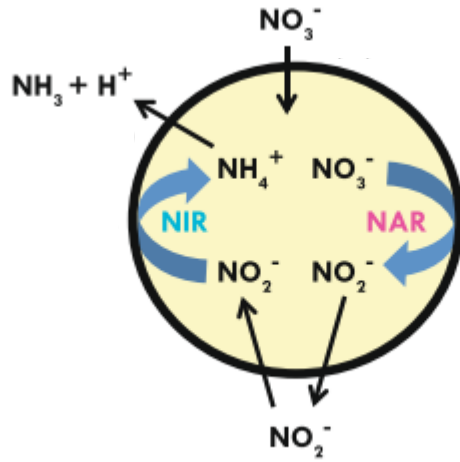
Mikroorganizmalar	Et ürünleri	Referans
<i>Lactobacillus fermentum</i>	Tütsülenmiş fermente sosis	(Møller et al., 2003)
<i>Lactobacillus fermentum</i>	Çin usulü sosis	(Zhang et al., 2007)
<i>Staphylococcus xylosus</i>	Çiğ et hamuru	(Li et al., 2013)
<i>Staphylococcus carnosus</i> , <i>Staphylococcus simulans</i> , <i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Sosis	(Gøtterup et al., 2008)

Başlangıç kültürleri gıdaları istenmeyen bakterilerden koruyarak fermentasyon sürecini daha kontrollü ve güvenilir hale getirmektedir (Löfblom et al., 2017). Fermente sosislerde kullanılan laktik asit başlangıç kültürleri, özellikle *Lactobacillus plantarum* ve *Pediococcus acidilactici*, nitratı indirgeme yeteneğine sahip değildirler. Bununla birlikte, *Kocuria* (eski adıyla *Micrococcus*) varyantları, *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus* ve diğerleri gibi koagülaz negatif kokların kültürleri nitratı nitrite indirgeyebilmektedir (Bosse et

al., 2016) (Şekil 2.6). *S. carnosus* nitrati nitrite indirgeme özelliğinin yanısıra renk ve lezzet gelişimine, pH ve hidrojen peroksitin azaltılması üzerine de etkilidir (Bosse et al., 2016).

Staphylococcus carnosus, tek ve çiftli koklardan oluşan bakteri cinsi *Staphylococcus*'un, Gram pozitif, koagülaz negatif bir üyesidir. *S. carnosus* başlangıçta fermente sosisten izole edilmiştir ve halen fermente et ürünlerinin üretiminde kültür olarak kullanılmaktadır (Casaburi et al., 2005; Löfblom et al., 2017).

Bu organizmalar 15-20 °C'de nitratin dönüşümünü sağlayabilirler, ancak 30°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda çok daha etkilidir (Casaburi et al., 2005). Ticari nitrat indirgeme kültürleri için önerilen tipik sıcaklık, 38-42°C'dir (Löfblom et al., 2017). Bu sıcaklıklarda nitrit oluşumunun sağlanabilmesi için gerekli süre de en aza indirilmiştir. Son araştırmalar doğal nitrat kaynaklarından elde edilen fermente et ürünlerinde, zamanın nitritin özelliklerinin sağlanabilmesinde kritik bir parametre olduğunu belgelemiştir (Sindelar, 2006a). Sosis ve jambonlarda kürlenme özelliklerinin geliştirilmesi için 38°C'de tutma süresinin, doğal olarak eklenen nitrat miktarında daha kritik olduğunu bildirmiştir (Bosse et al., 2016).

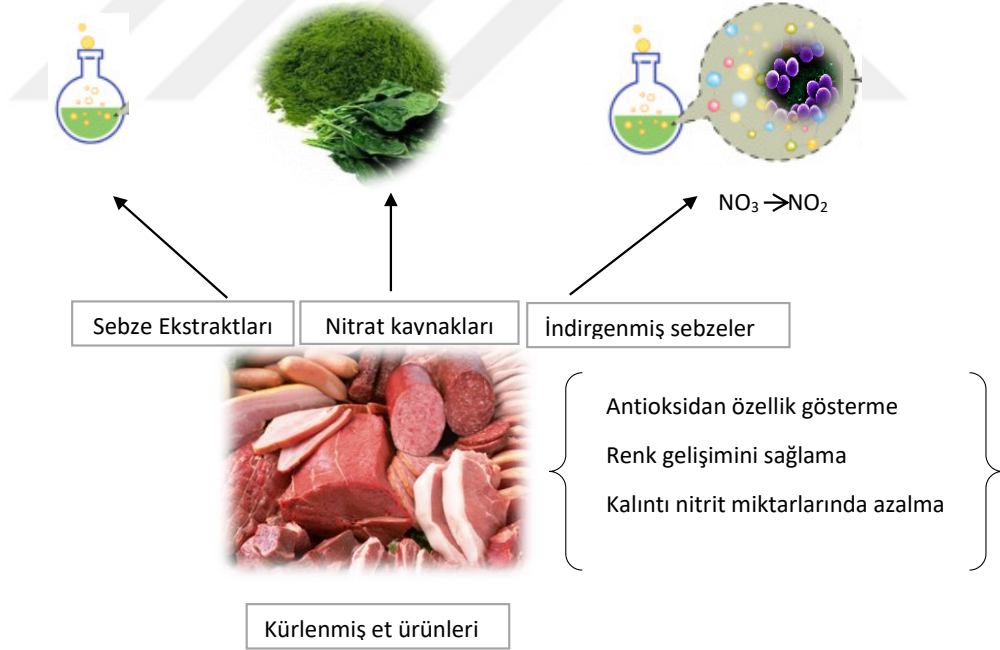


Şekil 2.6: *Staphylococcus carnosus*'un nitrati indirgeme prosesi.

2.7.4 Bitkisel kaynakların kullanımı

Et ürünlerine ilave edilen nitritin tüketici sağlığı açısından risk faktörü oluşturması nedeniyle, nitrit alternatifi doğal katkıları konusunda araştırmalar sürdürülmektedir (Kim et al., 2017; Shin et al., 2017; Hwang et al., 2018; Kim et al., 2019). Besinlerle alınan nitrat ve nitritin ana kaynakları sebzeler, işlenmiş et ürünleri ve sudur. Kürlenmiş et ürünleri nitritin,

bitkisel gıdalar ise nitratın (%80-95) ana kaynağıdır (Ximenes et al., 2000; Munekata et al., 2021a). Yeşil yapraklı sebzeler (roka, pazı, ıspanak, marul, kereviz, pancar ve maydanoz) nitrat içeren önemli türler olarak öne çıkmaktadır (Santamaria, 2006). Sebzelerde bulunan nitrat içerikleri; pazı, ıspanak, turp ve marul için sırasıyla 2077 ppm, 1926 ppm, 1662 ppm ve 3947 ppm olarak belirtilmektedir (Blekkenhorst et al., 2017). Epidemiyolojik çalışmalarda, doğal kaynaklardan besinlerle alınan nitratın kanser oluşum riski veya toksik etkinin gözlenmediği bildirilmektedir (Kelley and Duggan, 2003; Peleli et al., 2020; Milkowski et al., 2010; González-Soltero et al., 2020). Aynı zamanda bitkilerin kullanımı tüketiciler tarafından daha doğal ve sağlıklı görülmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018). Bu nedenle nitrat içeren sebzelerin, doğal nitrit alternatifleri olarak kullanılabilirliğinin araştırılması konusunda çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir (Sindelar et al., 2010). Bu konudaki araştırmalar; nitrat kaynağı olarak sebze tozlarının doğrudan kullanımı (Pennisi et al., 2020; Sucu ve Turp, 2018), sebzelerden elde edilen ekstraktların kullanımı (Pini et al., 2020) ve sebze ekstraktlarındaki nitratın, nitrat indirgeme aktivitesine sahip mikroorganizmalar yoluyla nitrite dönüştürülerek kullanımı olmak üzere (Şekil 2.7) üç grupta toplanabilir (Karwowska and Kononiuk, 2020).



Şekil 2.7: Nitrat kaynağı olarak sebze tozlarının doğrudan kullanımı, ekstraktların ve sebze ekstraktlarındaki nitratın, nitrat indirgeme aktivitesine sahip mikroorganizmalar yoluyla nitrite dönüştürülerek kullanımı.

2.7.5 Sebze suları ve tozlarının kullanımı

Sebzelerin su ve toz formda kullanımı ile sebzelerden nitrat temin edilebilmektedir. Sebze suları ve sebze tozları ticari olarak satılmakta ve doğal ve organik ürünlerin üretiminde kullanılabilmektedirler. Bu toz ürünler yüksek konsantrasyonlarda nitrit içerecek şekilde satılmaktadır. Bu tip ürünler et ürünleri üretimi sırasında formulasyona istenilen oranlarda ilave edilebilmesine olanak sağlarken kullanımı ürün ağırlığının %0.2-0.4 oranlarında sınırlandırılmaktadır. Çünkü konsantre toz ürünler sebze benzeri lezzetlerin ürüne geçmesine sebep olmaktadır (Palamutoğlu ve Sarıçoban, 2012).

Nitrat içeren sebze tozlarının doğrudan kullanıldığı çalışmalardan, maydanoz ekstraktı tozunun, ısıtılmış işlem görmüş Mortodella tipi sosislere (Riel et al., 2017), kereviz suyu tozunun kuru kürlenmiş et ürünlerine ve Frankfurter tipi sosislere eklenmesiyle kalıntı nitrat içeriklerinin kontrol gruplarına kıyasla oldukça yüksek kaldığı saptanmıştır (Usinger et al., 2016). Ayrıca ısıtılmış işlem görmüş Mortodella tipi sosislere ilave edilen maydanoz ekstrakt tozunun tek başına kullanımı *L. monocytogenes* üzerine etkili olmamıştır (Riel et al., 2017).

Sindelar et al.,(2010) yaptığı bir çalışmada %0.35 oranında sebze suyu tozunun nitrit alternatifi olarak pastırma üretiminde kullanımı araştırılmış ve bu amaçla kullanılan kereviz suyu tozunun son ürünlerdeki kalıntı nitrit miktarını ve tiyobarbiturat reaktif maddeleri düşürdüğü gözlemlenmiştir.

Son zamanlarda, doğal nitrat kaynağı olarak İsveç pazı tozu kullanılmıştır. Bu ürün kereviz tozuna benzer ve %3.0-3.5 nitrat içermektedir. Yüksek oranlarının duyu özellikleri olumsuz yönde etkileyebileceğinden üründe %0.15-0.3 konsantrasyonunda kullanılmıştır (Sebranek et al., 2012). Kürlenmiş domuz etine eklenen isveç pazısı kalıntı nitrit miktarlarını 2 mg/kg'a kadar düşürmüştür. İsveç pazı tozunun fazla tercih edilmesindeki en önemli etken, alerjen özellik göstermemesidir (Sebranek et al., 2012; Alahakoon et al., 2015b).

2.7.6 Sebze ekstraktlarının kullanımı

Fenolik bileşikler, organik asitler ve flavonoidler, çoğu bitki ekstraktındaki anahtar antimikrobiyal ve antioksidan bileşiklerdir. Bu bileşikler, hücre zarına zarar vererek hücresel bileşenlerin sızmasına neden olarak mikroorganizmaları etkisiz hale getirebilirler (Oussalah et al., 2006). Sebze ekstraktlarının kullanımı ile kalıntı nitrit miktarlarında azalmaların gözlemlendiği bildirilmiştir (Soyer, 2012).

Sebze ekstraktlarının nitrit alternatifi olarak kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde kızılcık ve domates ekstraktlarının, nitrit ile birlikte et ürünlerine eklendiği bir çalışmada kalıntı nitrit konsantrasyonu azalırken pH değerleri düşme göstermiştir (Moarefian et al., 2013; Alahakoon et al., 2015b). Nitrit alternatifi olarak jambon örneklerine %0,2, 0,3 ve 0,4 oranlarında kereviz ekstraktı eklenmesi sonucunda, örneklerin renk parametreleri incelendiğinde a* değerlerinde azalma, L* ve b* değerlerinde ise artma saptanmıştır (Ochoa et al., 2013; Sucu and Turp, 2018).

Et ürünlerinde biberiye (*Salvia rosmarinus*) ekstraktı kullanımı lipid oksidasyonunu azaltıcı yönde etki göstermiş, askorbik asit, α -tokoferol ve karnosik asit konsantrasyonları yüksek oranda korunmuştur. Biberiye ekstraktı kullanımı ile sodyum nitrit miktarının, lipid oksidasyonu, antioksidan seviyesi ve renk stabilitesi üzerinde olumsuz etki göstermeden 120 mg/kg'dan 80 mg/kg'a düşürülmesinin mümkün olduğu bildirilmiştir (Doolaege et al., 2012)

Bitki ekstraktı olarak Rus hibisküsü bitkisinin ekstraktını içeren fermente kurutulmuş sosis örneklerinde oksidasyon hızının nitrit içeren örneklere göre daha düşük olduğu, ekstrakta karşı en hassas mikroorganizmanın *Escherichia coli* olduğu, ekstrakt kullanımının ürünün duyuusal kabul edilebilirliğini olumsuz etkilemediği bildirilmiştir (Kurćubić et al., 2014).

2.7.7 Sebzelerdeki nitratın indirgenmiş halde kullanımı

Nitrat içeren sebze tozu ve ekstraktlarının nitrit alternatifi olarak kullanımlarındaki en önemli koşul, üretim basamakları sırasında nitratın nitrite dönüşümünün sağlanabiliyor olmasıdır (Choi et al., 2017). Nitratın reaktif bir kürlenme bileşiği olması nedeniyle, bitkisel kaynaklardaki nitrat, kürlenme reaksiyonlarının gerçekleşmesi için önce nitrite indirgenmelidir. Nitratın nitrite indirgenmesi, spesifik nitrat indirgeme aktivitesine sahip olan *Staphylococcus xylosus*, *Staphylococcus carnosus*, *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus curvatus*, *Pediococcus cerevisiae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas stutzeri*, *Paracoccus denitrificans*, *Bacillus licheniformis* gibi bakteriler ile gerçekleşmektedir (Olesen et al., 2004). Nitrit alternatifi olarak doğal kaynakların kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışmalarda, formülasyona sebze tozlarının doğrudan eklenerek doğal nitrat içeriğinin üretim sürecinde nitrite dönüşmesi beklenmekte ya da doğal nitrat kaynağı olan sebzeler ürüne işlenmeden önce nitrat içeriğinin nitrite dönüşümü sağlanmaktadır ve böylelikle ürün formülasyonuna diğer uygulamalardan farklı olarak doğrudan nitrit eklenmesi

gerçekleştirilmiş olmaktadır. Çizelge 2.3 incelendiğinde nitrat içeriği farklı mikroorganizmalar ile nitrite dönüştürülmüş kereviz suyu tozu, pazı tozu, ıspanak ve pancar ekstraktlarının kürlenmiş ve emülsifiye et ürünleri formülasyonlarında doğal nitrit ikamesi olarak kullanıldığı ancak tüm nitrit ikame çalışmalarına bakıldığında en çok kerevizin farklı formlarının ürün formülasyonlarına eklendiği görülmüştür. Bu durum kerevizin ürünün duyuusal karakteristiğini olumsuz etkileyecek herhangi bir lezzet değişimine neden olmadan işlenmiş ürünler ile yüksek uyumluluk göstermesinden kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte son yıllardaki çalışmalar kerevizin alerjik reaksiyonlar gösterdiğini ve kürleme katkısı olarak kullanımının bu nedenle sınırlı olabileceğini göstermektedir (Kim et al., 2017). Bu nedenle son yıllarda kerevize alternatif alerjik etkileri bulunmayan farklı sebze ekstraktlarının kullanımı araştırılmıştır.

Çizelge 2.4: Doğal nitrat kaynağı sebzelerin nitrat içeriklerinin nitrite dönüştürüldükten sonra et ürünleri formülasyonuna eklendiği çalışmalar

Ürün	Uygulama	Bulgular	Kaynakça
Kuru kürlenmiş domuz eti	Kürleme solüsyonunda sebze suyu tozu+ starter kültürün ve fermente sebze suyu tozu kullanımının (<i>Staphylococcus carnosus</i>) ürünün kalite ve duyuusal özelliklerine etkisi	Azalan kalıntı nitrit miktarı Zayıf renk stabilitesi	Krause et al., (2011)
Kuru kürlenmiş domuz eti	Fermente kereviz suyunun kuru kürlenmiş domuz eti üzerine etkisi	<i>Listeria monocytogenes</i> baskılanması Renkte koyulaşma Artan kalıntı nitrit içeriğinde	Horsch et al., (2014)
Vakum paketlenmiş hindi eti	Fermente kereviz suyu tozu ve kiraz suyu tozunun nitrit ikamesi olarak kullanımının incelenmesi	Azalan anaerobik bakteri sayısı Kombine kullanımda artan kırmızılık değeri Artan sebze lezzeti ve düşük lezzet puanları	Djeri and Williams, (2014)
Domuz eti köftesi	Fermente İsviçre pazısı tozunun (<i>Staphylococcus carnosus</i>) depolama boyunca renk stabilitesi ve raf ömrü üzerine etkisi	Düşük TBARS değerleri Düşük kalıntı nitrit miktarı En yüksek nitrozohemokrom pigmenti Yüksek duyuusal kabul edilebilirlik Artan renk stabilitesi	Shin et al., (2017)
Kürlenmiş domuz eti	Fermente ıspanak ekstraktının (<i>Lactobacillus farciminis</i>) nitrit alternatifi olarak kullanımının incelenmesi	Parlaklık ve kırmızılık değerlerinde artış Düşük TBARS değeri Düşük kalıntı nitrit miktarı	Kim et al., (2017)
Et emülsiyonu	Fermente kırmızı pancar ekstraktı (<i>Staphylococcus carnosus</i>) ve askorbik asitin birlikte kullanımının kalite karakteristikleri üzerine etkisi	Kombine kullanımla artan kırmızılık değerleri Ekstrakt kullanımı ile daha yüksek TBARS değerleri Düşük kalıntı nitrit miktarı	Choi et al., (2017)
Domuz sosisi	Fermente ıspanak, marul, kereviz ve kırmızı pancar ekstraktlarının (<i>Staphylococcus carnosus</i>) doğal nitrit	Düşük kırmızılık değeri Yüksek TBARS değerleri	Hwang et al., (2018)

	kaynağı olarak kullanımının incelenmesi	Düşük kalıntı nitrit miktarı	
Kürlenmiş domuz eti	Fermente olan ve olmayan ıspanak sularının sentetik nitrit yerine kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisinin incelenmesi	Azalan kalıntı nitrit miktarı Düşük lezzet puanları Fermente ıspanak suyu kullanımı ile artan duyuşal kabul edilebilirlik	Kim et al., (2019)



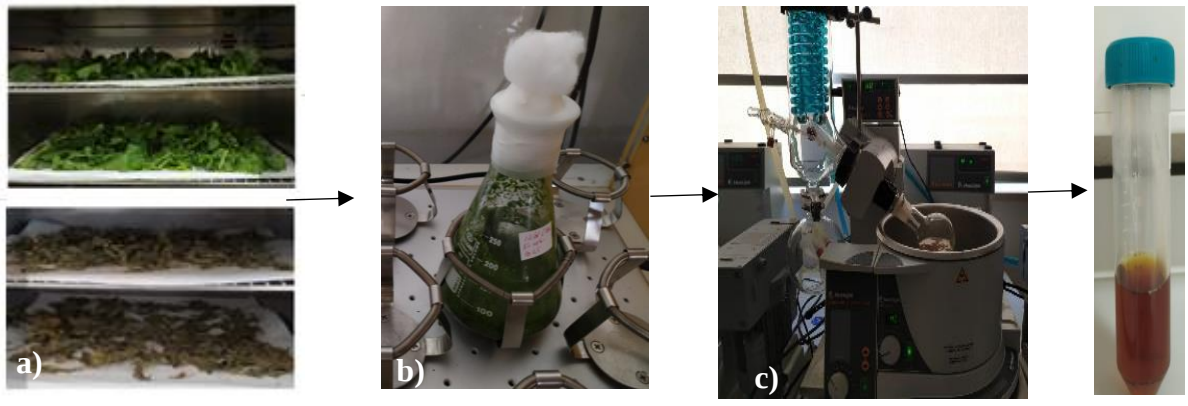
3.GEREÇ VE YÖNTEM

3.1 Gereç

Sucuk üretiminde kullanılan dana eti ve yağ, katkıları, liyofilize starter kültür (*Lactobacillus sakei*, *Pediococcus acidilactici* ve *Staphylococcus carnosus*), sentetik kılıflar (kollajen, 34 kalibre) ve vakum ambalajlama materyalleri Pınar Entegre Et ve Un Sanayi A.Ş. tarafından sağlanmıştır. Biyodönüşüm için kullanılan nitrat redüktaz aktivitesine sahip *Staphylococcus carnosus* Baktoferm C-P-77 liyofilize kültürü Chr Hansen Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından temin edilmiştir. Araştırmada kullanılan roka (*Eruca vesicaria*) bitkisi ise Denizli ili Acıpayam ilçesine bağlı Yazır mahallesinde (37°21'55.6"Kuzey 29°33'43.2"Doğu) yetiştirilmiştir. Toplanan roka bitkilerinde güneş yanığı, bitki zararlılarından veya insanlardan kaynaklı tahribat gibi hasarların olmamasına özen gösterildi. Roka bitkisi kış mevsiminde toplanmıştır. Roka yaprakları su ile yıkanarak yabancı madde ve tozlarından arındırıldıktan sonra güneş ışığına maruz kalmadan tepsili kurutucuda 30°C sıcaklıkta 1,5 m/s hava akım hızında kurutulmuştur (Eksis Industrial Drying Systems, PLC controlled Laboratory-Type, Turkey). Kurutma işleminden sonra analiz edilene kadar cam kapaklı kavanozda saklanmıştır.

3.1.1 Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı (RE) hazırlama yöntemi

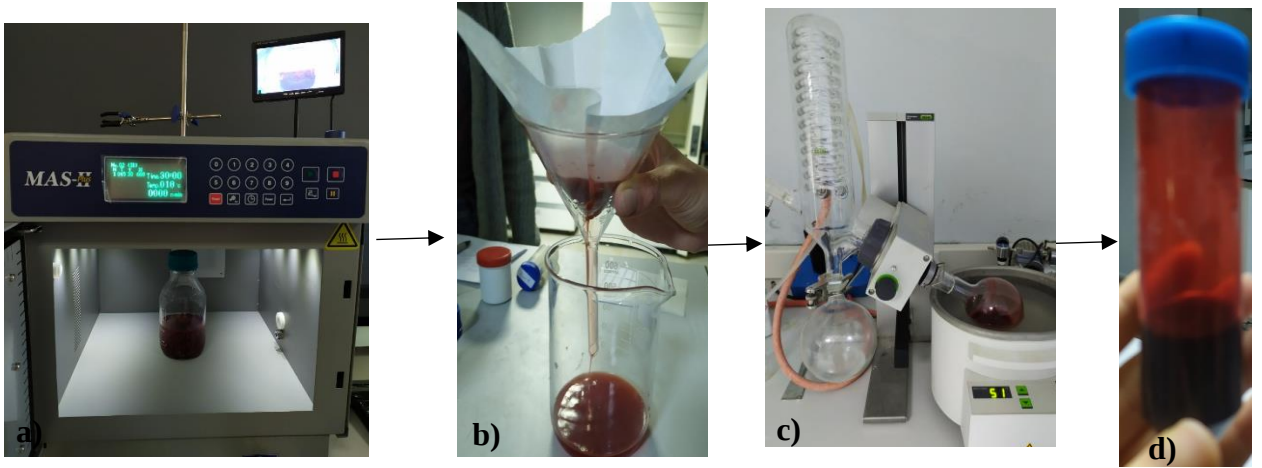
Toz haline getirilmiş roka yaprakları saf su ile 1/10 (w/v) oranında karıştırıldıktan sonra biyodönüşüm işlemi için, %0,025 aktif nitrat indirgeyici kültür olarak *Staphylococcus carnosus* ilavesi yapılarak 30°C'de 24 saat çalkalayıcı inkübatörde bekletilmiştir. Karışım Whatman No.1 filtre kâğıdından süzöldükten sonra 0,45 µm gözenek büyüklüğüne sahip şırınga fitre kullanılarak mikroorganizmalar uzaklaştırılmıştır. Süzüntü vakum altında (72 mbar) döner evaporatörde (Heidolph Hei Vap ValG1) 50°C'yi aşmadan çözgen uzaklaştırma işlemi yapılmıştır (Kim et al., 2019). Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktının (RE) hazırlama basamakları Şekil 3.1'de sunulmuştur.



Şekil 3.1: Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı hazırlanışı. a) Kurutma, b) Kültür ile inkübasyon, c) evaporatör, d) Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı.

3.1.2 Karamuk ekstraktı (KE) hazırlanışı

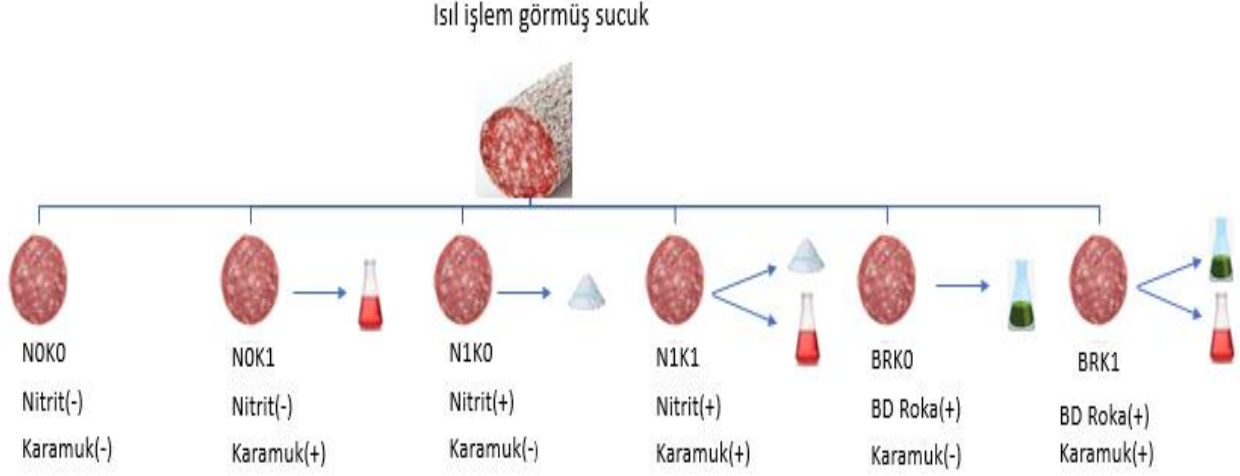
Kurutulmuş olarak temin edilen karamuk meyveleri ekstraksiyon işlemi öncesi homojen parçacık büyüklüğü elde etmek için elekten geçirilmiştir. Karamuklar %96'lık etanol ile 1/10 (w/v) oranında karıştırılmış, mikrodalga destekli ekstraksiyon (Sineo Mas II Plus, Şangay) parametreleri 45°C sıcaklıkta, 600 W güçte ve 30 dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Ekstraksiyon işlemi sonrası ekstrakt filtre edilerek rotary evaporator (Heidolph Hei Vap ValG1)' de 55°C'yi aşmayacak şekilde çözgen uzaklaştırılmıştır (Yılmaz ve Uygun, 2019). Kırmızı karamuk ekstraktı hazırlama basamakları Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3. 2: Kırmızı Karamuk ekstraktı hazırlanışı. a) Mikrodalga destekli ekstraksiyon, b) Filtrasyon, c) Rotary evaporatör, d) Kırmızı Karamuk ekstraktı

3.1.3. Deneme Deseni

Deneme deseni Şekil 3.3’de sunulmuştur. Deneme deseni nitritin hem pozitif hem negatif kontrol gruplarını içermektedir. Yapılan deneme deseni ile karamuk ve biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktının hem tek başına hem de kombinasyonları şeklinde etkileri görülebilmektedir.

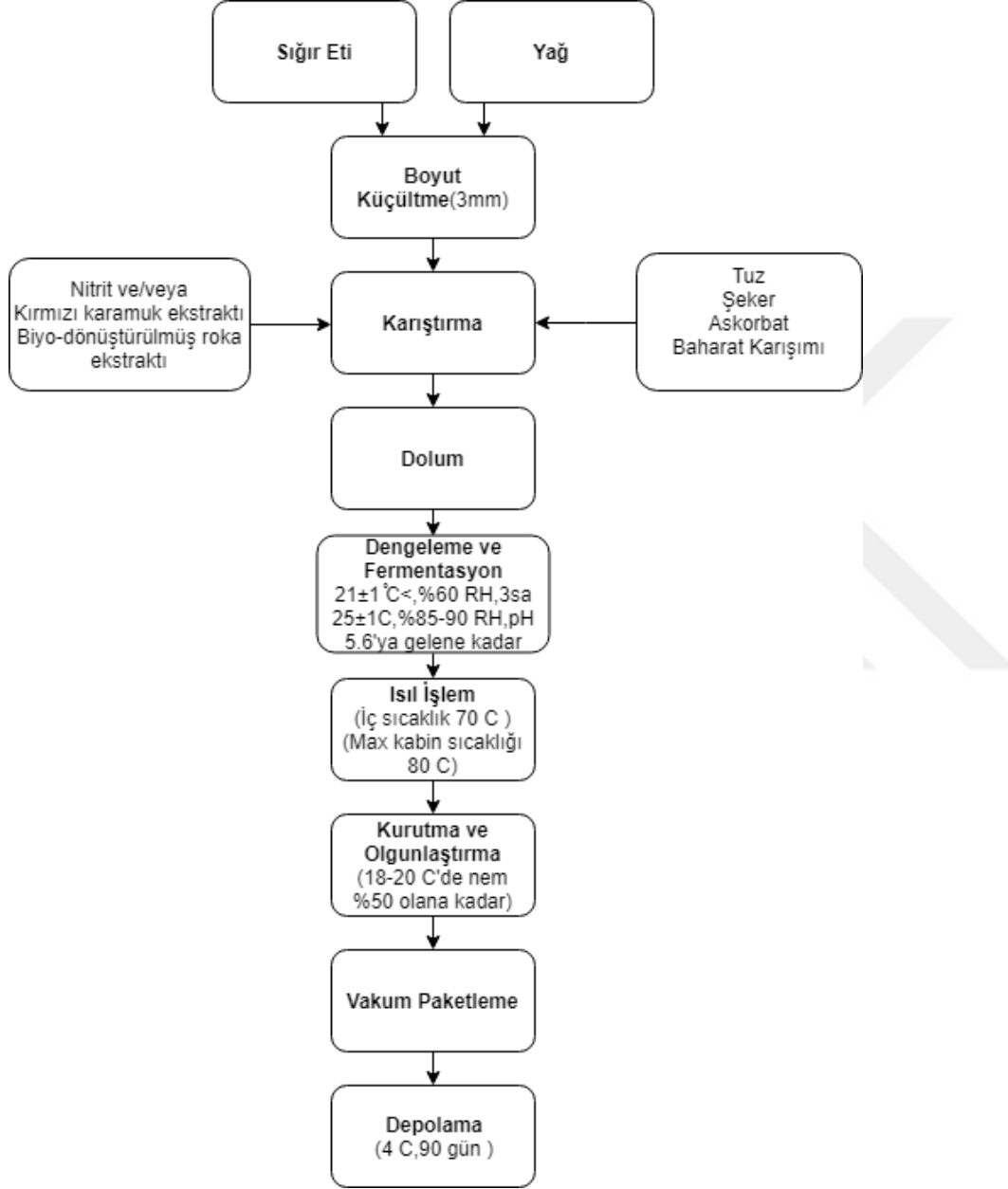


Şekil 3. 3: Isıl işlem görmüş sucukların deneme deseni. NOK0: Sentetik nitrit içermeyen deneme grubu, N1K0: Sentetik nitrit (150ppm) içeren deneme grubu, BRK0: BD roka ekstraktı içeren deneme grubu, NOK1: Sentetik nitrit içermeyen ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, N1K1: Sentetik nitrit ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, BRK1: BD roka ve KK ekstraktı içeren deneme grubu.

3.1.3. Isıl işlem görmüş sucuk üretimi:

Sucuk hamurlarının hazırlanması ve kılıflara doldurulması aşamaları Ege Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü Et Pilot Tesisi’nde gerçekleştirilmiştir. Üretim için ölüm sertliği tamamlanmış sığır karkaslarının but kısımlarından alınan görünür yağ, bağ ve sinir dokuları uzaklaştırılmış etler kullanılmıştır. Et ve sığır et yağı ayrı ayrı kıyma makinasının 3 mm’lik aynasından çekilerek kıyma haline getirildikten sonra kıyılmış et ve yağ karışımı üzerine kürlleme katkıları (sodyum klorür, sakkaroz, sodyum askorbat, sodyum nitrit), baharatlar (kırmızı biber, kimyon, sarımsak tozu, karabiber) ve starter kültür eklenerek kuterde 750 rpm’de 3 dk boyunca homojen bir karıştırma işlemi ile sucuk hamuru elde edilmiştir. Sucuk hamurları hidrolik dolum makinası (Alpina-SG Schweiz) ile kollajen bazlı (Ø36) kılıflara doldurulmuştur. Dolumu tamamlanan sucuklar askılara alınarak iklimlendirme kabininde (Wisd, Almanya) $21\pm1^{\circ}\text{C}$ ’de %60 RH’ de 3 saat dengeleme işlemine tabi tutulmuşlardır. Dengeleme işleminin ardından $25\pm1^{\circ}\text{C}$ ’de ve %85-90 RH’de sucuklar pH değerleri 5,6’ya düşene kadar fermente edilmiştir. pH değerinin 5,6’ya düşmesiyle fermentasyonu tamamlanan sucuklara, 55°C ’ye ısıtılmış kabinde (kabin sıcaklığı kademeli olarak 80°C ’ye arttırılmıştır) (Afos, İngiltere) merkez sıcaklıkları 70°C ’ye ulaşana dek ısıtım uygulanmıştır. Isıl işlemi tamamlanan sucuk örnekleri soğuk suyla duşlanarak hızla soğutulularak tekrar iklimlendirme

kabinine alınmış 18°C’de nem miktarı %50’ye düşene kadar kurutulmuştur. Sucuk örnekleri vakum altında ambajlanarak 4°C’de, 3 ay depolanmıştır (Kavuşan, 2018). Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonları üretim akış şeması Şekil 3.4’de deneme gruplarına ait formülasyon verileri Çizelge 3.1’de üretim görselleri Ek 1, 2, 3, 4’de gösterilmiştir.



Şekil 3. 4: Isıl işlem görmüş sucuk üretim akış şeması.

Çizelge 3. 1: Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonları.

DENEME GRUPLAR I*	ET(g)	YAĞ(g)	TUZ(g)	BAHARA T(g)	ŞEKER (g)	ASKORBA T(g)	NAN02(g)	KK EKSTRAKTI *(g)	BD ROKA EKSTRAKTI*(m g/kg)
NOK0	4000	800	96	180	19,2	1,92	0	0	0
NOK1	4000	800	96	180	19,2	1,92	0	24,13	0
N1K0	4000	800	96	180	19,2	1,92	0,76	0	0
N1K1	4000	800	96	180	19,2	1,92	0,76	24,13	0
BRK0	4000	800	96	180	19,2	1,92	0	0	150
BRK1	4000	800	96	180	19,2	1,92	0	24,13	150

BD* ile ifade edilen değerler biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktının (BD) nitrat ve nitrit içeriği baz alınarak hesaplanan miktarlardır.

KK* ile ifade edilen değerler kırmızı karamuk ekstraktının (KK) toplam fenolik bileşen miktarı baz alınarak hesaplanan miktarlardır.

* NOK0: Sentetik nitrit içermeyen deneme grubu, N1K0: Sentetik nitrit (150ppm) içeren deneme grubu, BRK0: BD roka ekstraktı içeren deneme grubu, NOK1: Sentetik nitrit içermeyen ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, N1K1: Sentetik nitrit ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, BRK1: BD roka ve KK ekstraktı içeren deneme grubu.

3.2. Yöntem

3.2.1 Biyo-dönüştürülmüş Roka Ekstraktı Ve Karamuk Ekstraktı Analizleri

3.2.2 Renk analizi

Biyo-dönüştürülmüş roka ve kırmızı karamuk ekstraktının renk ölçümü renk parametreleri, L*-aydınlık derecesi, a*-kırmızı-yeşil, b*-sarı-mavi Hunterlab (ColorFlex EZ, Amerika) renk ölçüm cihazı ile örnekler 90° açıyla döndürülerek dört farklı noktadan okuma yapılarak saptanmıştır. Sucuk örneklerinin renk ölçümü portatif renk ölçüm cihazı (Konica Minolta CR-200) ile sucukların iç ve dış olmak üzere iki farklı yüzeyinden ölçülmüştür.

3.2.3 pH ölçümü

Sucuk örneklerinde pH ölçümü, portatif batırma tipi pH metre (WTW pH 330i/SET, Almanya) ile üç farklı noktadan gerçekleştirilmiştir.

3.2.4 Toplam fenolik madde analizi

KK ekstraktının toplam fenolik madde miktarı Folin-Ciocalteu yöntemine göre analiz edilmiştir (Sarkis et al., 2014). 30 µL KK ekstraktının üzerine 2,37 mL saf su eklenmiştir. Üzerine 150 µL Folin - Ciocalteu reaktifi eklenerek 8 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra 450 µL doygun sodyum karbonat (Na_2CO_3) çözeltisi eklenmiş ve vortekslenmiştir. Karanlıkta 30 dk bekletildikten sonra örneklerin UV-VIS spektrofotometrede (Shimadzu V-1800, Japonya) 750 nm dalga boyunda absorban değerleri okunmuştur. Kalibrasyon eğrisinin çizimi için çeşitli konsantrasyonlarda gallik asit çözeltisi (50-500 µg/ml) kullanılmıştır. Spektrofotometrede okunan absorban değerleri ile gallik asit standart eğrisi kullanılarak sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/g örnek olarak ifade edilmiştir ($y = 0.0015x + 0.0653$). Toplam fenolik madde miktarı analizi için oluşturulan kalibrasyon eğrisi Ek 5 'de verilmiştir.

3.2.5 Toplam flavonoid analizi

Toplam flavonoid miktarı Jin et al. (2010)'un yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ekstrakt 1:10 v/v oranında etanol ile seyreltilmiş ve 1 mL'si kullanılmak üzere alınmıştır.

Üzerine 0,3 mL %5’lik NaNO₂ ilave edilerek 5 dk. boyunca karanlıkta bekletilmiştir. Daha sonra örneklerin üzerine 0,3 mL %10’luk AlCl₃.6H₂O eklenerek 1 dk. süreyle bekletilmiş, 2 mL 1 M NaOH çözeltisi eklenmiş ve ardından 2,4 mL saf su eklenerek 510 nm dalga boyunda UV-VIS spektrofotometrede absorbans değeri okunmuştur. Absorbans değerleri kateşin standart eğrisi kullanılarak mg KE/g olarak hesaplanmıştır. ($y=0.0061x-0.0048$)

3.2.6 Toplam antosiyanin miktarı

KK ekstraktının toplam antosiyanin miktarı pH diferansiyel yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Skrede et al., 2000). KCl tamponu pH 1,0, (0,025 M) ve CH₃COONa tamponu pH 4,5 (0,4 M) içinde 15 dk’lık inkübasyon süresi sonunda 530 ve 700 nm de absorbans değerleri ölçülmüş, aşağıdaki formül kullanılarak toplam antosiyanin miktarı hesaplanmıştır.

$$A = (A_{\lambda 530} - A_{\lambda 700})_{pH 1} - (A_{\lambda 530} - A_{\lambda 700})_{pH 4,5}$$

$$TA \text{ (mg/kg)} = A \times MA \times SF \times 1000 / \epsilon \times 1;$$

A: Absorbans

MA: Meyvelerde hakim antosiyanin türlerinin ağırlığı

SF: Seyreltme faktörü (SF);

ϵ : Antosiyaninlerin molar absorbans katsayısı

3.2.7 DPPH analizi

KK ekstraktının DPPH değeri Grajeda-Iglesias et al., (2016)’nın yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. 0,1 ml 1:10 w/v oranında seyreltilmiş ekstraktın üzerine 2,9 ml 0,1mM ethanolde hazırlanmış DPPH çözeltisi eklenerek vortekslenmiştir. Örnekler oda sıcaklığında karanlıkta 30 dk. bekletildikten sonra absorbans değerleri UV-VIS spektrofotometrede ölçülmüştür. Troloks kalibrasyon eğrisi örnek yerine aynı koşullarda troloks kullanılarak elde edilmiştir. Sonuçlar $\mu\text{mol troloks eşdeğeri (TE)}/\text{g}$ örnek cinsinden ifade edilmiştir. Aşağıdaki formül kullanılarak DPPH değeri hesaplanmıştır. DPPH analiz değeri için kullanılan kalibrasyon eğrisi Ek 6’da verilmiştir.

$$\text{DPPH İnhibisyonu (\%)} = [(Ac - As)/Ac \times 100]$$

Ac; kontrol absorbansı,

As; örneklerin absorbanası.

3.2.9 Nitrat/nitrit tayini

BD roka ekstraktında nitrat ve nitrit analizleri Özdestan ve Üren, (2010) yöntemine göre belirlenmiştir. Metoda göre nitrat ve nitritin analiz basamakları şu şekilde gerçekleştirilmiştir. 25 gr BD roka ekstrakt örneği 80 ml su ile homojenize edilmiştir. Üzerine 80 ml sıcak su (70-80 C) eklenir, 10 ml $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ eklenerek 15 dk ısıtılarak karıştırılır. Üzerine 5 ml $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ eklenmiş ve karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 5 ml $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ eklenir ve tekrar karıştırılmıştır. Soğumaya bırakılır ve 250 ml'ye saf su ile seyreltilir. Karışım whatman 40 süzgeç kağıdından süzümüştür. Bu kısma kadar nitrat ve nitrit analizi için aynı işlemler uygulanmıştır. Nitrat analizi için bu kısımdan sonra 2 ml süzüntüden alınıp 15 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. 2 ml %25'lik amonyak eklenerek karıştırılır. 500 mg çinko tozu eklenir karıştırılır. 1 ml kadmiyum asetat çözeltisi analiz çözeltisinin ortasına üflenir ve 5 dk beklenir. Karışım 50 ml'ye saf su ile tamamlanmış ve çalkalanmıştır. Karışım whatman 40 süzgeç kağıdından süzülür. 8 ml süzüntüden alınarak üzerine 1 ml asetik asit ve 1 ml griess reaktifi eklenir. Daha sonra 30 dk karanlıkta bekletilir. Örnekler spektrofotometrede 538 nm'de ölçümlendi. Nitrit analizi için whatman 40 süzgeç kağıdından süzülen süzüntüden 10 ml alınarak 50 ml'ye saf su ile seyreltilmiştir. 8ml süzüntüden alınarak üzerine 1 ml asetik asit ve 1 ml griess reaktifi eklenmiştir. Absorbans değerleri 538 nm'de spektrofotometrede belirlenmiştir. Nitrit ve nitrat miktarı analizi için oluşturulan standart kalibrasyon eğrileri Ek 7 ve Ek 8'de verilmiştir.

3.2.10 Isıl işlem görmüş sucuğa uygulanan analizler

3.2.11 Kimyasal kompozisyon analizleri

Sucuk örneklerinde kimyasal kompozisyonunun saptanması amacıyla nem (metot no. 950.46) ve kül tayini (metot no. 920.153) AOAC (2012)'ye göre yapılmış, yağ tayini Flynn and Bramblett (1975)'e göre protein tayini LECO (FP-528, USA) Protein/Nitrojen analizörü kullanılarak Dumas yakma metoduna göre uygulanmıştır.

3.2.12 Toplam asitlik tayini

Sucuk örneklerinin toplam asitlik tayini titrimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir (AOAC, 2012). 10 gram örnek 200 ml saf su ile blenderda homojenize edilmiştir. Karışım 250 ml'lik erlene aktarılmış, ve saf su ile 250 ml'ye tamamlanmıştır. Kaba filtre kağıdından

süzüldükten sonra filtrattan 25 ml alınarak üzerine 75 ml saf su ilave edilmiş, 3-4 damla fenolfitalein indikatörü damılarak 0,01 N NaOH ile titre edilmiştir. Kör deneme için de aynı prosedür uygulanmış aşağıda verilen formül kullanılarak toplam asitlik %laktik asit cinsinden hesaplanmıştır. (0.09= Laktik asit meq gramı)

$$\%asitlik = \frac{S \times N \times f}{m} \times 0.09 \times 10 \times 100$$

S: Titrasyonda harcanan NaOH hacmi (ml)-Kör denemede harcanan NaOH hacmi (ml)

N: NaOH normalitesi

f: NaOH faktörü

m: örnek ağırlığı (g)

3.2.13 Su aktivitesi

Sucuk örneklerinde üretim aşamaları boyunca su aktivitesi, $\pm 0,001$ hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo- AG 400, Almanya) ile çiğlenme noktası prensibinden yararlanılarak ölçülmüştür.

3.2.14 Ağırlık kaybı

Sucuk örneklerinin ağırlık kaybı sucukların dolum sonrası ve üretim sonrası ağırlık farklarından hesaplanmıştır.

$$\%Ağırlık\ kaybı = ((ilk\ ağırlık - son\ ağırlık) / ilk\ ağırlık) * 100$$

3.2.15 Peroksit sayısı

10 gr sucuk örnekleri 60 ml kloroform ile blenderde 2 dk. boyunca parçalanmıştır. Karışım whatman no1 filtre kağıdından süzülerek filtrattan 25 ml alınmış ve 250 ml'lik şilifli erlene aktarılmıştır. Üzerine 30 ml asetik asit. 2 ml doymuş potasyum iyodür çözeltisi eklendikten sonra erlen 2 dakika çalkalanmış ve ağızları kapatılarak 5 dakika karanlıkta bekletilmiştir. Bekleme sonrasında erlene 30 ml saf su ve 2 ml %1'lik nişasta çözeltisi eklenmiştir. Daha sonra 0,1 N tiyosülfat çözeltisiyle titre edilmiştir aşağıda verilen formül kullanılarak peroksit değeri hesaplanmış, peroksit değeri meqO₂/kg örnek olarak ifade edilmiştir (AOAC, 2007).

$$\text{Peroksit sayısı} = \frac{[(S - B) \times N \times 1000]}{W}$$

S: Titrasyonda harcanan tiyosülfat(ml)

B: Kör için harcanan tiyosülfat(ml)

N: Tiyosülfat Normalitesi(ml)

W: Örnek Ağırlığı

3.2.16 Tiyoarbutirik asit reaktif maddeleri (TBARS)

Sucuk örneklerinde lipid oksidasyonunun tespiti Witte et al. (1970) tarafından tanımlanan TBA metoduna göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. 20 g örnek tartılmış ve üzerine 50 ml %20'lik TCA çözeltisi eklenerek blendırda 2 dk. Parçalanmış, karışım üzerine 50 ml soğuk su eklenerek 1 dakika daha parçalama işlemine devam edilmiştir. Karışım ilk olarak adi filtre kağıdından daha sonra Whatman No:1 filte kağıdından 100 ml'lik balon jojelere süzölmüştür. Balon joje 1:1 TCA/Su çözeltisi ile hacime tamamlanmıştır. Balon jojeden alınan 5 ml süzöntü deney tüpüne aktarılmış, üzerine 5 ml 0,02 M TBA çözeltisi eklenerek 35 dk. 80°C'ye ısıtılmış su banyosunda bekletilmiştir. Kör deneme için ise örnek yerine 5 ml 1:1 TCA:Su alınıp üzerine 0,02 M TBA eklenmiştir. Isıtma işlemi sonrasında soğutulan örneklerin absorbans değeri UV-vis spektrofotometrede 532 nm dalga boyunda saptanmıştır. Absorbans değeri, 5.2 faktörü ile çarpılarak TBARS değeri mg malonaldehit/kg cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.17 Toplam karbonil analizi

Protein oksidasyonunun temel belirteçlerinden olan karbonil bileşikleri miktarı (Oliver et al., 1987) tarafından geliştirilen ve Utrera et al. (2011) tarafından modifiye edilen yöntem kullanılarak belirlenmiştir. 10 g örnek üzerine 100 ml su ilave edilerek Ultra Turraks ile 13500 devir/dk hızda 4 °C' de 1 dk. parçalama işlemi yapılmıştır. Bu karışımından 50 µl' lik iki ayrı kısım alınmıştır (örnek ve referans) 2 ml 10 mM DNPH (2,4-Dinitrofenilhidrazin) bulunan tüpe örnek için alınan kısım konulmuştur. 2 ml 2N HCl olan tüpe referans için alınan kısım aktarılmıştır. Daha sonra oda sıcaklığında 15 dk' da bir vortekslenerek 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Inkübasyon sonunda her iki tüpe de reaksiyonu durdurmak amacıyla 2 mL %20' lik trikloro asetik asit (TCA) eklenmiş ve 2.000 g' de 10 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası tüplerde oluşan süpernetantlar dökölüp kalan pelletlerin üzerine 4

mL etanol:etilasetat (1:1) ilave edilerek 10 dk bekletilmiştir. Aynı koşullarda tekrar santrifüj yapılarak pelletler bu şekilde 3 kere yıkanmıştır. Daha sonra pelletler kuru hava akımına maruz bırakılarak kurutulmuştur. Pelletlerin çözündürülmesi amacıyla her tüpe 1,5 ml 6,0 mM guanidin-HCl (triflorasetik asit ile pH 2,3'e ayarlanmıştır) çözeltisi eklenmiştir. Spektrofotometre 370 nm'de 1,5 mL 6,0 mM guanidin-HCl (pH 2,3)' ye karşı örnek ve referans absorbansları belirlenmiştir. Ekstinksiyon katsayısı (Ec) olarak 22.000 M⁻¹ cm⁻¹ kullanılmıştır. Sonuçlar, nmol karbonil/mg protein olarak ifade edilmiştir.

3.2.18 Sülfidril grupları analizi

Sülfidril miktarının belirlenmesi amacıyla Ellman, (1959)'un geliştirdiği ve Eymard et al. (2009) tarafından modifiye edilen yöntem kullanılmıştır. 0,5 örnek tartılarak üzerine 10 ml 0,05 M potasyum fosfat tamponu (pH=7,2) ilave edilmiştir. Karışım 13500 devir/dk hızda UltraTurraks ile homojenize edilmiştir. 9 ml 0,05 M fosfat tamponuyla (pH=7,2) ayarlanmış 8 M üre, 0,6 M NaCl ve 6 mM EDTA karışımı hazırlanmış ve homojenize edilen karışımdan 1 ml alınarak üzerine eklenmiş, karışım 5 °C' de 15 dk 1.4000 g' de santrifüjlenmiştir, üstte kalan fazdan 3 ml alınarak üzerine 0,05 M sodyum asetat ile hazırlanan 0,04 ml 0,01 M DTNB (5,5'-ditiyobis (2-nitrobenzoik asit)) çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra, karışım 40 °C' de 15 dk inkübe edilmiştir. Homojenat yerine 1 ml potasyum fosfat tamponu ve 9 ml NaCl + Üre + EDTA karışımı eklenerek kör numune hazırlanmıştır. Spektrofotometrede 412 nm dalga boyunda örnek ve körün absorbans değerleri belirlenmiştir. Sülfidril miktarı molar sönümleme katsayısı 13.600 M⁻¹ cm⁻¹ kullanılmıştır. Sonuçlar nmol sülfidril/mg örnek olarak ifade edilmiştir.

$$b = \frac{A \times Z \times 10^6}{Y \times X}$$

b= Sülfidril gruplarının molalitesi (nmol sülfidril/mg örnek)

A= Absorbans

X= Örneğin protein konsantrasyonu

Y= Molar sönümleme katsayısı (13.600 M⁻¹.cm⁻¹)

Z= Seyreltme faktörü

3.2.19 Nitrit/nitrat analizleri

Sucuklarda nitrit/nitrat tayininde (Özdestan ve Üren, 2010b) tarafından geliştirilmiş metod modifiye edilerek kullanılmıştır. Metoda göre nitrat ve nitritin analiz basamakları şu şekilde gerçekleştirilmiştir. 25 gr sucuk örneği 80 ml su ile homojenize edilmiştir. Üzerine 80 ml sıcak su (70-80 C) eklenir, 10 ml $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ eklenerek 15 dk ısıtılarak karıştırılır. Üzerine 5 ml $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ eklenmiş ve karıştırılmıştır. Daha sonra üzerine 5 ml $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ eklenir ve tekrar karıştırılmıştır. Soğumaya bırakılır ve 250 ml'ye saf su ile seyreltilir. Karışım whatman 40 süzgeç kağıdından süzümüştür. Bu kısma kadar nitrat ve nitrit analizi için aynı işlemler uygulanmıştır. Nitrat analizi için bu kısımdan sonra 2 ml süzüntüden alınıp 15 ml'ye saf su ile tamamlanmıştır. 2 ml %25'lik amonyak eklenerek karıştırılır 500 mg çinko tozu eklenir karıştırılır. 1 ml kadmiyum asetat çözeltisi analiz çözeltisinin ortasına üflenir ve 5 dk beklenmiştir. Karışım 50 ml'ye saf su ile tamamlanmış ve çalkalanmıştır. Karışım whatman 40 süzgeç kağıdından süzülür. 8 ml süzüntüden alınarak üzerine 1 ml asetik asit ve 1 ml griess reaktifi eklenmiştir. Daha sonra 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. Örnekler spektrofotometrede 538 nm'de ölçümlenmiştir. Nitrit analizi için whatman 40 süzgeç kağıdından süzülen süzüntüden 10 ml alınarak 50 ml'ye saf su ile seyreltilmiştir. 8ml süzüntüden alınarak üzerine 1 ml asetik asit ve 1 ml griess reaktifi eklenmiştir. Absorbans değerleri 538 nm'de spektrofotometrede belirlenmiştir. Nitrit ve nitrat miktarı analizi için oluşturulan standart kalibrasyon eğrileri Ek7 ve Ek8'de verilmiştir.

3.2.20 Toplam pigment analizi

Toplam pigment miktarının belirlenmesi Hornsey (1956)'ya göre yapılmıştır. Sucuk örneklerinde 10 g örnek tartılıp 40 ml aseton ve 2 ml saf su ve 1 ml derişik HCl koyu renkli cam şişeye koyulup 1 saat karanlıkta bekletilmiş ve adi filtre kâğıdından süzümüştür. Filtrat tekrardan aseton ile 40 ml'ye tamamlanmıştır. Filtratın absorbansı 640 nm de okunmuş ve elde edilen absorbans değeri 680 faktörü ile çarpılarak toplam pigment miktarı mg/kg olarak tespit edilmiştir.

3.2.21 Nitrozomyoglobin analizi

Nitrozomyoglobin miktarı Zaika et al. (1976)'a göre yapılmıştır. Sucuk örneklerinden 10 g örnek tartılıp 40 ml aseton ve 3 ml saf su koyu renkli cam şişeye koyulup 5 dakika hızla çalkalanmış ve adi filtre kâğıdından süzümüştür. Filtrasyon süresince asetonun buharlaşması nedeniyle filtrat aseton kullanılarak yeniden 40 ml'ye tamamlanmıştır. Filtratın absorbansı 540 nm'de okunmuş ve okunan absorbans değeri 290 faktörü ile çarpılarak nitrozomyoglobin miktarı mg/kg olarak tespit edilmiştir.

3.2.22 Nitrozopigmente dönüşüm oranı

Nitrozopigmente dönüşüm oranının belirlenmesi Zaika et al., (1976)'a göre yapılmıştır.

Nitrozopigmente dönüşüm oranı = nitrozomyoglobin miktarı / toplam pigment miktarı x 100

3.2.23 Mikrobiyolojik analizler

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğine göre ısıtılmış işlem görmüş sucuklarda *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* analizlerinin yapılması gerekliliği nedeniyle üretim sonrası *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* analizleri yapılmıştır. *Salmonella* spp. tespiti için ISO 6579 (2002) yöntemi uygulanmıştır. *L. monocytogenes* tespitinde ise ISO 11290-1 (1996) yöntemi gerçekleştirilmiştir.

3.2.24 Duyusal analiz

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinde duyusal analizler, 9 puanlı (1:Hiç beğenmedim-9:Çok beğendim) hedonik skala kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Duyusal değerlendirmede panelistlerin örnekleri renk, tekstür ve genel kabul edilebilirlik kriterleri açısından değerlendirmişlerdir. Değerlendirmede, aynı kişilerden oluşan 15 kişilik panelist grubu yer almıştır. Isıl işlem görmüş sucuk örnekleri 0,5 cm kalınlığında dilimlenerek yağsız tavada her iki yüz 1 dk pişirildikten sonra panelistlere sunulmuştur. Üretimden hemen sonra duyusal değerlendirme yapılmış ancak mikrobiyolojik riskler (*C. botulinum*) göz önünde bulundurularak duyusal analiz sürecinde lezzet puanları değerlendirilmemiştir.

Duyusal Analiz Puanlama Formu

Panelist Adı Soyadı:	Tarih:../../2020			
Özellikler	Deneme Grupları			
	1	2	3	4
Renk				
Kesit yüzey görünümü				
Kıvam-Doku				
Genel Kabul Edilebilirlik				

Puan Skalası			
• Mükemmel	9 puan	• Ortanın altı kötü'nün üstü	4 puan
• Çok iyi	8 puan	• Kötü	3 puan
• İyi	7 puan	• Çok kötü	2 puan
• İyinin altı ortanın üstü	6 puan	• Aşırı kötü	1 puan
• Orta	5 puan		

Şekil 3. 5: Duyusal analiz puanlama formu.

3.2.25 İstatistiksel analiz

Planlanan denemeler iki tekrarlı olarak yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi SPSS for Windows V 21.0 paket programı kullanılarak %95 güven aralığında gerçekleştirilmiştir. Her bir denemenin verileri kendi içinde Tek yönlü ANOVA ve Duncan çoklu karşılaştırma metotları kullanılarak hesaplanmıştır.



4.BULGULAR

4.1. Biyo-dönüştürülmüş Roka Ekstraktı analiz sonuçları

Nitrat anyonu genellikle taze sebzelerde bulunan bir bileşiktir. Roka, yapraklarında depolanan nitrat içeriği 4677- 9000 mg/kg (taze ağırlık) arasında değişen bir yeşil bitkidir (EFSA, 2008; Cavaiuolo and Ferrante, 2014). Nitrat seviyelerine göre sebzeler sınıflandırıldığında roka, yüksek nitrat içeriğine sahip sebze sınıfında yer almaktadır (Munekata et al., 2021b). Kurutulan roka yapraklarında nitrat miktarı 4.704,28 ppm olarak saptanmıştır. BD roka ekstraktında nitrat miktarı 514,21ppm , nitrit miktarı 56,38 ppm olarak belirlenmiştir. Hwang et al. (2018) biyo-dönüştürülmüş ıspanak ekstraktında nitrit miktarının 20,32 ppm olarak belirlemiştir. Choi et al. (2017) Biyo-dönüştürülmüş kırmızı pancar ve kereviz ekstraktında nitrit miktarlarını diazo kenetlenme yöntemiyle yapmış ve 729,28 ppm, 201,35 ppm olarak bulmuştur. Çalışmamızda kullanılan BD roka ekstraktının dönüşen nitrit miktarının fazla olmasının nedeninin rokadaki nitrat miktarının ıspanaktan daha yüksek olması böylece nitrattan nitrite dönüşen miktarının da daha fazla olduğu söylenebilir. Sebzelerde bulunan nitrat içerikleri; pazı, ıspanak, turp ve marul için sırasıyla 2.077 ppm, 1.926 ppm, 1.662 ppm ve 3.947 ppm olarak belirtilmiştir (Santamaria, 2006).

Roka ekstraktının renk parametreleri $L^*=14,24\pm0,47$, $a^*=-0,46\pm0,03$, $b^*=13,96\pm0,32$ olarak ölçülmüştür. pH değeri ise 5,33 olarak saptanmıştır. Hwang et al., (2018), et ürünlerinde nitrit alternatifi doğal kaynak kullanımıyla sentetik nitrit miktarını azaltmak amacıyla yaptığı çalışmada biyo-dönüştürülmüş ıspanak ekstraktında pH değerini 5,32, renk parametrelerini $L^*=25,46$, $a^*=0,78$, $b^*=4,91$ olarak saptamıştır.

4.2.Kırmızı karamuk (*Berberis vulgaris*) ekstraktı analiz sonuçları

Çalışmada kullanılan karamuk meyvesine belirlenen parametrelerde ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. KK ekstraktının renk parametreleri , $L^* 19,07$, $a^* 18,41$, b^* değeri ise, 13,40 olarak ölçülmüştür. pH 2,56 olarak belirlenmiştir. KK ekstraktında ölçülen renk ve pH değerleri, Azeem et al. (2019) bulguları ile benzerlik göstermektedir.

KK ekstraktının antioksidan kapasitesini saptamak amacıyla toplam fenolik madde miktarı, DPPH, antosiyanin, toplam flavonoid, miktarları belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil

4.1’de gösterilmiştir. Antioksidan aktiviteye sahip bileşiklerin yapıları ve özellikleri birbirinden çok farklı olduğundan tek bir yöntem kullanılarak değerlendirilmesi yeterli olmamaktadır. Bu nedenle antioksidan aktivitenin değerlendirilebilmesi için birden fazla ölçüm yönteminin yapılması gerekmektedir (MacDonald et al., 2006).

4.2.1. Toplam Fenolik madde miktarı

Fenolik bileşikler serbest radikal oluşumunu engelleyerek antioksidan etki göstermektedir (Görgüç et al., 2018). Toplam fenolik madde miktarı ile antioksidan aktivitenin oldukça kuvvetli pozitif korelasyon gösterdiği bulgulanmıştır (Huang et al., 2005; Prior et al., 2005). Folin-Ciocalteu yöntemiyle yapılan fenolik bileşen miktarı analizine göre KK ekstraktının fenolik bileşen miktarının 33,16 mgGAE/g olarak saptanmıştır. Benzer olarak Aliakbarlu et al. (2018) İran’da temin edilen karamuk örneklerine etanol ile ekstraksiyon sonucu toplam fenolik madde miktarı; 49,92 mgGAE/g, DPPH; 40,75 μ molTE/g olarak tespit edilmiştir. Literatür çalışmaları incelendiğinde KK ekstraktının fenolik bileşen miktarının, nar, vişne ve aronya meyveleri ile benzer sonuçlar içerdiği tespit edilmiştir (Karaaslan et al., 2014; Yılmaz et al., 2015; Kapçı, 2013). Bir çalışmada böğürtlen, siyah ahududu, kırmızı ahududu ve çilek gibi meyvelerin antioksidan kapasiteleri araştırılmış toplam fenolik madde miktarları sırasıyla 1,347, 1,535, 1,346 ve 1,033 mg/100g kuru örnek cinsinden bulunmuştur (Tosun ve Yüksel, 2003). Bitkilerde bulunan fenolik bileşiklerin miktarları, bitkinin türü, çeşidi, yetiştirildiği coğrafik bölge, iklimi, yetiştirilme şekli gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Karamuk meyvelerinde etanol, methanol ve su kullanarak ekstrakt elde eden Othman (2005) methanol ile ekstrakte edilen karamuk örneğinin en yüksek fenolik madde içeriğine sahip ekstrakt olduğunu saptamıştır. Berberis ailesine ait 5 farklı meyvenin antioksidan özellikleri incelendiğinde karamuğun (*Berberis vulgaris*) toplam fenolik bileşen miktarı 1052,3mgGAE/100g bulunurken toplam flavonoid miktarı 142,5 mgKE/100g şeklinde ölçülmüştür (Khromykh et al., 2018). Benzer şekilde tür farklılıklarının antioksidan kapasiteye olan etkisini anlamaya dayalı yapılan bir başka çalışmada Sivas ilinde yetişen 6 farklı karamuk meyvesinin (*Berberis vulgaris*) fenolik miktarlarının 2.565-3.619 mgGAE/L değerleri arasında değişiklik gösterdiği saptanmıştır (Özgen et al., 2012).

4.2.2. Toplam flavonoid madde miktarı

Flavonoidler, fenolik maddelerin en yaygın grubunu oluşturan ve genellikle sarı renkli olan bileşiklerdir. Flavonoidlerin antioksidan aktivitesi üç şekilde gerçekleşmektedir; Birincil antioksidan olarak, şelatlayıcı olarak yada süperoksit anyon yakalayıcısı olarak serbest

radikallerin etkisini gidererek. KK ekstraktı örneğinde tespit edilen flavonoid madde miktarı 40,35 mgKE/g olarak saptanmıştır. Othman, (2005)'in 5 farklı berberis çeşidinin antioksidan aktivitesini araştırdığı çalışmada *Berberis vulgaris* 'in flavonoid değeri 142,5 mg/100g yaş örnek şeklinde bulunmuştur. Yapılan çalışmanın farklı değerler gösterme nedeni analiz sonuçlarının yaş meyve üzerinden hesaplanmasından kaynaklanmaktadır.

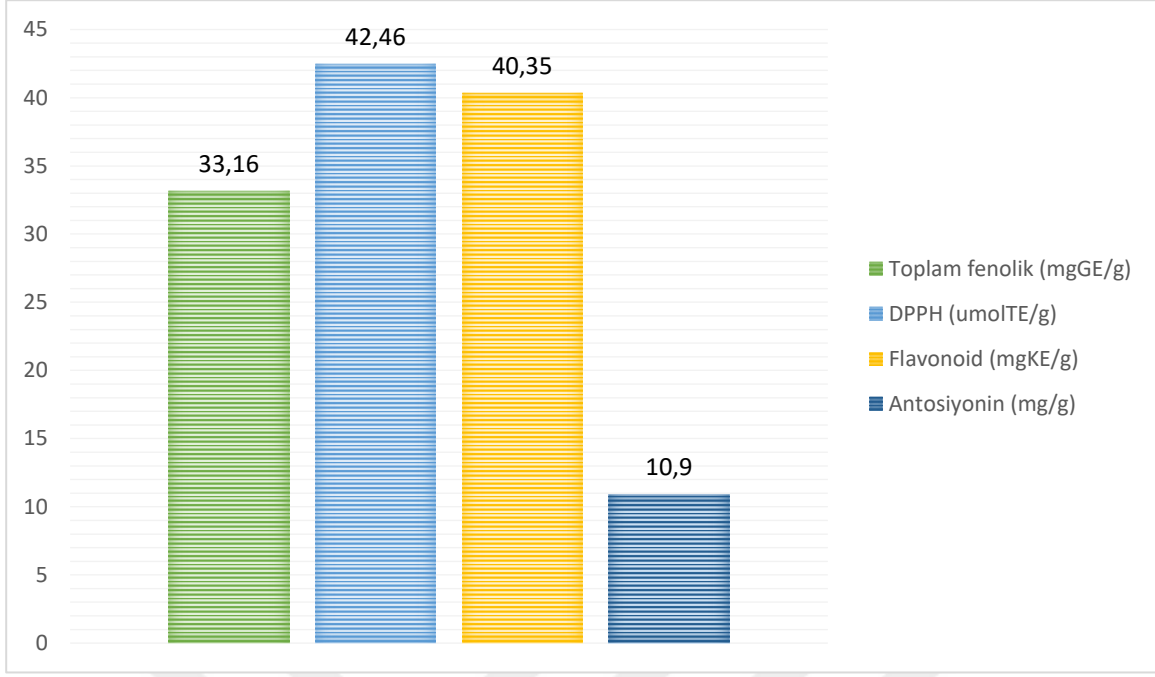
4.2.3. DPPH değerleri

Antioksidan ölçüm yöntemlerinden bir diğeri ise DPPH yöntemidir. DPPH yöntemi ile ortamda serbest halde bulunan antioksidan bileşiklerinin tespiti yapılmaktadır. KK ekstraktına ait DPPH analiz sonucu 42,46 $\mu\text{molTE/g}$ bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada 4 farklı yaban mersini türüne ait DPPH değerleri sırasıyla 32,0, 27,7, 16,2, 24,9 $\mu\text{molTE/g}$ olarak bulunmuştur (Thaipong et al., 2006).

4.2.5. Antosiyanin değerleri

Antosiyaninler meyvelere kırmızı, mor, pembe, mavi rengini veren en iyi doğal renklendiricilerdir. (Çalimli, 2003; De Villiers et al., 2004) Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalar antosiyaninlerin antioksidan aktivitelerinin metal iyonlarıyla şelat oluşturma ve protein bağlama özelliklerinden kaynaklandığını göstermektedir (Afacan ve Sönmezdağ, 2020). KK ekstraktının antosiyanin miktarı 10,9 mg/g olarak saptanmıştır. (Karaaslan et al., 2014)'un yaptığı çalışmada 4 farklı bölgedeki nar çeşitlerinin antioksidan aktivitelerini analizleyip toplam flavonoid değerlerinin 36,46-58,42 mg/100g ve antosiyanin miktarlarının ise 1,37-6,30 mg/100g değer aralığında değişiklik gösterdiğini saptamıştır.

Şekil 4. 1: KK ekstraktının toplam fenolik (mgGAE/g), DPPH ($\mu\text{molTE/g}$), Antosiyanin (mg/g), Flavonoid miktarları (mgKE/g).



4.3. Isıl işlem görmüş sucuk hamuru analiz sonuçları

4.3.1. Kimyasal kompozisyon değerleri

Çizelge 4.1’de sucuk hamuruna ait nem, yağ, protein ve kül değerleri sunulmuştur. Yapılan çalışmada nitrit kaynağı ve KK ekstraktının sucuk örneklerinin nem miktarlarına, etkili bulunmuştur ($p < 0,05$). Sucuk hamurunun nem miktarlarının %60,12 ile %63,60 aralığında değiştiği görülmektedir. En yüksek nem miktarı %63,60 ile BD roka ekstraktı ve KK ekstraktı’nın birlikte kullanıldığı BRK1 grubunda gözlenmiştir. En düşük nem değerleri ise nitrit ilave edilmeyen N0K0, N0K1 ve BRK0 gruplarında bulunmuştur ($p < 0,05$). Nitrit alternatifini doğal katkıların formülasyona eklenmesi sucuk hamuruna ait yağ ve protein miktarlarında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara neden olmuşken ($p < 0,05$), kül miktarlarında ise anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Sucuk hamurlarının yağ miktarlarının %16,47-17,03, protein miktarlarının %15,02-16,73 kül miktarlarının ise %2,70-3,88 aralığında olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4. 1: Sucuk hamurlarının kimyasal kompozisyonu.

Sucuk hamuru	Nem (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
N0K0	60,48±0,98 ^{bc}	17,41±1,20 ^a	15,69±0,15 ^b	3,66±0,63 ^a
N1K0	62,35±1,05 ^{ab}	16,86±1,81 ^a	16,73±1,08 ^{ab}	3,74±0,28 ^a

BRK0	60,68±0,78 ^{bc}	17,86±0,69 ^a	17,42±1,04 ^a	3,88±0,03 ^a
N0K1	60,12±1,18 ^c	17,03±0,98 ^a	16,49±1,34 ^{ab}	3,53±0,12 ^a
N1K1	62,94±0,54 ^a	17,95±0,56 ^a	15,02±0,04 ^b	2,70±0,13 ^a
BRK1	63,60±1,58 ^a	16,47±0,10 ^{ab}	15,22±1,07 ^b	3,06±0,05 ^a

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

Isıl işlem görmüş sucuk hamurunda yapılan kimyasal kompozisyon analizleri bu konuda yapılan diğer çalışmalar ile uyumluluk sağlamaktadır (Kavuşan, 2018; Nacak, 2015; Sucu, 2018). Havuç ve kereviz kullanılarak nitrit miktarı azaltılmış ısıtılmış sucuk hamuru kimyasal kompozisyon değerleri ile kimyasal kompozisyon değerlerimiz benzerlik göstermektedir (Soyer, 2012).

4.3.2. pH değerleri

Sucuk hamurlarının pH değerleri, sucuk üretiminin ilerleyen aşamalarını da etkileyen önemli bir parametredir. Kurutma, olgunlaştırma, fermentasyon proseslerinde gerçekleşen tüm olaylar hamurun pH değerinden etkilenerek farklı pH değişim modelleri görülebilmektedir. Yüksek pH değerlerine sahip sucuk hamurları kuruma prosesinde gecikmelere sebep olarak ürün tekstürünü olumsuz yönde etkilemektedir (İkonik et al., 2015). Çalışmada elde edilen sucuk hamuru pH değerleri çizelge 4.2’de sunulmuştur. Sucuk hamurlarının pH değerleri 5,76 ile 5,82 değer aralığında bulunmuştur. Nitrit kaynağı ve KK ekstraktı kullanımı pH değerlerine etkisi önemli bulunmuştur (p<0,05). Karamuk ilave edilmeyen N0K0 ve N1K0 grupları istatistiksel açıdan benzer sonuçlar ve diğer gruplara kıyasla daha yüksek pH değerleri göstermiştir (p<0,05). Karamuk ilave edilen grupların pH değerleri diğer gruplara kıyasla bir miktar azalma göstermiştir (p<0,05). Karamuk ilave edilen ve edilmeyen örnekler arasında gözlenen bu farklılık karamuğun pH değerinin (2,56) ürün pH değeri üzerinde etkili olduğu ile açıklanabilir.

4.3.3. Toplam Asitlik

Sucuklarda kürlenme prosesinde nitratin nitrite indirgenme aşamasında görev alan bakterilerin gelişip, fonksiyonlarını yerine getirebilmesinde başlangıç asitlik değerleri oldukça önemlidir. Sucuk karışımında laktik asit miktarı değiştikçe ürün mikroflorası da değişmektedir (Erginkaya, 1993).

Sucuk hamurlarının %laktik asitlik cinsinden saptanan toplam asitlik değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Formülasyona ilave edilen nitrit kaynağı ve KK ekstraktı kullanımı istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek asitlik değerleri N1K1 ve BRK1 örneklerinde saptanırken en düşük asitlik değerleri N0K0 ve N1K0 örneklerinde gözlenmiştir ($p<0,05$). Sucuk formülasyonuna nitrit alternatifi olarak roka ekstraktı ilavesinin asitlik değerlerinde anlamlı farklılıklar oluşturduğu görülmüştür. Ekstrakt ilave edilmeyen sucuk hamurlarındaki toplam asitlik değerlerinin birbirine benzer ve diğer gruplara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Toplam asitlik değerlerinin yüksek olduğu gruplarda asitlik mitarındaki artışa bağlı olarak pH değerlerinin düşük olduğu gözlenmektedir. ($p<0,05$). BD roka ekstraktının hazırlanmasında kullanılan *S.carnosus* suşunun üründeki asitlik değerlerini arttırmış olabileceği düşünülmektedir. Soyer, (2009)’un fermentasyon sıcaklığı ve starter kültür kullanımının sucukta fermentasyona etkisini araştırdığı çalışmanın sonuçlarına göre; starter kullanımının, titrasyon asitliğinin artışına neden olduğu ve en fazla titrasyon asitliğinin, *L.sake* ve *S.carnosus* suşlarının karışımının kullanıldığı gruplarda olduğu saptanmıştır (Soyer, 2009).

Sucuk ve sucuk benzeri fermente et ürünlerinde asit oluşum hızı ve miktarı sucuk hamuruna katılan şekerin miktar ve çeşidi, üretim teknolojisi ve kullanılan starter kültürün tipine göre farklılıklar gösterebilmektedir (Lücke, 1985; Gökalp et al., 2002; Kaban ve Kaya, 2007).

Çizelge 4. 2: Sucuk hamurlarının toplam asitik ve pH değerleri.

Analiz grupları	Toplam asitlik (%laktik asit)	pH
N0K0	0,25±0,00 ^c	5,82±0,03 ^a
N1K0	0,25±0,01 ^c	5,76±0,03 ^a
BRK0	0,60±0,01 ^b	5,77±0,02 ^b
N0K1	0,60±0,00 ^b	5,76±0,02 ^a
N1K1	0,62±0,00 ^a	5,69±0,01 ^b
BRK1	0,62±0,00 ^a	5,79±0,01 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).

4.3.4 Su aktivitesi (a_w)

Gıda içerisinde oluşan ve su ile ilgili tepkimeler ve değişmelerin, mikrobiyolojik ve enzimatik etkilerin su aktivitesine bağlı olduğu bilinmektedir. Su aktivitesi gıdaların raf ömrünü ve mikrobiyolojik güvenliğini doğrudan etkilemektedir, bu bakımdan gıda güvenliği açısından a_w izlenmesi gereken parametredir (Nollet and Toldra, 2010; Yıldırım, 1993).

Sucuk hamurlarının a_w değerleri Çizelge 4.3’de sunulmuştur. RE ilavesi örneklerin a_w değerlerine önemli oranda etkili bulunmuştur ($p<0,05$). Sucuk hamurlarında a_w değerlerinin 0,94 ile 0,97 aralığında olduğu görülmektedir. BRK0 ve N0K0 grupları istatistiksel olarak benzer sayısal değerlere sahipken sadece sentetik nitrit ilave edilen N1K0 grubunun en düşük a_w değerine sahip olduğu görülmektedir ($p<0,05$). En yüksek a_w değerinin KE ve RE’lerini birlikte içeren BRK1 örneğinde olduğu tespit edilmiştir. KE ilavesinin gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar yarattığı saptanmıştır ($p<0,05$). Ekstrakt ilave edilen örneklerde a_w değerleri daha yüksek bulunmuştur, bu bulgu örneklerin nem miktarları ile paralellik göstermektedir. Gıdaların su aktivitesi yönünden incelendiği bir çalışmada sucuk hamurlarında ortalama a_w değeri 0,99 olarak bulunmuştur (Özay ve Pala, 1993).

Çizelge 4. 3: Sucuk hamurlarının su aktivite (a_w) değerleri.

Analiz grupları	Su aktivitesi (a_w)
N0K0	0,94±0,00 ^{cd}
N1K0	0,94±0,00 ^e
BRK0	0,95±0,01 ^{cd}
N0K1	0,96±0,01 ^{bc}
N1K1	0,97±0,01 ^{ab}
BRK1	0,97±0,01 ^a

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).

4.3.5 Lipid oksidasyonu analiz sonuçları

Lipid oksidasyonu, et ve et ürünlerinde istenmeyen lezzet oluşumu, besin değerinde kayıp ve toksik bileşiklerin oluşumuna neden olan önemli bir kalite değişimidir (Figueirêdo et al., 2014). Et ve et ürünlerinde birincil reaksiyon değişimlerini incelemek lipid oksidasyonunun sadece başlangıç aşamasının tespitini sağlamaktadır (Ajuyah et al., 1993). Bu nedenle lipid oksidasyonu sırasında birincil ve ikincil değişimlerin takibi ile elde edilen veriler daha tutarlı sonuçlar sağlamaktadır. Nitritin antioksidan etkisi, et ürünlerinde lipid oksidasyonunu önemli ölçüde geciktirmektedir. Bu nedenle et ürünü formülasyonlarında nitrit

alternatif katkıların kullanımının, ürünün oksidatif kalitesine etkisini değerlendirmek önemlidir.

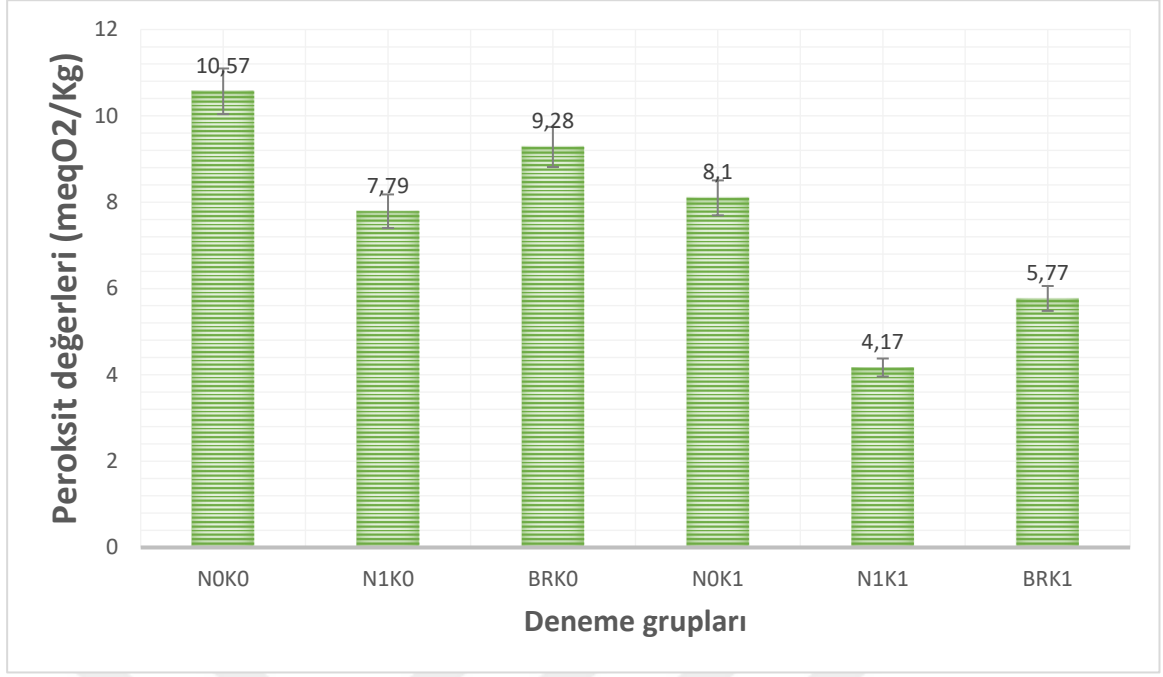
Sucuk hamur örneklerinin peroksit (meqO_2/kg) değerleri Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2 de verilmiştir. Sucuk hamurunda yapılan analizlerde örneklerin başlangıç peroksit değerleri $4,17 \text{ meqO}_2/\text{Kg}$ örnek ile $10,57 \text{ meqO}_2/\text{kg}$ örnek aralığında değiştiği görülmektedir. RE kaynağı ve KE ilavesinin peroksit değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Sentetik nitrit içeren N1K1 ve N1K0 gruplarının peroksit değerleri, nitrit içermeyen gruplardan daha düşük bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek peroksit değeri, nitrit ve KE ilave edilmeyen negatif kontrol grubunda gözlenmiştir. KE içeren, N0K1, N1K1 ve BRK1 gruplarının peroksit değerlerinin ise diğer gruplara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Coşkuner (2002), ısıl işlem uygulamasının etkisini araştırmak amacıyla yaptığı çalışmada ısıl işlem görmüş sucuk hamurunda peroksit değerinin $6,17 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ olduğunu geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda $9,82 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ olduğunu tespit etmiştir.

Çizelge 4. 4: Sucuk hamurlarının peroksit sayısı (meqO_2/kg) değerleri.

Analiz grupları	Peroksit (meqO_2/kg)
N0K0	$10,57 \pm 0,50^a$
N1K0	$7,79 \pm 0,79^c$
BRK0	$9,28 \pm 0,55^{ab}$
N0K1	$8,10 \pm 0,82^{bc}$
N1K1	$4,17 \pm 0,55^e$
BRK1	$5,77 \pm 1,06^d$

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 2: Sucuk hamurlarının peroksit sayısı (meqO₂/kg) değerleri.

Sucuk hamurlarının TBARS (mg MA/kg) değerleri Çizelge 4.5’de Şekil 4.3’de verilmiştir. TBARS değerlerinin 0,54 mg MA/ kg örnek ile 1,37 mg MA/ kg örnek arasında değiştiği görülmüş, en yüksek TBARS değeri N0K0 grubunda saptanmıştır ($p<0,05$). KE ekstraktı içeren grupların benzer TBARS değerine sahip olduğu, N0K0 ve N0K1 örneklerinde TBARS değerlerinin nitrit ve KE eklenen örneklerle kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir ($p<0,05$). RE ilave edilen grupların TBARS değerleri kontrol örneklerine oranla daha düşük bulunurken KE ilave edilen örneklerde TBARS değerlerinin daha da düşük olduğu saptanmıştır. Bu durum sucuk formülasyonuna KE ilavesinin sucuk hamurlarındaki TBARS değerleri üzerinde etkili olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). KK ekstraktının güçlü antioksidan aktivitesinin sucuk hamurlarının hem birincil hem ikincil lipid oksidasyon ürünlerinin daha az olmasına neden olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 5: Sucuk hamurlarının TBARS (mgMA/kg) değerleri.

Analiz grupları	TBARS (mg MA/kg)
N0K0	1,37±0,01 ^a
N1K0	0,56±0,02 ^d
BRK0	0,72±0,06 ^c
N0K1	1,29±0,06 ^b

N1K1	0,54±0,04 ^d
BRK1	0,54±0,04 ^d

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 3: Sucuk hamurlarının TBARS (mgMA/kg) değerleri.

4.3.6 Protein oksidasyonu analiz sonuçları

Etin depolanması ve işlenmesi sırasında lipitlerde olduğu gibi proteinlerde de önemli değişiklikler söz konusudur. Yapılan çalışmalar protein oksidasyonunun, lipid oksidasyonuna benzer olarak serbest radikal zincir reaksiyonları ile geliştiğini göstermektedir. Serbest radikallerin proteinlerdeki sülfür içeren amino asitlerin tiyol (-SH) gruplarının oksidasyonuna yol açtığı ve bu gelişmenin protein oksidasyonunun en erken gözlenebilen belirtisi olduğu bilinmektedir (Büyükgüzel, 2013). Sante-Lhoutellier (2007), yaptığı çalışmada 10 günlük olgunlaştırma işlemi sonucunda etteki myofibriler proteinlerin yaklaşık %25-35'lik kısmının okside olduğunu ve olgunlaştırılan etlerde karbonil oranları artarken sülfidril miktarlarında azalma olduğunu bildirmiştir.

Sucuk hamurlarında protein oksidasyonunun göstergelerinden olan toplam karbonil Çizelge 4.7'de Şekil 4.5'de ve sülfidril miktarları Çizelge 4.6'da, Şekil 4.4'de sunulmuştur. Sucuk hamurlarının sülfidril miktarları 47,39-49,17 nmol/mg arasında bulunmuştur. Hamur örneklerinin başlangıç sülfidril miktarları arasındaki farklılıklar önemli bulunmamıştır.

($p>0,05$). En yüksek sülfidril miktarı N0K0 örneklerinde bulunmuştur ($p>0,05$). BD roka ekstraktı ilave edilen BRK0 ve BRK1 gruplarının sülfidril miktarları ile nitrit ilave edilen N1K0 ve N1K1 gruplarının sülfidril miktarlarının benzer olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlara göre, nitrit alternatifi RE eklenmesinin protein oksidasyonun başlangıç aşamasında etkinliğinin olmadığını göstermektedir.

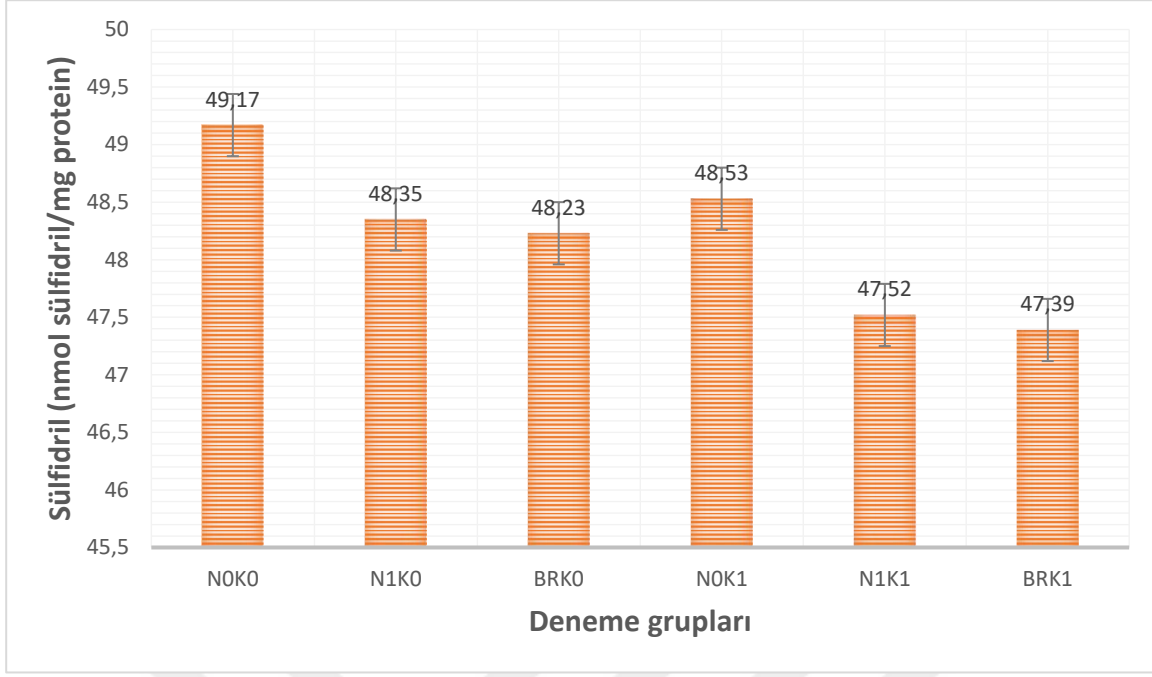
Bitki kaynaklı doğal antioksidan kullanımının et ve et ürünlerine olan etkinliğini görmek amacıyla yapılan bir çalışmada kuşburnu esansiyel yağının sosis formülasyonunda kullanımının protein oksidasyonunu engelleyici etkisi olduğu ve bu etkinin konsantrasyona bağlı olarak değişebileceği tespit edilmiştir (Estevez and Cava, 2006). Aynı şekilde bir başka çalışmada balık filetosunda kullanılan üzüm çekirdeği ve karanfil tomurcuğunun lipid ve protein oksidasyonu üzerine etkinliğini ortaya koymuştur (Shi et al., 2014).

Çizelge 4. 6: Sucuk hamurlarının sülfidril miktarları (nmol/mg).

Analiz grupları	Sülfidril (nmol/mg)
N0K0	49,17±0,57 ^a
N1K0	48,35±0,65 ^{ab}
BRK0	48,23±1,49 ^{ab}
N0K1	48,53±0,27 ^{ab}
N1K1	47,52±0,19 ^b
BRK1	47,39±0,31 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 4: Sucuk hamurlarının sülfidril miktarları

Protein karbonil türevleri, oksidatif protein miktarının belirlenmesinde kullanılan en yaygın belirteçlerden biridir (Zungur Bastioğlu et al., 2016). Sucuk formülasyonuna nitrit kaynağı olarak RE ve KE ilavesinin örneklerin karbonil miktarlarında anlamlı farklılıklara neden olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$). Hamur örneklerinde ölçülen karbonil miktarları 1,62-2,61 nmol/mg aralığında bulunmuştur. Grupların karbonil miktarları kendi arasında kıyaslandığında en yüksek karbonil miktarı BRK0 grubunda, en düşük miktar ise N1K1 grubunda tespit edilmiştir ($p < 0,05$). NOK0, BRK0 ve BRK1 gruplarındaki karbonil miktarları benzer sonuçlar göstermiştir. RE ilave edilen hamur örneklerindeki karbonil miktarları diğer gruplardan daha yüksek bulunmuştur ($p < 0,05$). KE ilave edilen gruplarda diğer gruplara kıyasla karbonil miktarı daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). Yüksek fenolik madde içeriğine sahip olan KE eklenmesinin protein oksidasyonu üzerine etkili olduğu gözlenmiştir.

Ganhao vd., (2010) antioksidan kullanımının emülsifiye burger köftesi üzerine etkisini gözlemlemek amacıyla kocayemiş, alıç, yaban gülü, böğürtlen ekstraktları kullanmış ve sonuç olarak köftelerin 2°C'de 12 gün depolama sırasında ekstraktların protein oksidasyonuna karşı antioksidan etki gösterdiğini bildirmiştir.

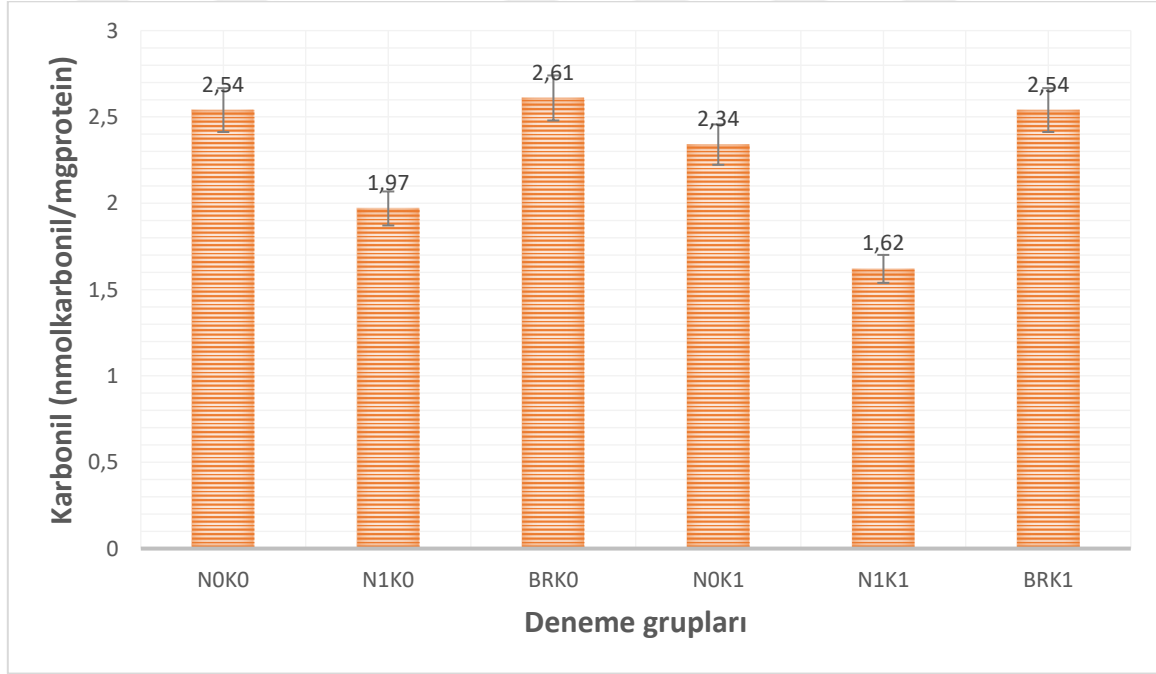
Fermente dana sucuklarına ait 4 farklı grupta hamur örneklerinin karbonil değerleri 0,88-2,18 nmol/mg protein olarak belirlenmişken fermente hindi sucuklarına ait hamur karbonil değerleri 1,02-1,57 nmol/mg protein olarak belirlenmiştir (Zungur Bastioğlu, 2019).

Çizelge 4. 7: Sucuk hamurlarının karbonil miktarları (nmol/mg protein).

Analiz grupları	Karbonil (nmol/mg protein)
N0K0	2,54±0,04 ^a
N1K0	1,97±0,07 ^c
BRK0	2,61±0,03 ^a
N0K1	2,34±0,15 ^b
N1K1	1,62±0,11 ^d
BRK1	2,54±0,02 ^a

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 5: Sucuk hamurlarının karbonil miktarları

4.3.7 Nitrit ve Nitrat Analiz Sonuçları

Nitrit ve nitratların et ve et ürünlerinde kullanımı ürün güvenliğinin ve kalitesinin korunması ve raf ömrünün uzatılması açısından önemlidir. Nitrat, aktif bir kürlenme ajanı olmaması nedeniyle nitrat kullanılan ürünlerde kürlenme reaksiyonlarının gerçekleşebilmesi için nitratın daha aktif formda olan nitrite indirgenmesi gerekmektedir (Majou and Christieans, 2018).

Sucuk hamur örneklerinin nitrat miktarları Çizelge 4.8’de Şekil 4.6’da, nitrit miktarları Çizelge 4.9’da Şekil 4.7’de sunulmuştur. Nitrit kaynağı olarak RE kullanılması sucuk hamurlarının nitrit ve nitrat miktarları üzerine etkili bulunmuştur ($p<0,05$). Sucuk hamurlarının nitrat miktarları nitrit eklenmeyen N0K0 ve N0K1 gruplarında sırasıyla 11,23 mg/kg, 9,85 mg/kg bulunmuştur. RE eklenen BRK0 ve BRK1 örneklerinin sırasıyla 30,28 mg/kg, 30,54 mg/kg nitrat içerdiği saptanmıştır. RE ilave edilen örnekler benzer sonuçlar gözlenirken, diğer örneklere kıyasla nitrat miktarlarının daha yüksek olduğu gözlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.11’de görüldüğü üzere sucuk hamurlarının nitrit miktarları 2,61 mg/kg ile 124,73 mg/kg arasında bulunmuştur. En yüksek nitrit miktarı sentetik nitrit ilave edilen N1K1 grubunda gözlenirken en düşük nitrit miktarı nitrit ilave edilmeyen N0K1 grubunda bulunmuştur. RE eklenen BRK0 ve BRK1 örneklerindeki nitrit miktarları benzer bulunmuştur. KE eklenmesinin örneklerin nitrit miktarı üzerine etkili olmadığı söylenebilir.

Analiz sonuçları doğal nitrit kaynağı olarak RE kullanımı ile sucuk hamurlarındaki nitrit miktarının sentetik nitrit eklenen örneklerle benzer miktarlarda olduğunu göstermektedir. Nitritin sucuk hamuruna ilave edilmesi ile parçalanmaya başladığı ve büyük kısmının 24 saat içinde indirgendiği daha sonraki günlerde ise kalıntı nitrit miktarlarını oluşturduğu belirtilmiştir. Gruplar arası nitrit miktarlarında gerçekleşen farklılıkların nedeni, nitritin dönüşümü ve nitritin et bileşenleri ile reaksiyona girmesinden kaynaklanmaktadır (Pérez-Alvarez vd, 1999). Ciğer ezmesine eklenen biberiye ekstraktının örneklerin sodyum nitrit miktarının ise 120 mg/kg’dan 80 mg/kg’a düşürdüğü saptanmıştır (Doolaege et al., 2012). Nitrit alternatifi olarak %0,2 ve 0,35 oranlarında kereviz tozu kullanılan jambonlarda sentetik nitrit eklenen kontrol örneğine göre kalıntı nitrit içeriğinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (Sindelar, 2007). Hayes (2013)’ün yaptığı çalışmada domuz etinden üretilen ürün formülasyonuna %1,5 oranında domates püresi tozu ilavesi ile nitrit miktarının 100 mg/kg’dan 50 mg/kg’a düşürülebileceği sonucuna varılmıştır.

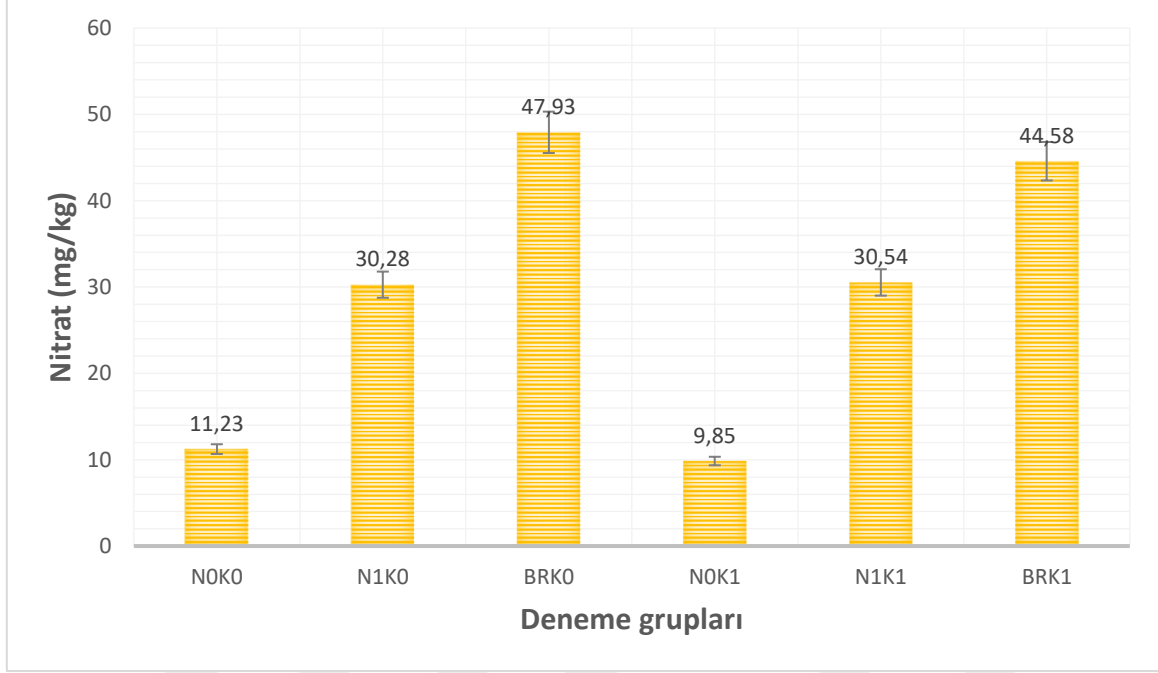
Çizelge 4.8: Sucuk hamurlarının nitrat miktarları (mg/kg).

Sucuk hamuru	Nitrat(mg/kg)
N0K0	11,23±0,37 ^d
N1K0	30,28±0,38 ^c
BRK0	47,93±2,51 ^a

N0K1	9,85±0,70 ^d
N1K1	30,54±3,76 ^c
BRK1	44,58±1,00 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



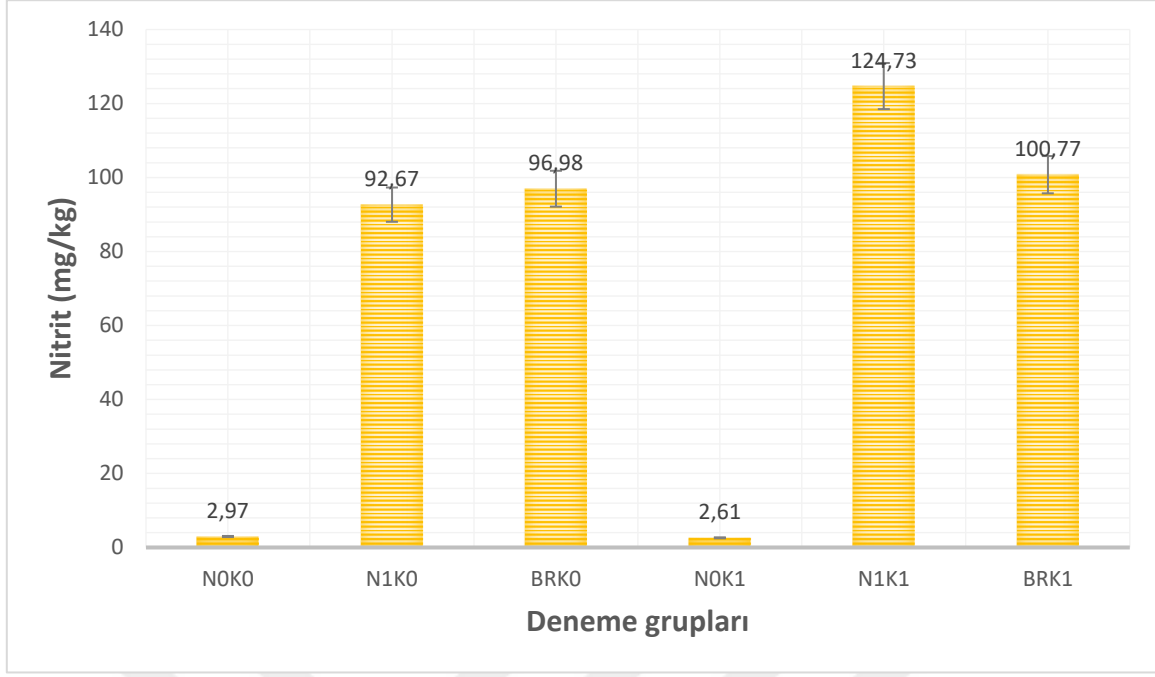
Şekil 4. 6: Sucuk hamurlarının nitrat miktarları

Çizelge 4. 9: Sucuk hamurlarının nitrit miktarları (mg/kg).

Analiz grupları	Nitrit (mg/kg)
N0K0	2,97±0,58 ^e
N1K0	92,67±2,03 ^d
BRK0	96,98±2,74 ^c
N0K1	2,61±0,43 ^e
N1K1	124,73±1,43 ^a
BRK1	100,77±0,95 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 7: Sucuk hamurlarının nitrit (mg/kg) miktarları

4.4 Üretim Süreci Analizleri

4.4.1 pH

Sucuk fermantasyonunda pH'nın düşmesiyle üründe kuruma hızlanmakta, lezzet, doku ve renk gibi özellikler de etkilenmektedir (Gökalp vd, 2002). Bischoff et al., (1982), nitritin kimyasal parçalanmasının pH 5,7'nin altında gerçekleştiğini ve bu parçalanmanın pH 5,5'de en yüksek olduğunu bildirmektedirler. Isıl işlem görmüş sucukların pH değerleri Çizelge 4.10'de ve Şekil 4.8'de sunulmaktadır. Tüm proses boyunca KE ilavesinin örnekler arasında anlamlı farklılıklara neden olduğu tespit edilmiştir ($p < 0,05$). KE içeren N0K1, N1K1, BRK1 örneklerinin fermantasyon aşamasındaki pH değerleri istatistiksel olarak benzer ($p > 0,05$) ve diğer örneklerden daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). Nitrit veya RE ilave edilen gruplarda BRK0 ve N1K0 ile BRK1 ve N1K1 grupları arasında anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Bu durumda doğal nitrit kaynağı olarak RE ilavesinin pH değerleri üzerine etkisi gözlenmezken KE ilavesinin pH değerlerinde düşmeye neden olduğu söylenebilir. Çalışmamızda sucuklarda pH değerlerinin daha düşük olma sebebi ilave edilen KK ekstraktının pH değerinin düşük olmasıdır.

Fermantasyon ve ısıtma işlem aşamaları pH değerlerini önemli ölçüde etkilemiştir ($p < 0,05$). Fermantasyon aşamasında pH 5.32-5.55 aralığında değişim göstermişken ısıtma aşamasında 5.12-5.51 aralığında değişmiştir. Örneklerin pH değerleri üzerine nitrit etkili

bulunmamıştır. Benzer olarak Kurt, (2006), ısıtma işlemi uygulanmış sucuklarda nitritin pH değerine etkisi olmadığını bildirmiştir.

Çoşkuner (2002), yaptığı çalışmada ısıtma işlemi uygulanan sucuklarda pH değerini 6,09 olarak belirlemiştir. Kim et al., (2019)'un, kürlenmiş et ürünleri üzerine fermente (nitratın nitrite indirgenmesi) ıspanak kullanarak nitrit azaltımı için yaptığı çalışmada kontrol %0.08 NaNO₂, %45 fermente ıspanak+%0.04 nitrit, %45 ıspanak suyu+%0.04 nitrit, %92 fermente ıspanak ve %92 ıspanak suyu ilave edilmiş örneklerin sırasıyla pH değerlerini 5.64, 5.67, 5.69, 5.66, 5.67 olarak ölçmüştür.

Sucuklardaki pH değerlerine üretim süreci boyunca gerçekleştirilen uygulamaların etkisi incelendiğinde pH değerlerinin düştüğü son üründe ise bir miktar yükseldiğini söyleyebiliriz. Sucuk örneklerine ait pH değerlerinde gözlenen azalmanın nedeni fermentasyon işlemi sırasında laktik asit bakterilerinin karbonhidratları kullanarak asidik bir ortam oluşturmalarıdır. Son üründe gözlenen artışın nedeni ise olgunlaşmanın sonlarına doğru sucuklarda enzimatik proteolize bağlı olarak pH değerlerinde gözlenen hafif yükselmeden kaynaklanmaktadır. pH değerlerinde gözlenen artışın bir diğer nedeninin ise ısıtma işlemi uygulaması sonucunda serbest asidik gruplarda meydana gelen kayıpların ve proteinlerin oluşturduğu çapraz bağların daha stabil hale gelmesi olduğu düşünülmektedir (Hamm, 1960). Yapılan çalışmalar sonucunda ısıtma işlemi ve kurutma uygulamalarının pH değerini arttırdığı tespit edilmiştir (Ercoşkun, 2006; Dalmış, 2007; Toptancı, 2007; Yürür, 2007; Çakır, 2013; Kaban ve Bayrak, 2015).

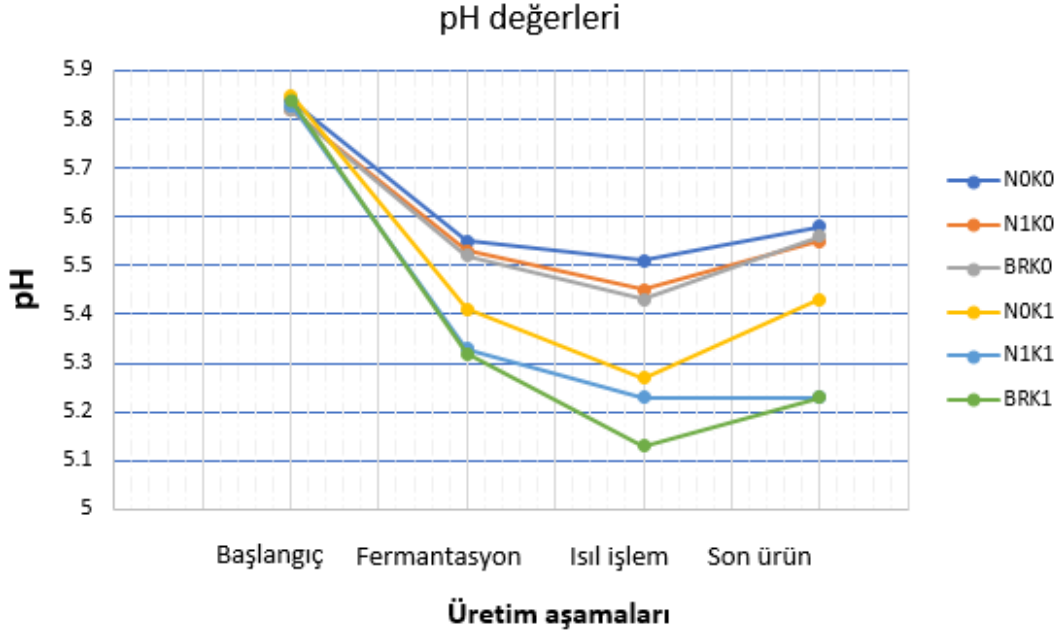
Çizelge 4. 10: Sucuk üretim süreci boyunca pH değişimi.

Örnek Gurupları	pH			
	Sucuk hamuru	Fermentasyon sonrası	Isıtma İşlem sonrası	Son ürün
N0K0	5,84±0,01 ^{a,A}	5,55±0,01 ^{a,B}	5,51±0,01 ^{a,C}	5,58±0,01 ^{a,B}
N1K0	5,82±0,01 ^{a,A}	5,53±0,02 ^{a,B}	5,45±0,02 ^{b,C}	5,55±0,01 ^{ab,B}
BRK0	5,82±0,02 ^{a,A}	5,53±0,03 ^{a,B}	5,43±0,02 ^{b,C}	5,54±0,02 ^{b,B}
N0K1	5,85±0,02 ^{a,A}	5,41±0,02 ^{b,B}	5,27±0,01 ^{c,C}	5,43±0,02 ^{c,B}
N1K1	5,83±0,01 ^{a,A}	5,33±0,02 ^{c,B}	5,23±0,02 ^{d,C}	5,23±0,02 ^{d,B}
BRK1	5,84±0,01 ^{a,A}	5,32±0,02 ^{c,B}	5,12±0,02 ^{e,C}	5,22±0,02 ^{e,D}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

^{A,C} Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 8: Sucuk üretim süreci boyunca pH değişimi

4.4.2 Ağırlık kaybı

Ağırlık kaybı, sucuklarda fermantasyon ve kuruma sırasında meydana gelen kaybın dolum sonrası ağırlığa oranı ile hesaplanmaktadır. Oluşan bu kayıpların genel nedeni fermantasyon ve kurutma sırasında üründen uzaklaşan su ve yağlardır. Ayrıca ağırlık kaybı değerlerini; fermantasyon ve kurutma işlemlerinde meydana gelen bağıl nem, hava akış hızı, ürün formülasyonu, kabin sıcaklığı ve kılıf materyali gibi birçok faktör de etkilemektedir (Tömek ve Serdaroğlu, 1990).

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin ağırlık kayıpları Çizelge 4.11’de ve Şekil 4.9’da sunulmuştur. Sucuk örneklerinde tespit edilen ağırlık kaybı fermantasyon, ısıl işlem ve son ürün olmak üzere aşama aşama ölçümlendirilmiştir. Fermantasyon ve son ürün aşamasında karamuk ve nitrit kaynağı ilavesi istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterirken ($p < 0,05$), ısıl işlem aşamasında gruplar arası farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Fermantasyon aşamasına ait ağırlık kayıplarına göre tüm gruplar genel olarak benzer sonuçlara sahipken, KK ekstrakt ilavesi yapılmayan N1K0 ve BRK0 gruplarında diğer gruplara kıyasla düşme görülmüştür ($p < 0,05$). Isıl işlem ile örnek gruplarının hepsinde ağırlık kaybı miktarları benzer bulunmuştur ve N0K1 grubunda diğer gruplara kıyasla sayısal olarak artış olmasına rağmen bu durum istatistiksel olarak anlamlı farklılıklara yol açmamıştır ($p > 0,05$). Formülasyona

ekstraktların ilavesinin ısı işlem ile üründe kayıplara neden olmadığı tespit edilmiştir. Son ürün ağırlık kaybı değerleri %29,06-%33,50 aralığında değişiklik göstermiştir. En yüksek ağırlık kaybına sahip örnek grubu yalnızca KK ekstraktı ilave edilen N0K1 grubudur. N0K0, N1K1 ve BRK1 grupları birbirleri arasında benzer sonuçlar gösterirken diğer gruplar ile kıyaslandığında daha düşük ağırlık kaybı değerlerine sahiptirler ($p<0,05$). Fermantasyon ve ısı işlem uygulamaları ağırlık kayıpları üzerine istatistiksel açıdan anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0,05$). Isıl işlem sırasında fermantasyon aşamasına oranla tüm örneklerin ağırlık kayıpları artış göstermiştir ($p<0,05$). Isıl işlem, su kayıpları ve nem miktarlarında düşme sağlayarak ağırlık kaybına sebebiyet vermiştir. Ağırlık kaybı miktarının kimyasal kompozisyonu oluşturan bileşenler ile bazı anlamlı değişiklikler gösterdiği tespit edilmiştir ($p<0,05$) Buna göre, yağ miktarları düşük olan grupların son üründe kaybettiği ağırlık miktarları daha düşüktür. Aynı şekilde N0K1 ve N1K1 gruplarının benzer nem değerlerine ve fermantasyon sırasında benzer ağırlık kayıplarına sahip oldukları görülmüştür.

Sonuç olarak ısı işlem görmüş sucuklarda proses boyunca incelenen ağırlık kaybının fermantasyondan ısı işlem aşamasına geçerken bir miktar artış gösterdiği ve daha sonra son ürün aşamasında da ağırlık kayıplarının artmaya devam ettiği gözlemlenmiştir. Bulgular Nacak, (2015) tarafından kaydedilen ısı işlem görmüş sucuklarda ağırlık kaybı bulgularıyla benzerlik göstermektedir. Yağ miktarlarındaki değişiklikler ile ağırlık kayıpları arasında gözlenen anlamlı farklılıklar (Şanes, 2006)'nın sucuk örneklerinin yağ miktarlarında oluşan azalma ile ağırlık kaybı değerleri arasında bulunduğu ilişki benzerlik göstermektedir.

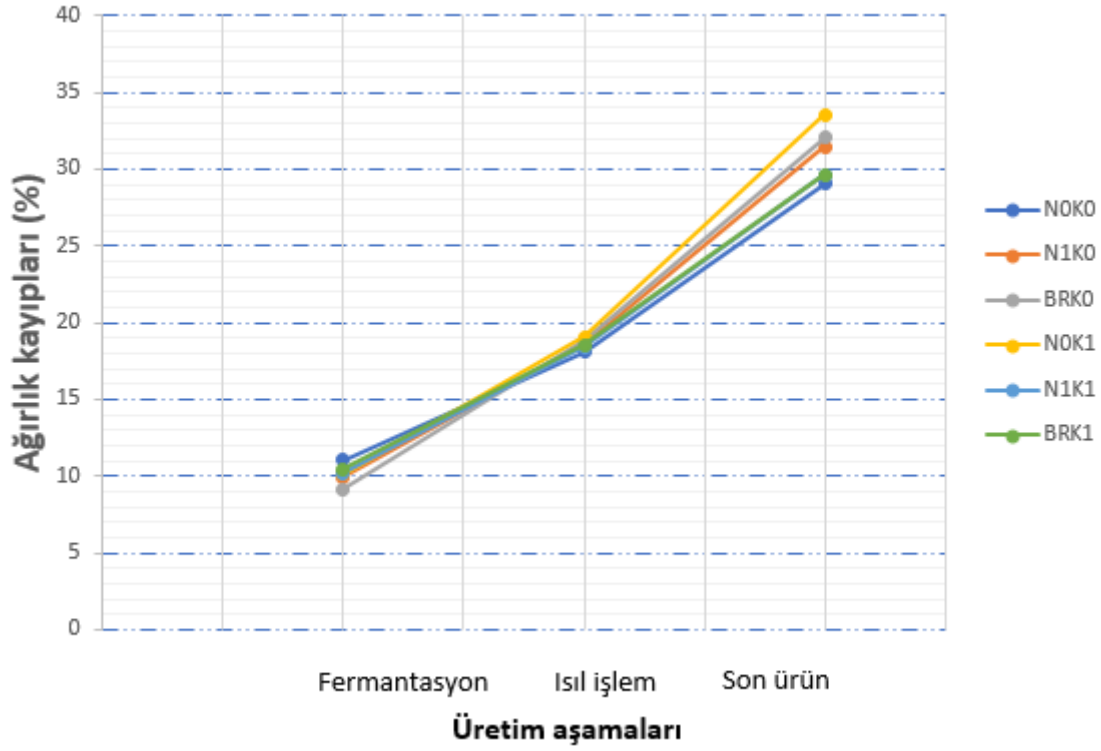
Çizelge 4. 11: Sucuk örneklerinin ağırlık kayıpları (%).

Örnek grupları	Ağırlık kaybı (%)		
	Fermantasyon	Isıl işlem	Son ürün
N0K0	11,05±0,67 ^{a,C}	18,09±0,87 ^{a,B}	29,06±1,28 ^{d,A}
N1K0	9,91±0,89 ^{ab,C}	18,56±0,81 ^{a,B}	31,42±0,95 ^{bc,A}
BRK0	9,17±0,34 ^{b,C}	18,80±0,46 ^{a,B}	32,05±0,20 ^{ab,A}
N0K1	10,09±1,26 ^{ab,C}	19,03±0,43 ^{a,B}	33,50±1,47 ^{a,A}
N1K1	10,16±0,78 ^{ab,C}	18,43±0,68 ^{a,B}	29,59±0,60 ^{cd,A}
BRK1	10,43±0,39 ^{ab,C}	18,54±0,22 ^{a,B}	29,65±1,03 ^{cd,A}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).

^{A,C} Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 9: Sucuk üretim prosesi boyunca takip edilen ağırlık kayıpları (%).

4.4.3 Su aktivitesi (aw)

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin aw değerleri Şekil 4.10'da ve Çizelge 4.12'de görülmektedir. Örneklerin başlangıç su aktivite değerlerinin 0.97-0.94 aralığında olduğu tespit edilmiştir. Ürüne RE ve KE eklenmesi aw değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Fermentasyon aşamasında her iki ekstraktın ilave edildiği tüm gruplarda ekstraktların ilave edilmediği gruplara oranla artış tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Son üründe ise bu durumun tersi olarak RE ve KE eklenen aw değerleri daha fazla düşmüştür. Bu durumda ekstrakt ilavesinin ürünün ayrılan su miktarlarında diğer gruplara kıyasla önce artışa daha sonra azalmaya neden olduğu söylenebilir. Üretim süresince genekl olarak izlendiğinde aw değerlerinin tüm örneklerde azaldığı görülmektedir.

Farklı iç sıcaklıklarda ısıtıl işlem uygulanan sucuklarda aw değerleri sucuk hamurunda 0,966-0,969 arasında iken fermentasyon aşamasında 0,955-0,960 değerlerine düşerek ısıtıl işlem aşamasından sonra ise 60°C'de ısıtıl işlem uygulanan sucuk örneklerinde aw değeri 0,921-0,927, 68°C'de ısıtıl işlem uygulanan sucuk örneklerinde ise 0,909-0,917 olarak tespit edilmiştir (Armutçu, 2018). Aynı çalışmada üretim aşamalarındaki azalma incelendiğinde aw değerindeki en önemli azalmanın ısıtıl işlem aşamasında olduğu görülmüştür. Yapılan bir

Çalışma fermentasyon sürelerinin farklı olmasının aw değeri arasında farklar oluşturduğunu ve bu değerlerin 0,874 ile 0,949 arasında değiştiğini belirtmiştir (akır, 2013).

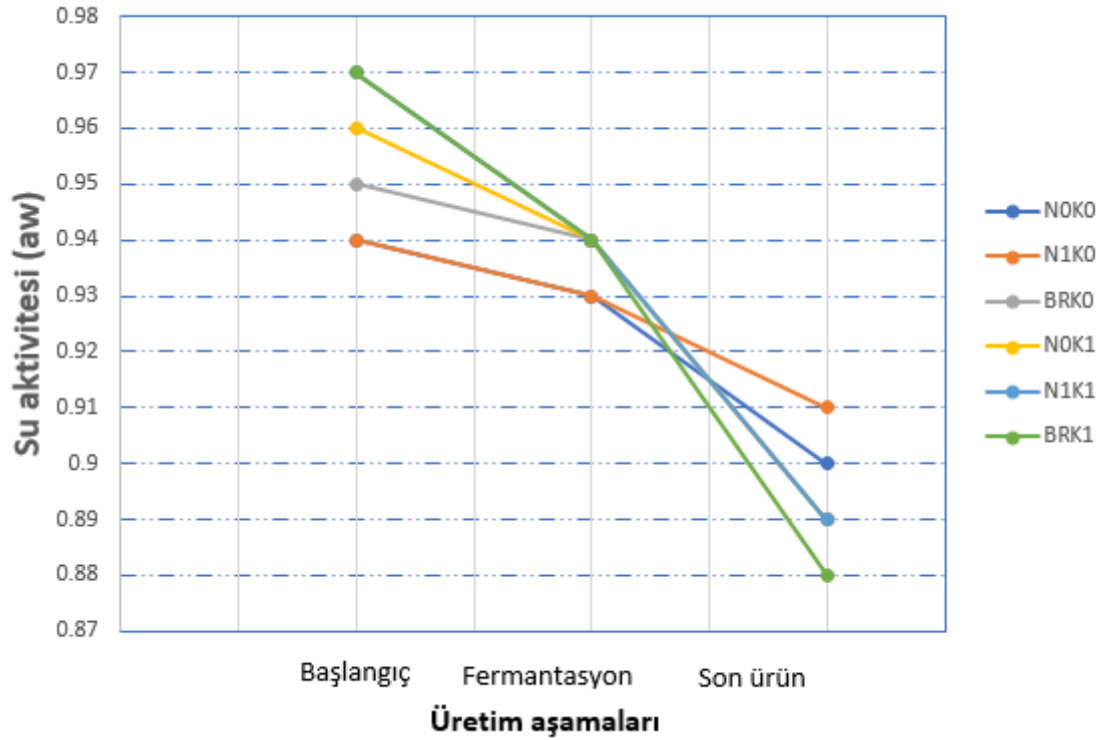
Çizelge 4. 12: Sucuk örneklerinin su aktivitesi (aw) değerleri

Örnek gurupları	Su aktivitesi (aw)		
	Başlangıç	Fermantasyon	Son ürün
N0K0	0,94±0,00 ^{cd,A}	0,93±0,00 ^{b,B}	0,90±0,01 ^{ab,C}
N1K0	0,94±0,00 ^{e,A}	0,93±0,00 ^{b,B}	0,91±0,01 ^{a,C}
BRK0	0,95±0,01 ^{cd,A}	0,94±0,01 ^{a,B}	0,89±0,01 ^{b,C}
N0K1	0,96±0,01 ^{bc,A}	0,94±0,01 ^{a,B}	0,89±0,01 ^{b,C}
N1K1	0,97±0,01 ^{ab,A}	0,94±0,00 ^{a,B}	0,89±0,01 ^{b,C}
BRK1	0,97±0,01 ^{a,A}	0,94±0,01 ^{a,B}	0,88±0,01 ^{bc,C}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

^{A,C} Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 10: Sucuk örneklerinin aw değerleri

4.4.4 Toplam asitlik

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin toplam asitlik değerleri Şekil 4.11’de ve Çizelge 4.13’de görülmektedir. Sucuk formülasyonuna ilave edilen nitrit kaynağı RE ve KE asitlik değerleri üzerine etkili önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Fermantasyon sürecinde örneklerin asitlik miktarları incelendiğinde karamuk ilave edilen N0K1,N1K1 ve BRK1 grupları kendi içlerinde benzer sonuçlar göstermiştir ($p>0,05$), bu örnekler KE eklenmeyen gruplar ile kıyaslandığında daha yüksek asitlik değerlerine sahip olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Kuruma sonrasında (son ürün) toplam asitlik değerleri 0,57-0,73 %laktik asit aralığındadır. En yüksek asitlik değerleri formülasyonunda RE içeren BRK0 ve BRK1 gruplarında tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sonuç olarak, biyodönüşüm işlemi ile hazırlanmış ekstrakt ilavesinin ürünlerin asitlik değerlerinde artışa neden olduğu düşünülmektedir. Aynı zamanda KE ekstraktı ilave edilen gruplardaki asitliğin artışı KE nin pH değerinin düşük olmasından kaynaklanmış olabilir. Fermantasyon ve ısıtım işlem uygulamaları asitlik üzerine anlamlı değişiklikler göstermiştir ($p<0,05$). Üretim prosesi boyunca takibi yapılan asitlik değerlerinin, başlangıçtan fermantasyon aşamasına kadar artış gösterirken fermantasyon aşamasından sonra düşme gösterdiğini saptanmıştır. Bu sonuca göre fermentasyon aşamasında örneklerdeki asitlik değerlerinin artmasına laktik asit bakterilerinin faaliyetleri neden olurken son ürün oluşumu sırasında gerçekleşen kurutma işleminin örneklerin asitliğini azaltıcı bir etkisi olduğu tespit edilmiş, bu azalma anlamlı bir fark yaratmıştır ($p<0,05$).

Sucukların karakteristik özellikleri olan tipik ağzı yakıcı asidik tat ve uçucuyu sergileyebilmesi için laktik asit cinsinden titre edilebilir asitlik değerinin %0.75-1.00 aralığında yer alması, %1.0’dan düşük olmaması gerektiği bildirilmiştir (Karakuş, 2011). Ensoy et al. (2010b) farklı oranlarda et/yağ ile üretilen Tokat Bez sucuğunda yaptıkları araştırmada sucukların toplam asitliği %1,8-2,5, aw değeri 0,90-0,93, olarak belirlenmiştir. Gök (2006) yaptığı çalışmada sucuk örneklerine ait toplam asitlik değerlerinin başlangıç aşamasında %0,148-0,165 arasında değişiklik gösterdiğini ve bir haftalık olgunlaştırma ile %0,735-0,758 değerlerine artış gösterdiğini saptamıştır.

Çizelge 4. 13: Sucuk örneklerinin toplam asitlik (%laktik asit) değerleri.

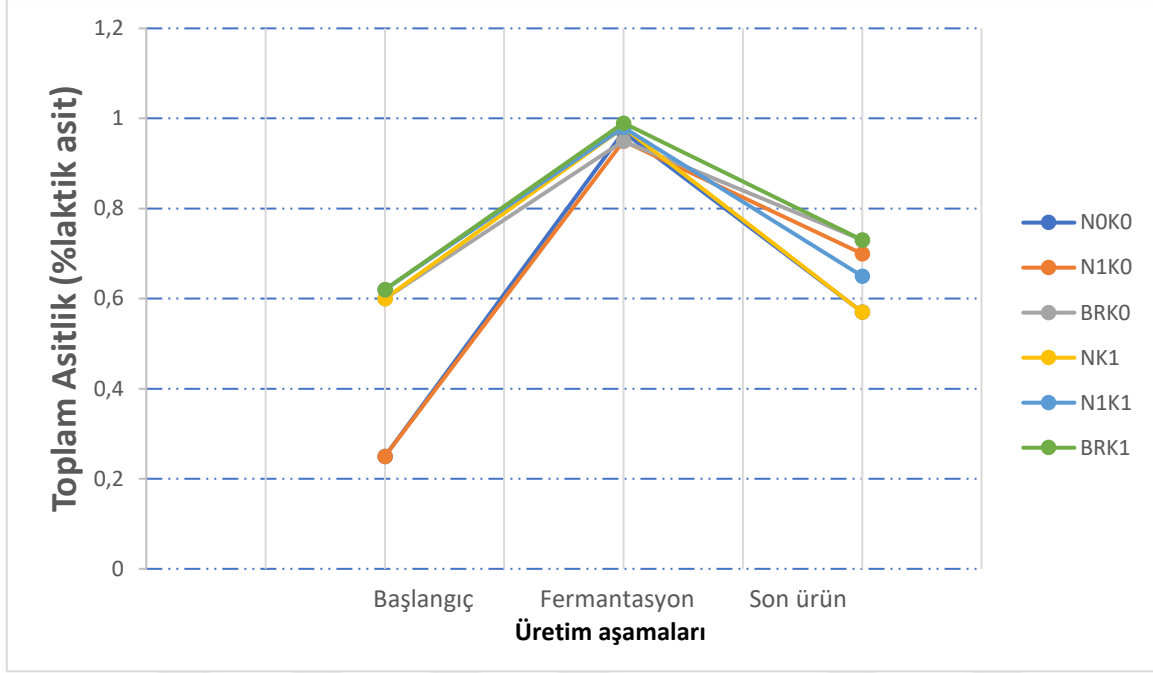
Sucuk örnekleri	Toplam asitlik (%laktik asit)		
	Sucuk hamuru	Fermantasyon sonrası	Son ürün
N0K0	0,25±0,00 ^{c,C}	0,97±0,08 ^{bc,A}	0,57±0,10 ^{d,B}
N1K0	0,25±0,01 ^{c,C}	0,95±0,02 ^{c,A}	0,70±0,06 ^{ab,B}
BRK0	0,60±0,01 ^{b,B}	0,95±0,00 ^{c,A}	0,73±0,00 ^{a,B}

N0K1	0,60±0,00 ^{b,B}	0,98±0,02 ^{ab,A}	0,57±0,01 ^{d,B}
N1K1	0,62±0,00 ^{a,B}	0,98±0,06 ^{ab,A}	0,65±0,06 ^{c,B}
BRK1	0,62±0,00 ^{a,B}	0,99±0,07 ^{a,A}	0,73±0,15 ^{a,B}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

^{A,C} Aynı satırda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 11: Sucuk üretim posesi boyunca takip edilen toplam asitlik (%laktik asit) değerleri.

4.4. Kuruma sonrası (son ürün) analiz sonuçları

4.4.1. Kimyasal kompozisyon analiz sonuçları

Isıl işlem görmüş sucuklara ait kimyasal kompozisyon değerleri Çizelge 4.14'de sunulmuştur. Sucuk örneklerinin nem, yağ, protein ve kül miktarlarının sırasıyla %47,43-50,41, yağ %19,37-24,45, protein 22,44-26,30, 3,65-4,17 arasında değerler aldığı görülmektedir. . Sucuk formülasyonuna ilave edilen RE ve KE'nin nem miktarına etkisinin önemli olduğu saptanmıştır (p<0,05). Örneklerin nem miktarları incelendiğinde en yüksek nem miktarlarının BRK1, BRK0, N1K1, grubuna ait olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). En düşük nem miktarları ise N1K0 ve N0K0 gruplarına aittir (p<0,05). Ekstrakt ilave edilen tüm gruplarda ilave edilmeyenlere göre daha yüksek nem değerleri bulunmuştur. Bu durum sıvı formda ekstrakt ilavesinin ürünün toplam nem miktarlarında bir miktar artışa neden olduğunu göstermektedir.

Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği'nde (2012) ısıt işlem görmüş sucuk için nem miktarlarının toplam et proteinine oranı 3.6'nın altında olması gerektiği bildirilmiştir. Çalışmadaki tüm örnek grupları için belirlenen nem içeriklerinin tebliğe uygunluk gösterdiği görülmektedir. Yürür (2007)'ün yaptığı bir çalışmada farklı oranlarda nitrit içeren ısıt işlem görmüş sucuk örneklerinde ortalama nem içeriği %48,56 olarak tespit edilmiştir. Coşkuner (2002) ısıt işlem uygulanmış sucuklarda nem miktarını %49,90 olarak tespit etmiştir.

Yağ miktarı sucuklarda lezzet, tekstür doku gibi parametreler üzerine oldukça önemlidir. Yağ miktarlarının yüksek olması kalp damar hastalıkları, bazı kanser türleri gibi birçok hastalık riskine sebebiyet verirken düşük yağ miktarlarına sahip sucuk üretiminin gerçekleştirilmesi lezzet ve aroma kayıplarına neden olmaktadır. Çalışmadaki sucuk örneklerinde ekstrakt ilave edilen gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p < 0,05$). En yüksek yağ miktarı BRK0 grubunda bulunurken ($p < 0,05$), N0K0, N1K1 ve BRK1 gruplarındaki yağ miktarları benzerdir ($p > 0,05$). Nem miktarlarının en yüksek olduğu BRK1 grubunun yağ miktarlarının en düşük değerlere sahip olduğu saptanmıştır ($p < 0,05$).

Sucuk üretim aşamalarının sonunda ürünün son ürün değerlerinin tebliğ ile uygunluğu ürünün tüketiminin güvenli hale gelmesi açısından oldukça önemlidir. Yağ miktarına ilişkin çalışma sonuçlarımızın literatürde bildirilen bulgular ile paralellik gösterdiği ve TGK Et Ürünleri Tebliği'nin ısıt işlem görmüş sucuklarda bulunması gereken yağ miktarları ile uyumlu olduğu saptanmıştır. Yürür (2007), yaptığı çalışmada ısıt işlem uygulanmış sucuklarda yağ miktarını %29,54 olarak tespit etmişlerdir. Isıt işlem uygulanmış sucuklarda yağ miktarını Coşkuner (2002) %22,53, Ercoşkun (2006) ise %26,58 olarak tespit etmiştir. Dalmış (2007) araştırmasının bir kısmında *P. pentosaceus* ve *S. xylosus* karışımını içeren starter kültür kullanarak ürettiği sucuklarda yaptığı çalışmada ısıt işlem uygulanmış sucuklara ait yağ miktarlarını ortalama %22.07 olarak bulmuştur.

Örnek grupları arasındaki protein miktarları istatistiksel açıdan değerlendirildiğinde önemli farklılıklara neden olmamıştır ($p > 0,05$). Sayısal olarak en düşük protein değeri nitrit ilave edilmeyen ekstrakt ilave edilen N0K1 grubunda görülürken, en yüksek protein değeri sentetik nitrit ve KK ekstraktının kombine kullanımında gözlenmiştir.

Toptancı (2007) yapmış olduğu bir çalışmada 70 °C’de ısıtma işlemi uygulanan sucuklarda protein miktarını %15 olarak saptamıştır.

Kül değerleri ürünün sahip olduğu inorganik madde miktarını ortaya koymaktadır. Ekstrakt ilave edilen grupların kül değerleri anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0,05$). Sentetik nitritin ilave edilmediği N0K0 ve N0K1 gruplarının kül miktarları birbiriyle benzer olup nitrit ilave edilen gruplara göre daha yüksek değerler göstermiştir. Nem miktarlarının azaldığı grupların kül miktarlarında bir miktar artış tespit edilmiştir ($p<0,05$).

Turhan vd. (2010) Bez sucukların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için yaptıkları çalışmada sucukların kuru madde oranları %53,63-82,05, protein oranları %13,17-30,66, yağ oranları %17,0-45,0, kül oranları %3,5-4,74 değer aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Yılmaz ve Velioğlu (2007) Tekirdağda üretilen bazı sucukların kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada örneklerin nem miktarlarının %35,58-47,97, yağ miktarlarının 21,77-42,38, protein miktarlarının %16,6-27,79 ve kül miktarlarının %2,56-4,51 arasında değiştiğini tespit etmiştir.

Kavuşan (2018)’in yaptığı çalışmada ısıtma işlemi görmüş sucuklara ait nem miktarlarının %47,30-52,68, yağ miktarlarının %24,97-17,49 kül miktarlarının, %2,50-2,97, protein miktarlarının %22,08-24,94 değer aralığında değişiklik gösterdiğini saptamıştır. Literatür çalışmaları incelendiğinde, nitrit alternatifi doğal katkı ilave edilerek hazırlanmış ısıtma işlemi görmüş sucuk örneklerindeki kimyasal kompozisyon değerleri ile çalışmamız benzer bulgular içermektedir (Soyer, 2012; Sucu ve Turp, 2018).

Çizelge 4.14: Sucuk örneklerinin kimyasal kompozisyonu.

Analiz grupları	Nem(%)	Yağ(%)	Protein(%)	Kül(%)
N0K0	47,71±0,92 ^c	19,09±0,55 ^{bc}	23,76±1,21 ^{bc}	4,11±0,15 ^{ab}
N1K0	47,43±0,54 ^c	21,95±0,47 ^b	25,30±0,69 ^{ab}	3,71±0,33 ^c
BRK0	49,53±0,36 ^{ab}	22,45±0,25 ^a	25,44±0,09 ^{ab}	3,66±0,14 ^c
N0K1	48,21±0,30 ^c	20,85±0,28 ^{bc}	24,67±0,99 ^b	4,17±0,09 ^a
N1K1	48,46±0,21 ^{bc}	19,37±0,68 ^c	25,61±0,46 ^a	3,84±0,09 ^{bc}
BRK1	50,41±1,06 ^a	19,44±0,04 ^{bc}	25,45±0,08 ^{ab}	3,65±0,07 ^c

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).

4.4.2. Renk parametreleri

Kürlenmiş et ürünlerinde renk oluşumu ve renk stabilitesinin sağlanmasında nitrit ve nitrat önemli rol almaktadır. Et ürünlerinde karakteristik kür rengi, miyoglobine (MbFeII) ve ilave edilen nitrit/nitratın oluşturduğu bileşikler arasındaki kimyasal reaksiyonlar ile oluşmaktadır (Öztürk Kerimoğlu et al., 2015). Kürlenmiş et ürünlerinde nitrikoksit (NO) miyoglobine bağlanarak kırmızı renkli nitrozomyoglobini oluşturur. Oluşan nitrozomyoglobin ısı işlem uygulamasıyla nitrozohemokromojene dönüşür, böylece ısı işlem görmüş sucukların kendine özgü rengi oluşur (Osborn et al., 2003; Ercoskun, 2006).

Isıl işlem görmüş sucukların sucukların iç yüzey renk parametreleri Çizelge 4.15’de, Şekil 4.12’ de ve dış yüzey renk parametreleri Çizelge 4.16’de Şekil 4.13’de sunulmuştur. Sucuk örneklerine ait iç yüzey renk parametreleri L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık), b^* (sarılık) değerleri sırasıyla 50-46,01, 10,40-13,48, 10,88-19,76 değer aralıklarında bulunmuştur. Formülasyon farklılıklarına bağlı olarak RE ve KK ekstraktının ilave edildiği örneklerin renk değerlerinde anlamlı değişimler olduğu bulgulanmıştır ($p<0,05$). Ürünlerin iç yüzeylerine ait parlaklık (L^*) değerleri en yüksek olan grup her iki ekstraktın beraber kullanıldığı BRK1 grubunda gözlemlenmiştir ($p<0,05$). Sucuk örneklerinin parlaklık değerleri incelendiğinde, sentetik nitrit ve karamuk ilave edilen N1K1 grubu dışında diğer tüm gruplarda istatistiksel olarak benzer sonuçlar görülmüştür ($p>0,05$). İç yüzey kırmızılık (a^*) değerleri karamuk ilave edilen ve edilmeyen gruplarda farklı sonuçlar vermiştir. KE eklenen N0K1, N1K1 grupları ile eklenmeyen N0K0, N1K0 gruplarının renk değerleri kıyaslandığında karamuk ilave edilen grupların kırmızılıklarında hafif artışlar gözlenmiştir ($p<0,05$). RE ilave edilen BRK0 ve BRK1 gruplarının kırmızılık değerleri kendi içinde kıyaslandığında benzer sonuçlar vermiştir ($p>0,05$). İç yüzey sarılık (b^*) değerleri incelendiğinde KE eklenen örnekler ile eklenmeyen örnekler benzerlik göstermiştir. KE içermeyen örneklerin sarılık değerleri diğer gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$).

Isıl işlem görmüş sucukların dış yüzey parlaklık değerleri (L^*) örnekler arasında anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0,05$). En yüksek L değerleri BRK0, BRK1 ve N1K1 örneklerinde bulunmuştur.

Sucuk formülasyonlarına doğal nitrit kaynağı olarak eklenen RE BRK0 ve BRK1 gruplarının dış yüzey kırmızılık değerlerinde önemli farklılıklara neden olmamıştır, bu örneklerin diğer örneklerle oranla daha yüksek b^* değerlerine sahip olduğu saptanmıştır.

Sonuç olarak tüm renk değerleri (iç ve dış) incelendiğinde KK ekstraktının kırmızı renkte olmasının son ürün renk değerlerini etkilemiş ve a^* değerlerinde yükselmelere neden olduğu söylenebilir. Doğal nitrit kaynağı RE ve KE ilavesinin nitritin sağladığı renk değerleri ile kıyaslandığında parlaklık değerlerinin benzer kırmızılık ve sarılık değerlerinin ise benzer ve daha yüksek sonuçlar gösterebildiği gözlenmiştir. Karamuk ilave edilen gruplardaki pH değerlerinde neden olduğu azalmanın renk değerlerini etkilediğini söyleyebiliriz. Ayrıca karamuk meyvesinin fazla C vitamini içermesinin askorbik asitin sağladığı renk bozulmalarını önlemiş olması da düşünülmektedir. Sucuğun olgunlaşma sırasında doku ve renk özelliklerini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmada fermentasyon sonunda L^* değeri 28,02, a^* değeri 7,00 ve b^* değeri 8,11 bulunmuştur (Bozkurt ve Bayram 2006).

Kızılcık ekstraktının sucuğun kalite değerleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada farklı oranlarda kıızılcık ekstraktı eklenen sucuklarda L^* değeri 30,98-32,33, a^* değeri 13,30-11,99 b^* değeri 15,81-16,83 değerleri belirlenmiştir (Ergezer et al., 2018). *Lactobacillus farciminis* suşu ilave edilmiş fermente ıspanak ekstraktının nitrit alternatifi olarak kullanımının incelendiği bir çalışmada kürlenmiş domuz etlerinin parlaklık ve kırmızılık değerlerinde artış gözlenmiştir (Kim et al., 2017). Choi et al. (2017) emülsifiye et ürünlerinde nitrit alternatifi olarak fermente kırmızı pancar ekstraktı (*Staphylococcus carnosus*) ve askorbik asitin birlikte kullanımının kırmızılık değerlerinde artışlara neden olduğunu tespit etmiştir.

Yapılan araştırmaların birçoğunda renk değerlerinde farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların kaynağının etin cinsi, kullanılan bağlayıcı miktarı ve kullanılan diğer katkı maddelerinin miktarlarındaki farklılıklar olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.15: Sucuk örneklerinin iç yüzeyi L*, a*, b* değerleri.

Analiz grupları	L*	a*	b*
N0K0	49.23±0.63 ^a	10.40±0.35 ^d	18.69±1.41 ^a
N1K0	49.65±1.19 ^a	10.74±0.86 ^{cd}	18.75±1.24 ^a
BRK0	48.37±1.15 ^a	11.34±0.83 ^{cd}	19.76±1.30 ^a
N0K1	48.69±1.21 ^a	13.48±0.78 ^b	12.36±0.59 ^b
N1K1	46.01±1.22 ^b	14.70±0.71 ^a	10.88±0.36 ^b
BRK1	50.00±0.08 ^a	11.70±0.19 ^c	12.23±0.75 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

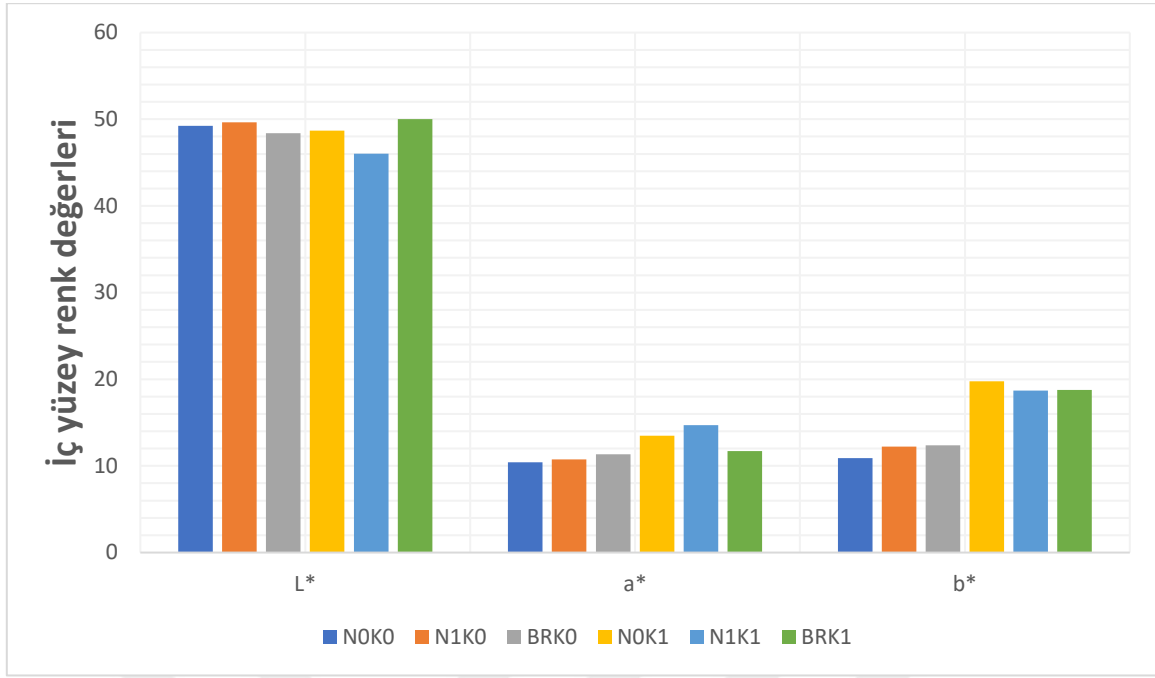
^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).

Çizelge 4.16: Sucuk örnekleri dış yüzey L*, a*, b* değerleri.

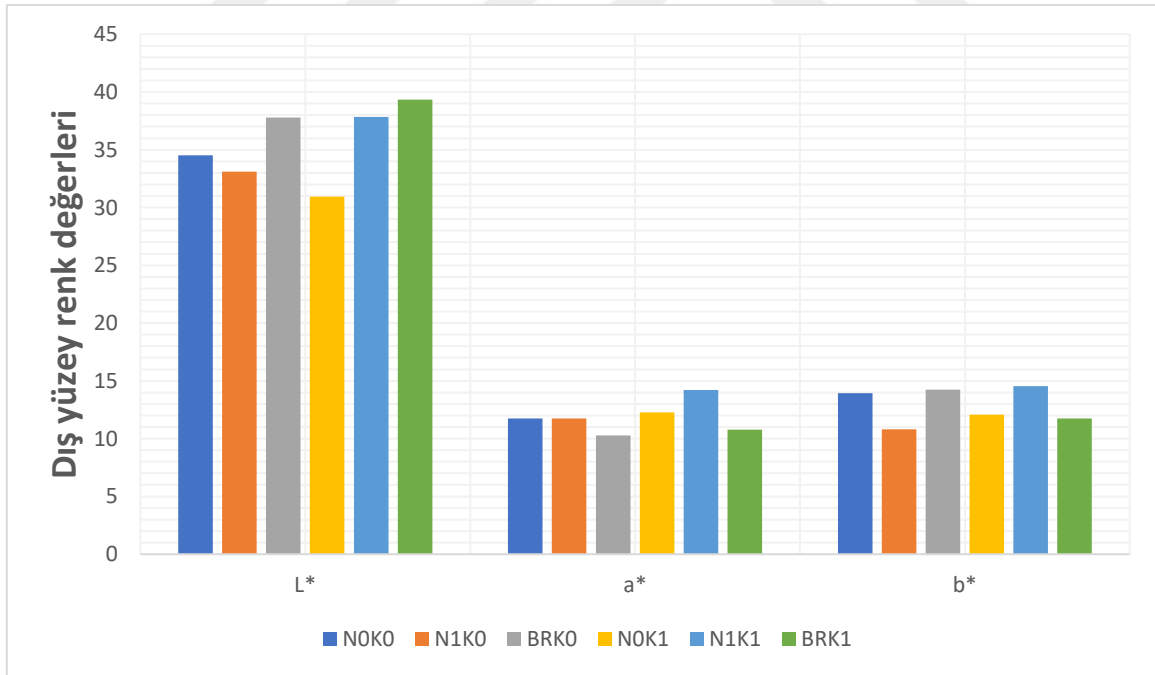
Analiz grupları	L*	a*	b*
N0K0	34.52±0.90 ^b	11.76±0.77 ^{bc}	13.95±1.11 ^{bc}
N1K0	33.10±0.63 ^b	11.74±0.54 ^{bc}	12.09±0.73 ^{cd}
BRK0	37.79±1.15 ^a	10.27±0.48 ^d	14.25±0.61 ^a
N0K1	30.96±0.84 ^c	12.28±1.13 ^b	10.81±0.47 ^d
N1K1	37.85±0.88 ^a	14.20±0.28 ^a	11.76±0.37 ^d
BRK1	39.33±0.75 ^a	10.77±0.32 ^{cd}	14.54±1.09 ^{ab}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 12.Sucuk örnekleri iç yüzeyi renk parametreleri



Şekil 4. 13: Sucuk örnekleri dış yüzeyi renk parametreleri

4.4.3 Peroksit değerleri

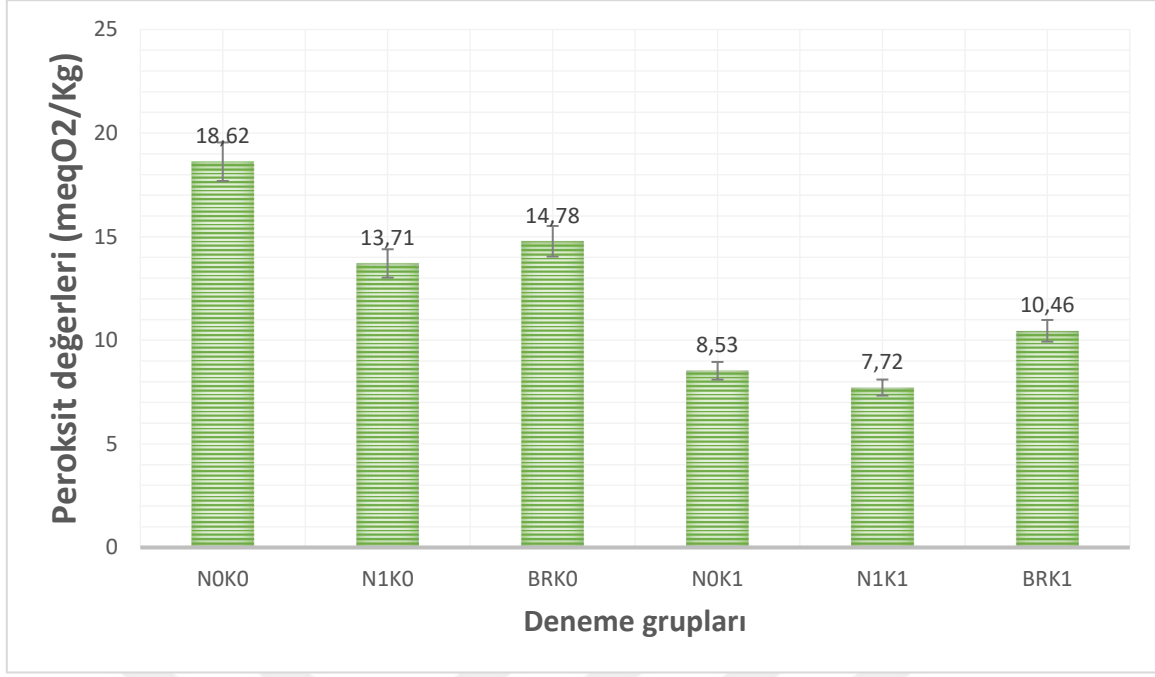
Isıl işlem görmüş sucuk formülasyonuna doğal katkı ilavesinin lipid oksidasyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Sucuk örneklerinin peroksit sayısı değerleri Çizelge 4.17 ve Şekil 4.14’de verilmiştir. Örneklerin peroksit değerleri 7.72-18.62 meqO₂/kg değer aralığında bulunmuştur. KK ekstraktı ve roka ekstraktı ilavesi sucukların peroksit değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek peroksit değerleri (18.62 meqO₂/Kg) N0K0 grubunda en düşük peroksit değerleri (7.72 meqO₂/Kg) N1K1 grubunda ölçülmüştür. Doğal nitrit kaynağı ilave edilen BRK0 ve sentetik nitrit ilave edilen N1K0 grubunun peroksit değerleri arasında anlamlı farklılıklar gözlenmemiştir ($p>0,05$). Analiz sonuçlarına göre peroksit değerleri incelenen sucuk örneklerinde KK ekstraktı ilavesinin karamuğun içerdiği fenolikler sayesinde gösterdiği antioksidan aktivite nedeniyle peroksit değerlerinde düşmelere neden olduğu saptanmıştır. Peroksit, duyuşal kabul edilebilirlik sınır değerine (20 meqO₂/Kg) göre tüm grupların sınır değerleri aşmadığı bulgulanmıştır (Fernandez et al., 1997; Karadağ, 2005). Yapılan bir çalışmada başlangıç peroksit değerleri 6 meqO₂/kg örnek olarak bulunan domuz sosislerinde çay fenolikleri kullanılarak 4 meqO₂/kg örnek değerinin altına düşürülebileceği belirtilmiştir (Fan et al., 2015). Domuz sosislerinde antioksidan kullanımının araştırıldığı bir çalışmada biberiye ekstraktı, kitosan ve α - 57 tokoferol tek başına veya karışım olarak kullanılmış ve kitosan+biberiye karışımının ürünlerde antioksidan olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. (Georgantelis et al., 2007b)

Çizelge 4.17: Sucuk örnekleri peroksit sayısı değerleri (meqO₂/Kg).

Analiz grupları	Peroksit (meqO ₂ /Kg)
N0K0	18.62±0.41 ^a
N1K0	13.71±2.17 ^b
BRK0	14.78±1.03 ^b
N0K1	8.53±1.23 ^{cd}
N1K1	7.72±0.44 ^d
BRK1	10.46±0.95 ^c

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 14: Sucuk örnekleri peroksit sayısı değerleri.

4.4.4 TBARS analiz sonuçları

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinde son ürün TBARS değerleri formülasyona eklenen doğal katkılar ile eklenmeyenler arasında farklılıklar göstermiştir. TBARS değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.18 ve Şekil 4.15’de verilmiştir. Karamuk ilavesi gruplar arasında istatistiksel olarak farklılıklara neden olmuştur ($p < 0,05$). En düşük TBARS miktarlarına sentetik nitrit içeren N1K0 (0.54 mg MA/kg) ve N1K1 (0.56 mg MA/kg) grupları sahiptir. KE içeren sucuk örneklerinde TBARS değerleri sentetik nitrit içeren gruplara kıyasla bir miktar artış gösterirken nitrit içermeyen negatif kontrol gruplarına göre azalma tespit edilmiştir. Bu durumda KK ekstraktının yüksek fenolik bileşimi oksidasyonu bir miktar yavaşlatıcı etki göstermiştir diyebiliriz. Fakat sentetik nitritin sağladığı oksidasyon değerlerini doğal nitrit ilave edilen gruplar ve/veya karamuk ilave edilen gruplar sağlayamamıştır.

Coşkuner (2002) yaptığı çalışmada geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda TBARS değerlerini 0,379 mg MA/kg ve ısıl işlem uygulanarak üretilen sucuklarda TBA değerini 0,409 mg MA/kg olarak tespit etmiştir.

Fermente edilen ve fermente edilmeyen ıspanak sularının sentetik nitrit yerine kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisinin incelendiği bir çalışmada fermente ıspanak suyu kullanımı ile TBARS değerlerinde azalma görülürken doğrudan ıspanak suyu kullanımı ile yağ oksidasyonunun önlenemediği belirtilmiştir (Kim et al., 2019).

Domuz eti köftelerine nitrit alternatifi olarak kullanılan fermente İsveç pazısı tozunun (*Staphylococcus carnosus*) depolama boyunca renk stabilitesi ve raf ömrü üzerine etkisi araştırıldığında TBARS değerlerinde azalmalara neden olduğu saptanmıştır (Shin et al., 2017).

Dana köftelerinde 90 ppm oranında Karamuk ekstraktının, 30 veya 60 ppm nitrit ile birlikte kullanılmasıyla ürünün raf ömrünün uzatıldığı bildirilmiştir (Khalegi vd., 2016).

Yapılan diğer bir çalışmada ise sosis formülasyonunda karamuk ekstraktı, kırmızı üzüm posası ve nitrit kullanımı araştırılmış ve üç katkı maddesi için renk, oksidasyon, kalıntı nitrit ve duyuşal açıdan optimum konsantrasyonların sırasıyla 600 ppm, %0.2 ve 76.27 ppm olduğu bildirilmiştir (Riazi vd. 2015).

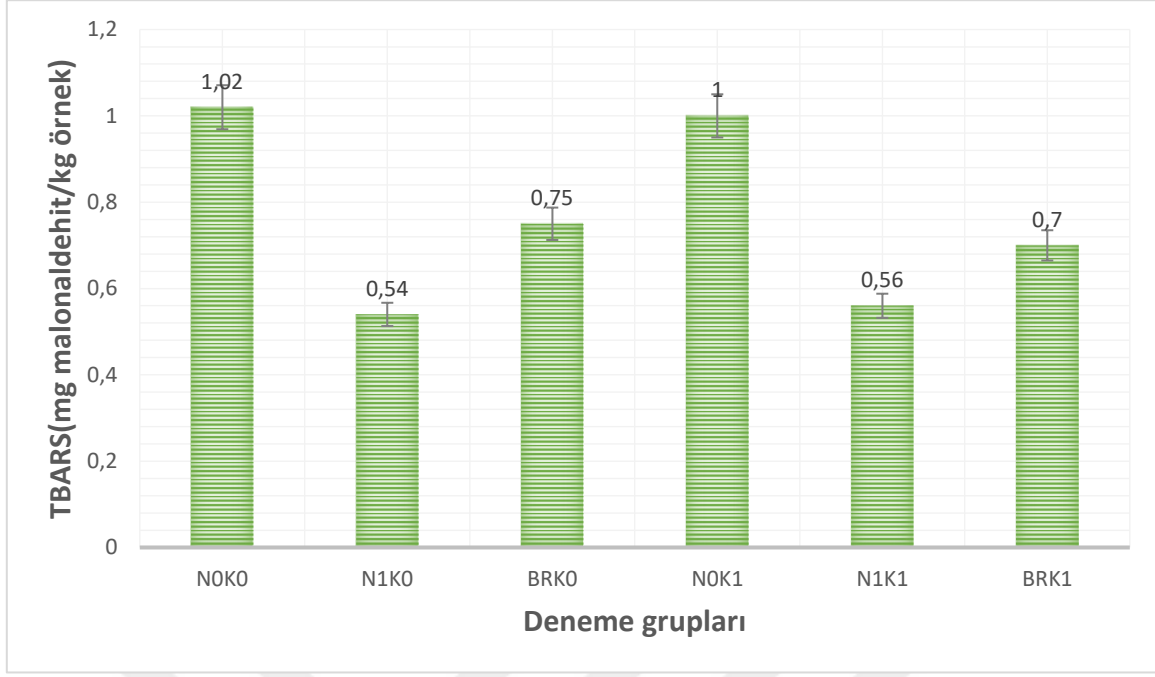
Jaberi, et al. (2020) %80 etanol ve %2 sitrik asit ile ekstraksiyonunu gerçekleştirdiği karamuğun tavuk sosisleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmasında ekstrakt kullanımı ile sosilerin TBARS değerlerinde azalma saptamıştır.

Çizelge 4.18: Sucuk örneklerinin TBARS miktarı (mg MA/kg).

Analiz grupları	TBARS (mg MA/kg)
N0K0	1.02±0.01 ^a
N1K0	0.54±0.10 ^c
BRK0	0.75±0.04 ^b
N0K1	1.00±0.03 ^a
N1K1	0.56±0.08 ^c
BRK1	0.70±0.09 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 15: Sucuk örneklerinin TBARS miktarı.

4.4.5 Sülfidril miktarı

Proteinlerin oksidasyonu ile sülfidril grupları (-SH) disülfidlere (S-S) ve diğer okside ürünlere dönüşmekte ve sülfidril miktarında azalmalar görülmektedir (Dean et al., 1997).

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait sülfidril değerleri Çizelge 4.19 ve Şekil 4.16’da verilmiştir. Ürün içerisindeki toplam sülfidril miktarları nmol -SH/mg protein olarak ifade edilmektedir. Son ürün sülfidril miktarları 36.69-42.48 nmol sülfidril/mg protein aralığında değişmektedir. Sucuk formülasyonlarına ilave edilen ekstraktların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Nitrit ve KK ekstraktı içermeyen NOK0 grubunda en düşük sülfidril değerleri (36.69 nmol sülfidril/mg protein) tespit edilmiştir. Pozitif kontrol grupları olan N1K0 ve N1K1 gruplarında ise en yüksek sülfidril değerleri (42.48 nmol sülfidril/mg protein) saptanmıştır ($p < 0,05$). BRK0, NOK1 ve BRK1 gruplarında ise istatistiksel olarak benzer değerler gözlenmiştir ($p > 0,05$). Bu durumda hem nitrit hem ekstrakt ilave edilmeyen grupta -SH miktarında diğer gruplara kıyasla daha fazla azalma gözlemlendiğinden daha fazla oksidasyona maruz kaldığı söylenebilir. Doğal ve sentetik nitrit içeren gruplarda ise protein oksidasyonunun daha az gerçekleştiği gözlenmiştir.

Farklı nitrit konsantrasyonlarının pişirilmiş sosislerde protein oksidasyonuna etkilerini inceleyen bir çalışmada nitritin protein oksidasyonu üzerine antioksidan ve prooksidan etki gösterdiği saptanmıştır. Antioksidan etki düşük karbonil miktarı ve yüksek miktarda serbest amin varlığı ile, prooksidan etki ise, azalan sülfidril ve artan disülfidit bağları ile ortaya konmuştur (Feng vd., 2016).

Dalmış (2007) sucukta üretim ve depolama sırasında meydana gelen değişiklikleri saptamak amacıyla yaptığı çalışmada geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda toplam sülfidril miktarı starter içermeyen grupta 71,95 nmol sülfidril/mg protein ve starter içeren grup için 66,76 nmol sülfidril/mg protein bulunmuştur. Isıl işlem uygulanan sucuklarda fermentasyon süresince ve ısıl işlem sonrasında sülfidril miktarı azalma göstermiştir.

Mercier et al. (2001), yaptığı çalışmada hindi beslenmesinde yüksek çoklu doymamış yağ asitlerince zengin olan soya yağının kullanılması ile hindi etinde –SH miktarlarının arttığını tespit etmiştir.

Lipit oksidasyon ürünleri olan hidroksiperoksitler ve malonaldehitler protein kalıntılarına bağlanarak proteinlerde oksidasyona neden olmaktadır (Uchida and Stadtman, 1994; Requena et al., 1997).

Baron et al. (2007) lipit oksidasyonuna uğrayan balık etinde ileri derecede protein oksidasyonunun da gözlemlendiğini saptamıştır.

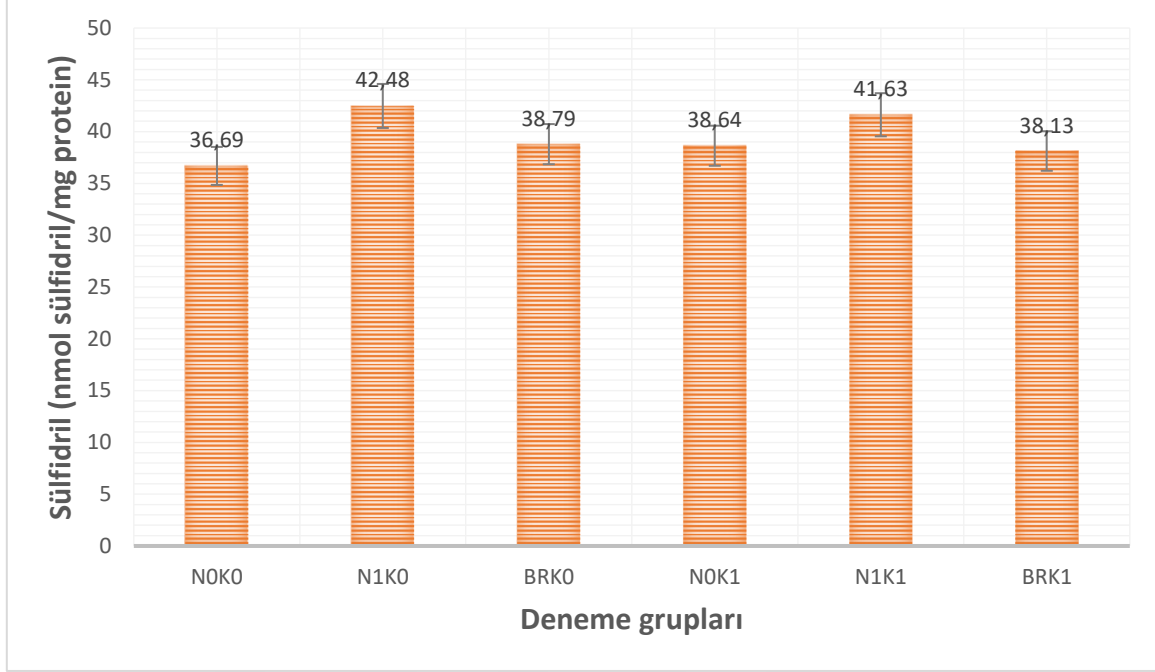
Literatür çalışmaları ile çalışmamız kıyaslandığında özellikle nitrit içermeyen gruplarda lipid oksidasyonu ile beraberinde protein oksidasyonu gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.19: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarı (nmol sülfidril/mg protein).

Sucuk örnekleri	Sülfidril (nmol sülfidril/mg protein)
N0K0	36.69±1.10 ^c
N1K0	42.48±1.05 ^a
BRK0	38.79±0.91 ^{abc}
N0K1	38.64±1.09 ^{abc}
N1K1	41.63±1.07 ^{ab}
BRK1	38.13±1.33 ^{bc}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 16: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarı.

4.4.6 Karbonil değerleri

Protein oksidasyonunun bir diğer parçası olan karbonil grupları, proteinlerin serbest oksijen radikallerine maruz kalması sonucu oluşmaktadırlar (Martinaud et al., 1997).

Isıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait karbonik değerleri Çizelge 4.20 ve Şekil 4.17’de verilmiştir. Ürün içerisindeki toplam karbonil miktarları (nmol karbonil/mg protein) olarak ifade edilmektedir. Nitrit kaynağı katkı kullanımı anlamlı farklılıklar göstermezken KK ekstrakt ilavesi karbonil değerleri üzerine anlamlı farklılıklar göstermiştir ($p<0,05$). Son ürün karbonil miktarları 3.21-5.18 nmol karbonil/mg protein aralığında değişmektedir. En düşük karbonil miktarına (3.21 nmolkarbonil/mgprotein) sahip olan grup sentetik nitrit ve karamüğün kombine kullanıldığı N1K1 grubunda gözlenmiştir ($p<0,05$). N1K1 ve BRK1 gruplarının karbonil değerleri birbirleri içerisinde benzerlik göstermişken ($p>0,05$), diğer gruplar ile kıyaslandığında azalma gösterdiği saptanmıştır ($p<0,05$). Karbonil miktarında görülen bu azalmada KE kullanımının etkisinin önemli olduğu söylenebilir.

Dalmış (2007), geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda starter içermeyen grupta 2,97 nmol/mg olan toplam karbonil miktarı üretim sonunda 6,12 nmol/mg starter içeren sucuklarda 2,89 nmol/mg olan toplam karbonil içeriğinin üretim sonunda 5,97 nmol/mg düzeyine ulaştığını belirtmiştir. Aynı çalışmada ısıtma işlemi görmüş sucuklarda Isıtma işlemi öncesi kontrol grubunda 4,88 nmol/mg olan toplam karbonil miktarının ısıtma işlemi uygulaması ile 5,95 nmol/mg değerine , starter grubunda ise 4,22 nmol/mg olan toplam karbonil miktarının 5,14 nmol/mg değerine arttığı tespit edilmiştir. Antioksidan etkinin araştırıldığı çalışmada adaçayı ve biberiye ekstraktı kullanılan domuz ciğerlerinde depolama süresince toplam karbonil miktarında artış gözlenmiştir (Estevez et al., 2006).

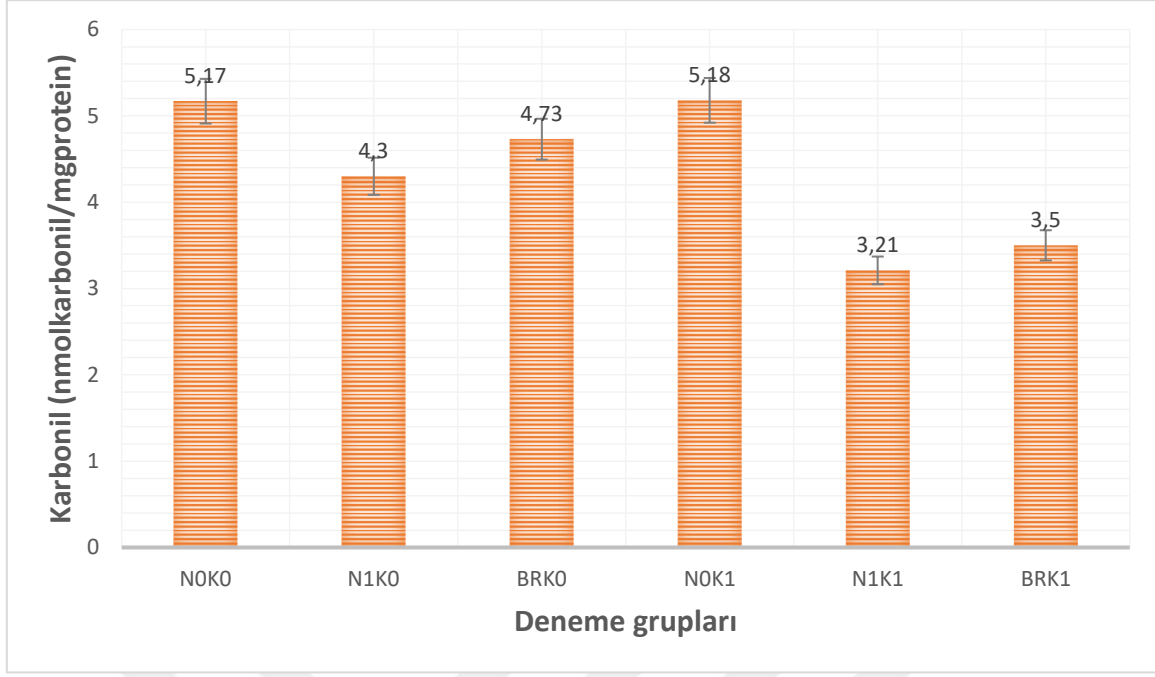
Fenolik madde (troloks, kuersetin, jenistein, gallik asit) içeren ürünlerin domuz etinde kullanımının lipid oksidasyonu ve protein oksidasyonu üzerine etkisi olduğu belirlenmiştir. Oksidasyonu engelleyici etkinin konsantrasyona bağlı olarak değiştiği tespit edilmiştir (Utrera ve Estevez, 2013). Çalışmamızda karbonil değerlerinde gözlenen azalmaya KK ekstraktının gallik asit cinsinden hesaplanan fenolik bileşenleri etkili olmuştur.

Çizelge 4. 20: Sucuk örneklerinin karbonil miktarı(nmol/mg protein).

Sucuk örnekleri	Karbonil (nmol/mg protein)
N0K0	5.17±0.22 ^a
N1K0	4.30±0.28 ^a
BRK0	4.73±0.24 ^a
N0K1	5.18±0.35 ^a
N1K1	3.21±0.69 ^b
BRK1	3.50±0.14 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 17: Sucuk örneklerinin sülfidril miktarları.

4.4.7 Nitrat analiz sonuçları

Et ve et ürünlerinde eklenen nitrat ve nitritin az olması üründe bazı olumsuz renk değişikliğine ve mikrobiyal bozulmalara sebep olurken, fazla olması da vücutta kalıntı nitrit ve nitrat birikimlerine neden olmaktadır. Bu nedenle et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanım miktarlarının ve kalıntı seviyelerinin kontrol edilmesi gerekmektedir (Candan ve Bağdatlı, 2018).

Sucuk örneklerinde saptanan nitrat miktarları Çizelge 4.21 ve Şekil 4.18’de sunulmuştur. Sucuk örneklerine nitrat kaynağı ilavesi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Isıl işlem uygulanmış sucuk örneklerinde tüm grupların nitrat miktarları 85.42-15.20 mg/kg aralığında değişiklik göstermiştir. Doğal nitrit kaynağı ilave edilen BRK0 ve BRK1 gruplarının nitrat içerikleri sırasıyla 50.11-80.31 mg/kg bulunmuştur. Sentetik nitrit ilave edilmeyen NOK0 ve NOK1 gruplarının nitrat içerikleri benzer sonuçlar vermiştir ($p > 0,05$). Aynı zamanda sucuk örneklerine doğal ve sentetik nitrit ilave edilen gruplar da kendi içlerinde kıyaslandığında benzer sonuçlar göstermiştir ($p > 0,05$). Karamuk ilavesinin nitrat miktarları üzerine anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). KE eklenen gruplar kendi içerisinde kıyaslandığında en yüksek nitrat miktarları sırasıyla N1K1, BRK1 ve NOK1 şeklindedir ($p < 0,05$). Karamuk ilave edilmeyen gruplar kendi içerisinde

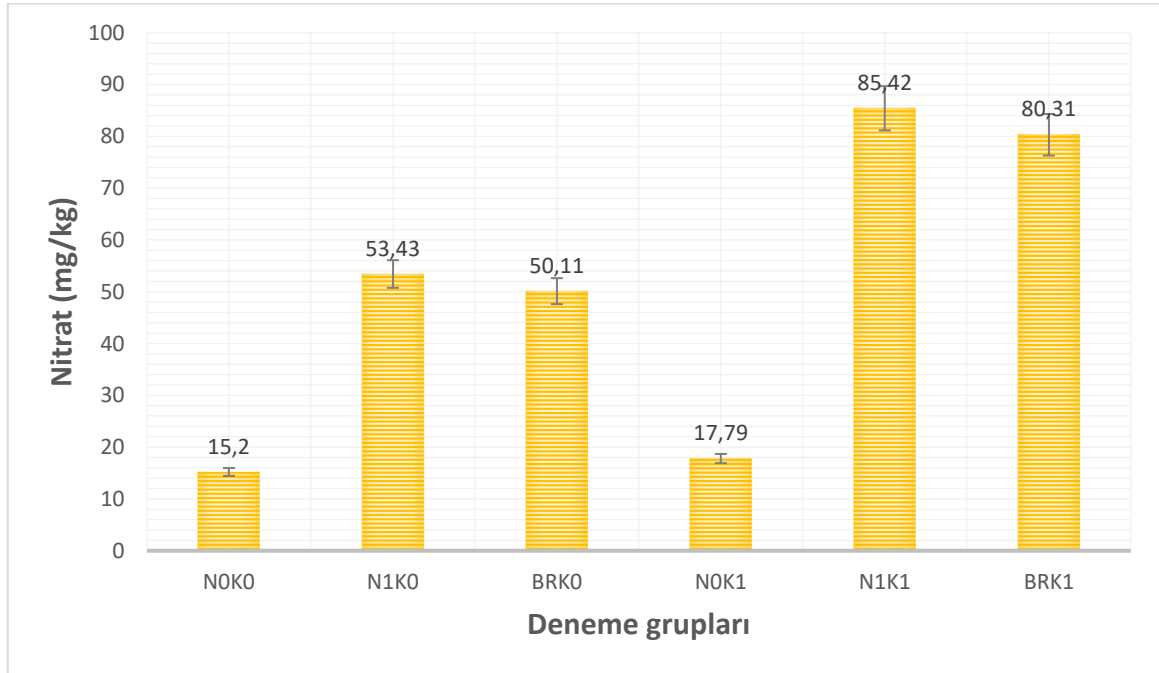
kıyaslandığında en yüksek nitrat miktarları sırasıyla N1K0, BRK0 ve N0K0 şeklindedir ($p<0,05$). KE ilave edilen gruplar ile edilmeyen grupların karşılaştırılması sonucunda karamüğün nitrat değerleri üzerinde bir miktar artış gösterdiğini söyleyebiliriz. Fermente kuru sosislerde turp tozu kullanımının kalıntı nitrat/nitrit miktarları araştırılmış ve çalışmada olgunlaştırma ve depolama sonunda kalıntı nitrat miktarını 0–38.0 mg nitrat/kg kalıntı nitrit miktarlarını 0–17 mg nitrit/kg olarak saptamıştır (Ozaki et al., 2021). Ozaki et al. (2020) %0.5 oranında turp tozu kullanımının pişirilmiş fermente sosisler üzerine etkinliğini araştırmış sonuç olarak olgunlaşma ve depolama sonunda kalıntı nitrat miktarını 13.4–77.5 mg nitrat/kg, kalıntı nitrit miktarını 3–11 mg nitrit/kg olarak tespit etmiştir.

Çizelge 4.21: Sucuk örneklerinin nitrat miktarı (mg/kg).

Analiz grupları	Nitrat(mg/kg)
N0K0	15.20±0.95 ^c
N1K0	53.43±1.37 ^b
BRK0	50.11±0.13 ^b
N0K1	17.79±0.95 ^c
N1K1	85.42±2.00 ^a
BRK1	80.31±0.73 ^a

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($P<0,05$).



Şekil 4. 18: Sucuk örneklerinin nitrat miktarı

4.4.8 Nitrit sonuçları

Sucuk örneklerine ait nitrit miktarları Çizelge 4.22 ve Şekil 4.29’da sunulmuştur.

BD roka ekstraktı ilavesinin nitrit miktarı üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Isıl işlem görmüş sucuk örneklerinin nitrit miktarları incelendiğinde en yüksek nitrit miktarının 22.59 mg/kg ile N1K1 grubuna ait, en düşük nitrit miktarının ise 8.45 mg/kg ile N0K0 grubuna ait olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Sentetik ve/veya doğal nitrit ilave edilen gruplardaki nitrit miktarları, nitrit ilave edilmeyen gruplara göre daha yüksek değerler göstermiştir ($p<0,05$). BD roka ekstraktı ilave edilen grubun nitrit miktarı N1K1 grubundan daha düşük sonuçlar göstermiştir ($p>0,05$). KE ilavesinin nitrit miktarı üzerine etkisi görülmemiştir ($p>0,05$). Nitrat içeren sebze tozu ve ekstraktlarının nitrit alternatifi olarak kullanımlarındaki en önemli koşul, üretim basamakları sırasında nitratın nitrite dönüşümünün sağlanabiliyor olmasıdır (Choi et al., 2017). Çalışmamızda doğal nitrit kaynağı kullanımı ile nitratın nitrite dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

Kuru kürlenmiş domuz etinde nitrit miktarlarının azaltılması amaçlanan bir çalışmada kürleme solüsyonuna sebze suyu + starter kültür ilave edilmiştir. Fermente (*Staphylococcus carnosus*) sebze suyu tozu ürünün kalite ve duyu özellikleri üzerine etkili bulunmuştur. Fermente sebze suyu ilave edilen grubun nitrit miktarlarında azalma görülmüştür (Krause et al., 2011). Kim et al. (2017)’nin *Lactobacillus farciminis* suşu ile nitratın nitrite dönüştürüldüğü sebzelerin nitrit alternatifi olarak kullanımını incelediği çalışmasında kürlenmiş et ürününe fermente ıspanak ekstraktının ilavesi ile üretim sonunda düşük kalıntı nitrit miktarları tespit edilmiştir. Kuru kürlenmiş domuz etinde nitrit alternatifi olarak formülasyona ilave edilen fermente kereviz suyunun örneklerin kalıntı nitrit miktarlarında artışa neden olduğu belirlenmiştir (Horsch et al., 2014). Toptancı, (2007) sucukların kalıntı nitrit miktarını ısıtma işlem öncesi 11,84 ppm olarak, 60°C, 65°C ve 70°C de ısıtma işlem uygulanan sucuklarda sırasıyla 6,5, 4,48 ve 3,49 ppm olarak ve geleneksel yöntemle üretilen sucuklarda 6,59 ppm olarak saptamıştır.

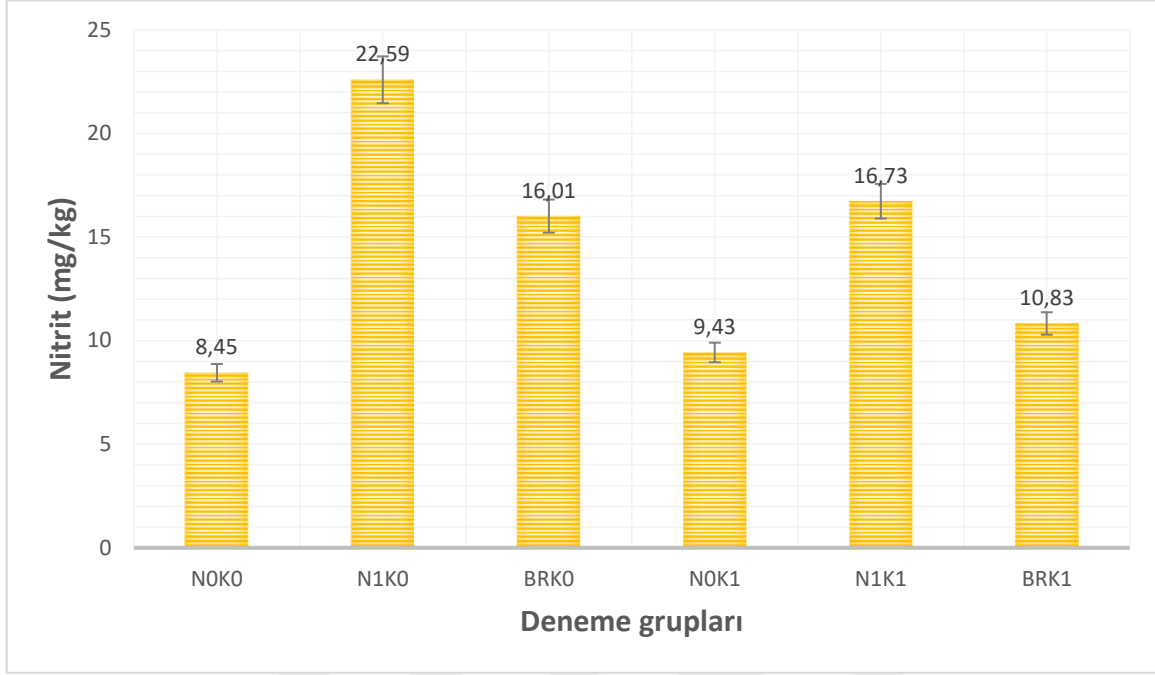
Çizelge 4.22: Sucuk örneklerinin nitrit miktarı (ppm).

Sucuk örnekleri	Nitrit (ppm)
N0K0	8.45±0.13 ^c
N1K0	22.59±1.08 ^a
BRK0	16.01±1.71 ^b
N0K1	9.43±0.16 ^c
N1K1	16.73±0.26 ^b

BRK1	10.83±1.32 ^c
------	-------------------------

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 19: Sucuk örneklerinin nitrit miktarı

4.4.9 Nitrozomyoglobin Ve Toplam pigment Analizi Sonuçları

Nitrozomyoglobin oluşumundaki temel bileşenler nitrit ve myoglobindir. İyi bir rengin eldesi için fazla nitrit kullanımı yerine hammaddede yeterli myoglobinin var olması önemlidir (Vural, 1992). Ürünlere katılan nitrit ve nitratlardan oluşan nitrik oksit (NO) myoglobin ile birleşerek nitrosomyoglobine dönüşür ve etlerin pembemsi-kırmızı rengini oluşturur (Gökalp, 1983).

Çizelge 4.23'de ve Şekil 4.20'de sunulan toplam pigment, nitrozomyoglobin ve dönüşüm oranları incelendiğinde değerler arasında anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir (p<0,05). Isıl işlem görmüş sucuk örneklerine ait en yüksek toplam pigment miktarı karamuk ve nitritin birlikte kullanıldığı N1K1 grubunda gözlenmiştir (p<0,05). En düşük toplam pigment miktarı BRK0 grubunda gözlemlenirken bu grubun pigment miktarının BRK1 ve NOK0 gruplarındaki pigment miktarlarına benzer sonuçlar gösterdiği bulgulanmıştır (p>0,05). Sentetik ve doğal nitrit ilave edilen sucuk örneklerinin nitrozomyoglobin miktarları 31.90-176.07 ppm değer aralığında değişiklik göstermiştir. Sentetik nitritin ilave edildiği

N1K0,N1K1 gruplarının nitrozomyoglobin miktarları diğer gruplara kıyasla daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Doğal nitritin ilave edildiği BRK0 ve BRK1 grupların birbirleri arasında benzerlik gösterirken nitrit ilavesi yapılmayan N0K0 ve N0K1 gruplarından daha yüksek miktarlarda nitrozomyoglobin içermiştir ($p<0,05$). KK ekstrakt ilavesinin nitrozomyoglobin miktarlarına etkinliğini görmek için gruplar arası farklılıkları incelendiğinde karamuk ilavesinin nitrozomyoglobini az miktarda arttırdığını söyleyebiliriz. Nitrozomyoglobin miktarları ile pH seviyeleri arasında bir bağlantı gözlenmiştir. Daha yüksek pH seviyelerine sahip grupların nitrozomyoglobin miktarlarının daha düşük olduğu tespit edilmiştir ($p<0,05$). Nitritten nitros asit oluşumu için pH'nın düşük olması, ortamda fazla hidrojen iyonları bulunması istenir. Bu aşamada optimum pH 5.2 -5.4 olmalıdır. Nitrozomyoglobin oluşumu için ise optimum pH 5.4-5.5 dolaylarındadır (Vural, 1992). Bu sonuç düşük pH nedeni ile nitritin, nitrit okside redüksiyonunun daha hızlı olduğunu ve oluşan nitrit oksidin miyoglobin ile birleşerek daha fazla oranda nitrosomyoglobin oluşturduğunu göstermektedir.

Nitrit kaynağı ilavesinin nitrozopigmente dönüşüm oranları üzerine etkisi bulunmuştur ($p<0,05$). Isıl işlem görmüş sucukların nitrozopigmente dönüşüm oranlarının azdan çoğa sıralaması; nitrit ilave edilmeyen gruplar, doğal nitrit ilave edilen gruplar ve sentetik nitrit ilave edilen gruplar olarak saptanmıştır ($p<0,05$).

Özcan ve Vural (1991), farklı nitrit miktarları ile üretilen sosislerde pH, nitrosomyoglobin dönüşümü ve kalıntı nitrit miktarlarını incelemiştir. pH'değerlerinin, nitrosomyoglobin dönüşümü ve kalıntı nitrit miktarlarına önemli etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Katılan nitrit miktarlarının nitrosomyoglobin dönüşüm oranına az miktarda etki gösterdiği belirlenmiştir. Kürlemeye yardımcı maddelerin ise, kalıntı nitrit miktarının düşmesini sağlarken nitrosomyoglobin dönüşüm oranını etkilemediği gözlenmiştir.

Toptancı, (2007) nitrozomyoglobin miktarlarını 60°C, 65°C ve 70°C de ısıtıl işlem uygulanan sucuklarda sırasıyla 153,70, 150,80 ve 146,84 ppm geleneksel yöntemle üretilen sucukta 167,33 ppm olarak belirlemiştir. Isıl işlem uygulaması myoglobin ve nitrozomyoglobinde denatürasyona sebebiyet vermektedir.

Yürür (2007), ısıt işlem uygulanarak üretilen sucuklarda farklı dozlarda nitrit içeren sucuklarda toplam pigment miktarının 188,35– 188,18 ppm arasında değiştiğini belirtmektedir.

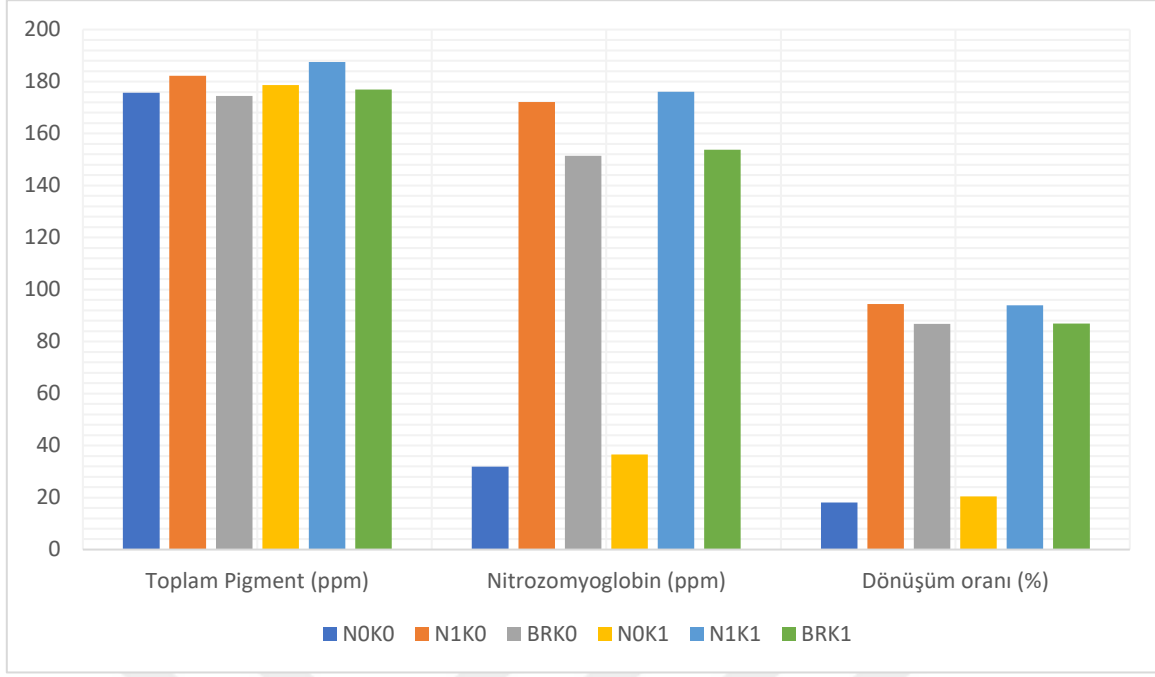
Erçoşkun (2006), ısıt işlem öncesi sucuklarda pigment dönüşüm oranlarını %36,17 – 82,72 arasında bulurken geleneksel sucukta %85,16 olarak belirlemiştir. Yürür (2007), ısıt işlem uygulayarak ürettiği farklı dozlarda nitrit içeren sucuklarda nitrozopigmente dönüşüm oranının %37,98– %84,26 arasında değiştiğini belirtmektedir. Çalışmada elde edilen nitrozopigment dönüşüm oranı sonuçlarının araştırmacıların bulgularıyla benzerlik gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4. 23: Sucuk örneklerinin toplam pigment (ppm), nitrozomyoglobin pigmenti (ppm) miktarı ve dönüşüm oranları (%).

Analiz grupları	Toplam Pigment (ppm)	Nitrozomyoglobin (ppm)	Dönüşüm oranı (%)
N0K0	175.69±1.55 ^c	31.90±1.29 ^e	18.15±1.16 ^d
N1K0	182.22±1.11 ^b	172.16±2.14 ^b	94.47±1.65 ^a
BRK0	174.47±2.28 ^c	151.42±1.37 ^c	86.79±0.67 ^b
N0K1	178.65±1.02 ^{bc}	36.59±1.39 ^d	20.47±1.08 ^c
N1K1	187.48±2.57 ^a	176.07±2.21 ^a	93.91±0.94 ^a
BRK1	176.98±2.57 ^c	153.79±0.90 ^c	86.90±0.69 ^b

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 20: Sucuk örneklerinin toplam pigment (ppm), nitrozomyoglobin pigmenti (ppm) miktarı ve dönüşüm oranları (%).

4.4.10 Mikrobiyolojik analiz sonuçları

Sucuğun istenen aroma, renk, lezzet ve kıvam gelişimi için "arzu edilen" bir mikrofloranın varlığı gereklidir. Sucuğun mikroflorasını oluşturan arzu edilen mikroorganizmalar kadar arzu edilmeyen mikroorganizmalar da zaman zaman sucukta gözlenmektedir. (Erdoğan ve Ergün, 2005). Nitrit-nitratlar, et ve et ürünlerinde kuvvetli antimikrobiyal etkiye sahip bileşiklerdir. Nitritin etkili olduğu mikroorganizmaların başında *Clostridium botulinum*, *Clostridium butyricum*, *Clostridium sporogenes*, *Clostridium perfringens* ve *Listeria monocytogenes* gelmektedir.

Sucuk hamur örneklerinde ve son ürün sucuk örneklerinde yapılan mikrobiyolojik analizlere göre, örnek gruplarının hiçbirinde *Listeria monocytogenes* ve *Salmonella spp.* patojenlerine rastlanmamıştır (Çizelge 4.24).

KK ekstraktının antioksidan özelliğinin yanı sıra berberin, berberamin ve palmatin gibi bileşiklere sahip olması nedeniyle antimikrobiyal özelliklere de sahip olduğu bilinmektedir (Kazemipoor et al., 2020).

Et ve et ürünlerinde *L. monocytogenes* ve *Salmonella* belirlenmesinde sıfır tolerans politikası geçerlidir (Yalçın ve Can, 2013). Bu yüzden *L. monocytogenes* ve *Salmonella* analizlerinde 25 gr'da var/yok testi uygulanmaktadır. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğine göre (2011) ısıtılmış sucukta *L. monocytogenes* ve *Salmonella* bulunmamalıdır.

Sonuç olarak üretim başlangıcı ve üretim sonunda sucuk formülasyonunda kullanılan doğal nitrit ve KK ekstrakt girdilerinin nitritlerin antimikrobiyal etkilerini yapılan mikrobiyolojik analizler çerçevesinde karşılayan bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Mikrobiyal yükün gelişiminde etkili olan bazı unsurlar şunlardır; üretimde kullanılan hammaddenin mikrobiyal yükü, üretim aşamaları boyunca oluşabilen kontaminasyon riski, ambalaj materyali seçimi ve sıcaklık uygulamaları (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

Horsch et al. (2014) kürlenmiş et ürünlerinde yaptığı çalışmada nitrit alternatifi fermente kereviz suyu kullanımının *Listeria monocytogenes* üzerine baskılayıcı etki gösterdiğini saptamıştır.

Çizelge 4. 24: Sucuk hamuru ve ısıtılmış sucukların mikrobiyolojik analiz sonuçları.

Mikrobiyolojik analizler	Sucuk hamuru	Isıtılmış sucuk
<i>Salmonella</i>	Negatif	Negatif
<i>Listeria Monocytogenes</i>	Negatif	Negatif

4.4.11 Duyusal analiz sonuçları

Sucuk duyusal açıdan değerlendirildiğinde, dış yüzeyi kırmızımsı-kahverengi bir renkte olmalı, dilim yüzeyinin orta kısmı ile kenarlar arasında renk farklılıkları görülmemeli, fazla yumuşak ve fazla sert olmamalı, dilimlendiğinde bıçağa yapışmamalı ve lifsi yapılar oluşmamalı, kesit yüzeyi mozaik görünümlü olmalıdır (Kaya ve Kaban, 2007).

Isıtılmış sucuk örneklerine ait duyusal değerlendirme sonuçları Çizelge 4.25'de ve Şekil 4.21'de sunulmaktadır. Duyusal değerlendirme parametreleri renk, kesit-yüzey görünümü, kıvam-doku ve genel kabul edilebilirlik üzerinden değerlendirilmiş olup

formülasyon farklılıklarının istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). En yüksek renk puanları nitrit ilave edilen N1K0 grubunda bulunmuşken en düşük renk puanları nitrit eklenmeyen KE ilaveli N0K1 grubunda bulunmuştur ($p<0,05$). RE ilave edilen BRK0 ve BRK1 gruplarının renk puanları benzer bulunmuştur ($p>0,05$). Kullanılan ekstraktların miktarlarının az olması nedeniyle duyuşal değerlendirmede renk parametrelerini etkilememiştir. Kesit-yüzey görünümü puanları 5.40 ile 7.13 arasında değişiklik göstermiştir. Tüm sucuk grupları arasında en yüksek kesit-yüzey görünümü puanı N1K0 grubunda tespit edilirken bunu N1K1 ve N0K0 grubu takip etmiştir ($p<0,05$). Kurutma ile katılaşan yağ partikülleri nitrit ilave edilen ve roka ekstraktı ve KE eklenmeyen deneme gurubunda istenilen mozaik yapının oluşmasına yardımcı olurken sıvı formda ekstraktların ilave edildiği sucuklarda mozaik yapının tam olarak oluşmadığı saptanmıştır. Kıvam-doku puanları incelendiğinde gruplar arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ($p<0,05$). Nitrit eklenen örneklerin kıvam-doku parametresi kendi içerisinde benzer puanlar almış ve bu örneklerin puanları diğer örneklerden daha yüksek bulunmuştur. Formülasyona ilave edilen ekstraktların sıvı formda olması dokunun yumuşak olmasına neden olmuş olabilir. KK ekstraktı ilave edilen gruplar edilmeyen gruplara oranla anlamlı farklılıklar göstermemiştir ($p>0,05$). Sonuç olarak genel kabul edilebilirliği en yüksek puanları alan örnek nitrit içeren N1K0 grubudur ($p<0,05$). En düşük genel kabul edilebilirlik değerlerini ise nitrit içermeyen N0K1 grubu göstermiştir ($p<0,05$).

Rokanın yüksek nitrat içeriğine sahip olması, ürün formülasyonuna daha az miktarda eklenebilme olanağı sağlayabilmiştir. Böylelikle daha az miktarda ekstrakt kullanımı ile yüksek miktarlarda kullanım gerektiren doğal nitrat kaynakları eklendiğinde ortaya çıkan renkte koyulaşma, duyuşal problemler önlenebilmiştir. Fermentasyon süresinin örneklerin duyuşal özelliklerine etkisi araştırılmış ve fermentasyonun uzatılmasının ürünlerin duyuşal özelliklerini olumlu etkilediği, kısa fermentasyon süresi sonrasında ısıl işleme alınan örneklerde karakteristik özelliklerin yeteri kadar oluşmadığı saptanmıştır (Eroşkun, 2006).

Kaban ve Kaya (2007) tarafından *Staphylococcus xylosus* ve *Lactobacillus plantarum* suşlarının sucuğun duyuşal özellikleri ve renk değerleri üzerine etkileri incelenmiş sonuç olarak starter kültürlü örnekler tekstür, dış yüzey rengi ve genel kabul edilebilirlik bakımında daha yüksek puanlar almışlardır. Shin et al. (2017) yaptığı çalışmada fermente İsveç pazısı tozunun (*S. carnosus*) domuz köftelerine ilavesi ile yüksek duyuşal kabul edilebilirlik gözlemlemiştir. Fermente (biyo-dönüştürölmüş) kereviz suyunun kuru kürlenmiş domuz etine

ilave edilmesiyle panelistler tarafından renk değerlerinde koyulaşma olduğu belirtilmiştir (Horsch et al., 2014).

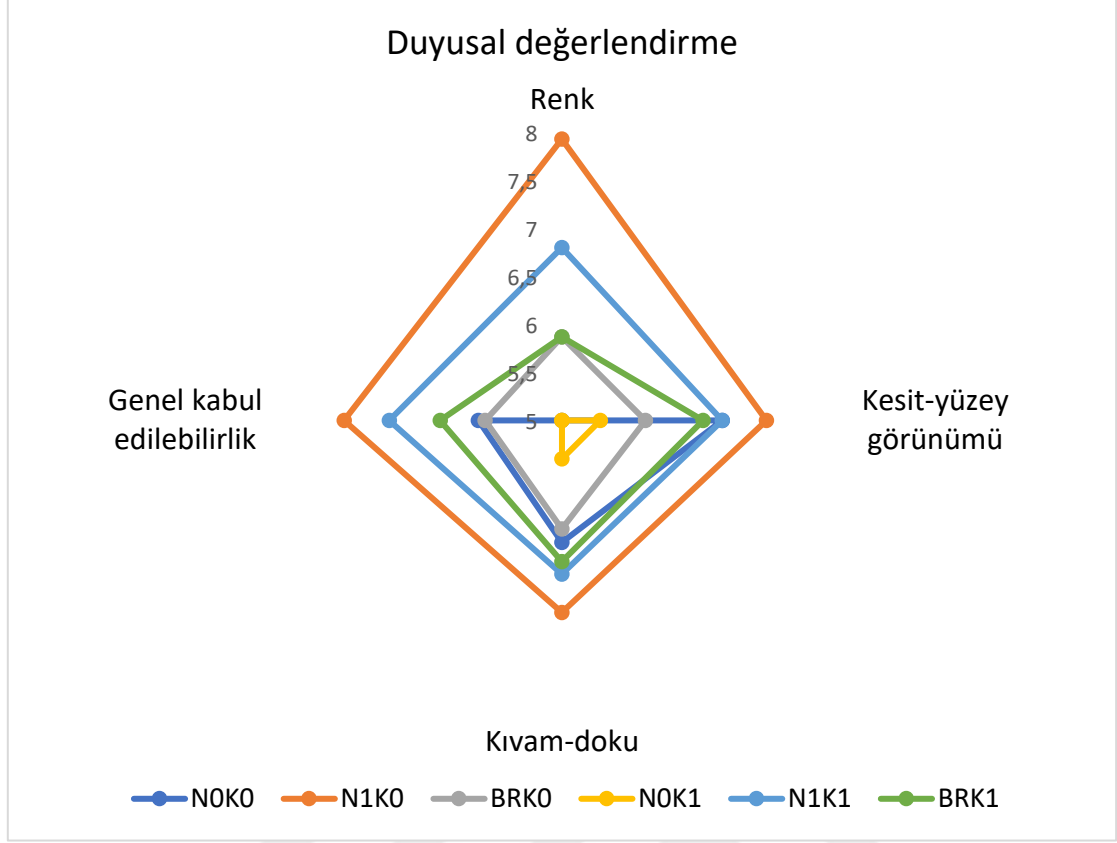
Kurt ve Zorba (2012) yaptığı çalışmada olgunlaştırma ve ısıtma işlem süresi ile nitrit miktarlarının sucuk duysal özelliklerine etkilerini değerlendirilmiş ve genel kabul edilebilirlik açısından sıralamıştır. Olgunlaştırma süresi, ısıtma işlem süresi ve nitrit seviyelerinin optimum değerlerini sırasıyla; 8 gün, 59.3°C ve 109,4 ppm olarak saptamıştır.

Çizelge 4. 25: Sucuk örneklerinin duysal değerlendirme sonuçları.

Analiz grupları	Renk	Kesit-yüzey görünümü	Kıvam-doku	Genel kabul edilebilirlik
N0K0	5.00±2.14 ^c	6.67±1.29 ^{ab}	6.27±1.10 ^{ab}	5.87±1.25 ^{bc}
N1K0	7.93±0.88 ^a	7.13±1.13 ^a	7.00±1.41 ^a	7.27±1.53 ^a
BRK0	5.87±1.51 ^{bc}	5.87±1.55 ^{bc}	6.13±1.36 ^{ab}	5.80±1.08 ^{bc}
N0K1	5.00±1.65 ^d	5.40±1.99 ^c	5.40±1.96 ^b	5.00±1.73 ^c
N1K1	6.80±1.21 ^c	6.67±1.35 ^{ab}	6.60±1.55 ^a	6.80±1.08 ^{ab}
BRK1	5.87±1.46 ^{bc}	6.47±1.25 ^{abc}	6.47±1.25 ^{ab}	6.27±1.44 ^{ab}

* 2 tekrarlı analizlerin sonuçları ortalama ± standart sapma şeklinde verilmiştir.

^{a,d} Aynı sütunda farklı harflerle işaretlenen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P<0,05).



Şekil 4. 21: Sucuk örneklerinin duysal değerlendirme sonuçları.

N0K0: Sentetik nitrit içermeyen deneme grubu, N1K0: Sentetik nitrit (150ppm) içeren deneme grubu, BRK0: BD roka ekstraktı içeren deneme grubu, N0K1: Sentetik nitrit içermeyen ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, N1K1: Sentetik nitrit ve KK ekstraktı içeren deneme grubu, BRK1: BD roka ve KK ekstraktı içeren deneme grubu.

5.TARTIŞMA

Nitrat ve nitritler et ürünlerine raf ömrü ve mikrobiyolojik güvenilirlik kazandıran, kürlenmiş et rengini oluşturan ve renk stabilitesini koruyan çok fonksiyonlu katkı maddeleridir. Nitrat ve nitrit içeren et ürünleri, ürün gelişimine sağladığı birçok olumlu özellik ile tüketicilerin beğenisini kazanırken diğer bir yandan nitrit tüketiminin insan sağlığı üzerine oluşturduğu tehlikeleri gösteren araştırmalarla nitrit içeren ürünlere karşı tüketicileri huzursuz etmektedir. Nitrit ve nitratların sağlık üzerinde risk faktörü oluşturan etkileri göz önünde bulundurularak ürüne ilavesinin belirli limitler dahilinde yapılması gerektiği ve mümkün olduğunca az miktarlarda ilave edilebilmesi için araştırmalar yapılmaktadır. Uzun yıllardır devam eden araştırmalara rağmen nitrit ve nitratın tüm işlevlerini yerine getiren bir alternatifi bulunamamıştır. Bu nedenle, günümüzde nitrit ve nitrat et endüstrisinde kullanımına devam edilen ve bu bileşiklerin etkilerini sağlayabilme potansiyeli olan alternatif katkı maddesi arayışları ile güncel araştırma konusu olarak literatürde yer almaya devam etmektedir. Et ve et ürünleri için güncel bir sorun oluşturan ve üründe kalite ve tüketici kabul edilebilirliğini sınırlayan bir diğer konu ise gelişen oksidasyon miktarlarıdır. Lipit ve protein oksidasyonları etin tazeliği, doğallığı, besleyici değerleri üzerinde olumsuz etkiler göstererek geri dönüşümü olmayan kimyasal değişimlere neden olmaktadır. Antioksidan özellik gösteren yüksek fenolik bileşiklere sahip bitkisel kaynaklarla bu durumun önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu tez çalışmasında et ürünlerinde görülen bu sorunlara karşı, BD roka ekstrakt kullanımının sucukta nitrit miktarlarında azalmaya etkisi ve KK ekstraktının sucukta oksidasyon gelişimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın gerçekleştirilmesi sonucunda elde edilen veriler aşağıda maddelenmiştir.

- KK ekstraktının toplam fenolik, DPPH, antosiyanin, flavonoid miktarları sonucunda antioksidan kapasitesinin yüksek olduğu bulunmuştur.
- BD Roka ekstraktı ve KK ekstraktı ilavesinin sucuk hamurundaki nem değerleri üzerine bir miktar artış göstermişken nitrit alternatifi doğal katkıların formülasyona eklenmesi sucuk hamuruna ait yağ protein ve kül miktarlarında anlamlı değişikliklere neden olmamıştır.
- Isıl işlem görmüş sucuklarda üretim prosesi boyunca KK ekstraktı ilavesi pH değeri üzerinde etkili olmuştur. KK ekstraktı ilave edilen sucukların pH değerlerinde düşme saptanmıştır.

- BD roka ve nitrit ilavesinin toplam asitlik değerlerinde bir miktar artışa neden olduğu görülmüştür. Proses boyunca değerlendirildiğinde fermantasyon aşamasının su aktivite değerlerini arttırdığı ısıtıl işlemin ise su aktivite değerleri üzerinde bir miktar düşme sebebiyet verdiği saptanmıştır.
- Ekstraktların ilavesi su aktivite değerlerinde artışa neden olmuştur. Proses boyunca değerlendirildiğinde ise sürekli bir düşme göstermiştir.
- Ağırlık kaybı değerlerine ekstrakt ilavesinin etkisi gözlenmemiştir. Fermantasyon ve ısıtıl işlem uygulamaları ürünün ağırlık kaybını arttırmıştır.
- KK ekstrakt ilaveli sucuklar antioksidan özellik göstererek ürünün lipid oksidasyon değerlerinde azalma göstermiştir.
- KK ekstraktının protein oksidasyon değerleri üzerinde sınırlı etkisi olduğu görülmüştür.
- Sucuğa ilave edilen BD roka ilavesi TBA oluşumunu azaltmıştır. Bununla birlikte TBA oluşumunu engellemede sentetik nitritin etkisi ilave edilen doğal nitritten daha fazladır.
- KK ekstraktı ilavesinin sucuğun a* kırmızılık değerlerini artırıcı etkisi olmuşken BD roka ilavesinin ise b* sarılık değerlerini arttırdığı saptanmıştır.
- Ekstraktların ilavesi, karbonil gruplarını azaltırken sülfidril grupları üzerine etki göstermemiştir.
- En yüksek nitrat değerleri BD roka ekstraktı ilave edilen gruplarda görülmüştür.
- BD roka ekstrakt ilavesinin son üründe nitrit değerlerini azalttığı saptanmıştır.
- En yüksek nitrozomyoglobin ve toplam pigment miktarlarının nitrit ve KK ekstraktının birlikte kullanımı ile sağlandığı tespit edilmiştir.
- Duyusal değerlendirme sonucuna göre en yüksek genel kabul edilebilirlik değerleri sentetik nitrit ilave edilen sucuk örneklerinde saptanmıştır.

6.SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan tez çalışmasında nitrit içermeyen sucuk formülasyonu oluşturmak amacıyla, rokanın nitrat içeriğinin nitrite indirgenerek ürüne doğrudan nitrit ilavesinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Formülasyonda nitrit, nitrat içerikli sebze ekstraktları ve antioksidan aktivitesi yüksek meyve ekstraktı ile ikame edildiğinde, oksidasyon değerleri üzerine etkili olabileceği düşünülmüştür. Biyo-dönüştürülmüş roka ekstraktı ve kırmızı karamuk ekstraktı ilave edilerek üretilen ısıl işlem görmüş sucukların nitritin önemli fonksiyonlarından olan karakterize renk oluşumu, antioksidan ve antimikrobiyal etkinin tam olarak sağlanamadığı görülmektedir fakat bu çalışmanın ileriki aşamalarında; nitritin formülasyondan tamamen çıkartılması yerine doğal ekstraktlarla kombine kullanımının araştırılması, biyo-dönüştürülmüş katkı ilavesinin ısıl işlem uygulanmayan fermente ürünler üzerine etkisinin araştırılması, ilave edilen doğal katkı maddelerinin farklı dozlarının nitrit ilave edilen ürünler üzerine etkinliğinin araştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Afacan, F.Ö.**, 2020, Antosiyaninlerin beslenmedeki önemi ve sağlık üzerine etkileri, *Karya journal of health science*, 1(1): 19–24 p.
- Ahn, H.J., Kim, J.H., Jo, C., Lee, C.H., Byun, M.W.**, 2002, Reduction of carcinogenic N-nitrosamines and residual nitrite in model system sausage by irradiation, *Journal of Food Science*, 67(4): 1370–1373 p.
- Ajuyah, A. O., Fenton, T. W., Hardin, R. T., Sim, J. S.**, 1993, Measuring lipid oxidation volatiles in meats, *Journal of Food Science*, 58(2), 270-273 p.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S., Jo, C.**, 2015a, Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date, *Trends in Food Science & Technology*, 45(1): 37–49 p.
- Alahakoon, A.U., Jayasena, D.D., Ramachandra, S., Jo, C.**, 2015b, Alternatives to nitrite in processed meat: Up to date, *Trends in Food Science & Technology*, 45(1): 37–49 p.
- Aliakbarlu, J., Ghiasi, S., Bazargani-Gilani, B.**, 2018, Effect of extraction conditions on antioxidant activity of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruit extracts, In Veterinary Research Forum, Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- Al-Shuibi, A.M., Al-Abdullah, B.M.**, 2002, Substitution of nitrite by sorbate and the effect on properties of mortadella, *Meat Science*, 62(4): 473–478 p.
- Alvarez, B. V., Perez, N. G., Ennis, I. L.**, 1999, Camilion de Hurtado MC, Cingolani HE. Mechanisms underlying the increase in force and Ca²⁺ transient that follow stretch of cardiac muscle: a possible explanation of the Anrep effect, *Circ Res*, 85, 716-722 p.
- Ananou, S., Baños, A., Maqueda, M., Martínez-Bueno, M., Gálvez, A., Valdivia, E.**, 2010, Effect of combined physico-chemical treatments based on enterocin AS-48 on the control of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in a model cooked ham, *Food Control*, 21(4): 478–486 p.
- AOAC official methods of analysis (18th ed.)**, 2012, AOAC international, Gaithersburg, USA.
- Armutcu, Ü.**, 2018, Isıl işlem görmüş sucuk üretiminde farklı iç sıcaklık uygulamalarının ürün özelliklerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ávila, M., Gómez-Torres, N., Hernández, M., Garde, S.**, 2014, Inhibitory activity of reuterin, nisin, lysozyme and nitrite against vegetative cells and spores of dairy-related *Clostridium* species, *International Journal of Food Microbiology*, 172: 70–75 p.
- Azeem, F., Bilal, A., Rana, M.A., Muhammad, A.A., Habibullah, N., Sabir, H., Sumaira, R., Hamid, M., Usama, A., Muhammad, A.**, 2019, Drought affects aquaporins gene

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- expression in important pulse legume chickpea (*Cicer arietinum* L.), *Pakistan Journal of Botany*, 51(1): 81–88 p.
- Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Ghasemi, A., Kabir, A., Azizi, F., Hadaegh, F.,** 2015, Is dietary nitrate/nitrite exposure a risk factor for development of thyroid abnormality? A systematic review and meta-analysis, *Nitric Oxide - Biology and Chemistry*, 47(24): 65–76 p.
- Baron, C. P., KjÆrsgård, I. V., Jessen, F., Jacobsen, C.,** 2007, Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(20), 8118-8125 p.
- Behravan, M., Panahi, A. H., Naghizadeh, A., Ziaee, M., Mahdavi, R., Mirzapour, A.,** 2019, Facile green synthesis of silver nanoparticles using *Berberis vulgaris* leaf and root aqueous extract and its antibacterial activity, *International journal of biological macromolecules*, 124, 148-154 p.
- Bergamaschi, M., Pizza, A.,** 2011, Effect of Pork Meat pH on Iron Release from Heme Molecule during Cooking, *Journal of Life Sciences*, 376-380 p.
- Binkerd, E.F., Kolari, O.E.,** 1975, The history and use of nitrate and nitrite in the curing of meat, *Food and Cosmetics Toxicology*, 13(6): 655–661 p.
- Bischoff, G., Bamberger, K. and Bippes, K.,** 1982. *Fleischverarbeitung*. Schroedel Schulbuchverlag, Hannover, 320 p.
- Blekkenhorst, L.C., Prince, R.L., Ward, N.C., Croft, K.D., Lewis, J.R., Devine, A., Shinde, S., Woodman, R.J., Hodgson, J.M., Bondonno, C.P.,** 2017, Development of a reference database for assessing dietary nitrate in vegetables, *Molecular Nutrition and Food Research*, 61(8): 1–13 p.
- Bosse (née Danz), R., Gibis, M., Schmidt, H., Weiss, J.,** 2016, Nitrate reductase activity of *Staphylococcus carnosus* affecting the color formation in cured raw ham, *Food Research International*, 85: 113–120 p.
- Bozkurt, H., Bayram, M.,** 2006, Colour and textural attributes of sucuk during ripening, *Meat Science*, 73(2), 344-350.
- Brewer, M.S., Rostogi, B.K., Argoudelis, L., Sprouls, G.U.Y.K.,** 1995, Sodium Lactate/Sodium Chloride Effects on Aerobic Plate Counts and Color of Aerobically Packaged Ground Pork, *Journal of Food Science*, 60(1): 58–62 p.
- Bruno, L.,** 2019, Discussion paper on the use of nitrates and nitrites, *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9): 1689–1699 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Büyüküz, E.**, 2013, Protein Oksidasyonun Biyokimyasal ve Moleküler Mekanizması *Karaelmas Science and Engineering Journal*, 3(1): 40–51 p.
- Candan, T., Bağdath, A.**, 2018, Et ürünlerinde nitrit/nitrat azaltılmasına yönelik doğal uygulamalar, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7): 1382–1387 p.
- Casaburi, A., Blaiotta, G., Mauriello, G., Pepe, O., Villani, F.**, 2005, Technological activities of *Staphylococcus carnosus* and *Staphylococcus simulans* strains isolated from fermented sausages, *Meat Science*, 71(4): 643–650 p.
- Cavaiuolo, M., Ferrante, A.**, 2014, Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads, *Nutrients*, 6(4): 1519–1538 p.
- Choi, Y. S., Kim, T. K., Jeon, K. H., Park, J. D., Kim, H. W., Hwang, K. E., Kim, Y. B.**, 2017, Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions, *Korean journal for food science of animal resources*, 37(2), 288 p.
- Choi, Y.S., Kim, T.K., Jeon, K.H., Park, J.D., Kim, H.W., Hwang, K.E., Kim, Y.B.**, 2017, Effects of pre-converted nitrite from red beet and ascorbic acid on quality characteristics in meat emulsions, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(2): 288–296 p.
- Çakır, M. A., Kaya, M., Kaban, G.**, 2013, Effect of heat treatment on the volatile compound profile and other qualitative properties of sucuk, *Fleischwirtschaft International*, 5, 69–74 p.
- Çalimli, A.**, 2003, Kayısı ve vişne suyu üretimindeki atıkların değerlendirilmesi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, Ankara.
- Çoşkun, Ö.**, 2002, Türk sucuğunda lipid oksidasyonuna ve serbest yağ asitleri oluşumuna ısı işlemin etkisi. MSc Thesis, Ankara University, Institute of Natural Sciences, Ankara, Turkey.
- Dalmış, Ü.**, 2007, Sucukta Üretim ve Depolama Sırasında Meydana Gelen Mikrobiyolojik ve Biyokimyasal Değişimler, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dave, D., Ghaly, A.E.**, 2011, Meat spoilage mechanisms and preservation techniques: A critical review, *American Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(4): 486–510 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- De Villiers A., Lynen F., Crouch A. ve Sandra P.,** 2004, Development of A Solid-Phase Extraction Procedure for the Simultaneous Determination of Polyphenols, Organic Acids and Sugars in Wine, *Chromatographia*, 59, 403–409 p.
- Dean, R. T., Fu, S., Stocker, R., Davies, M. J.,** 1997, Biochemistry and pathology of radical-mediated protein oxidation, *Biochemical Journal*, 324(1), 1-18 p.
- Djeri, N., Williams, S.K.,** 2014, Celery Juice Powder Used as Nitrite Substitute in Sliced Vacuum-Packaged Turkey Bologna Stored at 4C for 10 Weeks Under Retail Display Light, *Journal of Food Quality*, 37(5): 361–370 p.
- Doolaee, E.H.A., Vossen, E., Raes, K., De Meulenaer, B., Verhé, R., Paelinck, H., De Smet, S.,** 2012, Effect of rosemary extract dose on lipid oxidation, colour stability and antioxidant concentrations, in reduced nitrite liver pâtés, *Meat Science*, 90(4): 925–931 p.
- Drosinos, E.H., Mataragas, M., Kampani, A., Kritikos, D., Metaxopoulos, I.,** 2006, Inhibitory effect of organic acid salts on spoilage flora in culture medium and cured cooked meat products under commercial manufacturing conditions, *Meat Science*, 73(1): 75–81 p.
- EFSA, G.,** 2008, Safety and nutritional assessment of GM plants and derived food and feed: the role of animal feeding trials, *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 46, S2.
- Ellman, G.L.,** 1959, Tissue Sulfhydryl Groups, *Archives of biochemistry and biophysics*, 82, 70-77 p.
- Ensoy, U., Kolsarici, N., Candoğan, K., Karşoğlu, B.,** 2010, Changes in biochemical and microbiological characteristics of turkey sucuks as affected by processing and starter culture utilization, *Journal of Muscle Foods*, 21(1), 142-165 p.
- Ercoşkun, H.,** 2006, Effects of fermentation time on some quality characteristics of heat processed sucuks (PhD thesis), Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Erdoğrul, Ö., Ergün, Ö.,** 2005, Kahramanmaraş piyasasında tüketilen sucukların bazı fiziksel, kimyasal, duyuşal ve mikrobiyolojik özellikleri, *İstanbul Üniv. Vet. Fak. Dergisi*, 31 (1): 55-65 p.
- Ergezer, H., Gökçe, R., Elgin, Ş., Akcan, T.,** 2018, Effects of cornelian cherry (*Cornus mas* L.) extract on quality characteristics of sucuk, *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 24(7): 1376–1381 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Erginkaya, Z.**, 1993, Fermente sucuklarda organik asit miktarlarının belirlenmesi, *Gıda*, 18 (69): 373-376 p.
- Estévez, M., Cava, R.**, 2006, Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters, *Meat Science*, 72(2), 348-355.
- Estévez, M., Ventanas, S., Cava, R.**, 2006, Effect of natural and synthetic antioxidants on protein oxidation and colour and texture changes in refrigerated stored porcine liver pâté, *Meat science*, 74(2), 396-403 p.
- Etemadi, A., Sinha, R., Ward, M.H., Graubard, B.I., Inoue-Choi, M., Dawsey, S.M., Abnet, C.C.**, 2017, Mortality from different causes associated with meat, heme iron, nitrates, and nitrites in the NIH-AARP Diet and Health Study: Population based cohort study, *BMJ*, 357 p.
- European Commission**, 2018, Commission Decision (EU) 2018/702-of 8 May 2018-concerning national provisions notified by Denmark on the addition of nitrite to certain meat products, Official Journal of the European Union.
- Eymard, S., Baron, C.P., Jacobsen, C.**, 2009, Oxidation of lipid and protein in horse mackerel (*Trachurus trachurus*) mince and washed minces during processing and storage, *Food Chemistry*, 114(1): 57–65 p.
- Faustman, C., Cassens, R.G.**, 1990, The Biochemical Basis For Discoloration In Fresh Meat: A Review, *Journal of Muscle Foods*, 1(3): 217–243 p.
- Feng, X., Li, C., Jia, X., Guo, Y., Lei, N., Hackman, R. M., Zhou, G.**, 2016, Influence of sodium nitrite on protein oxidation and nitrosation of sausages subjected to processing and storage, *Meat Science*, 116, 260-267 p.
- Fernandez-Soto, L., Gonzalez, A., Lobón, J. A., Lopez, J. A., Peterson, C. M., Escobar-Jiménez, F.**, 1997, Thyroid peroxidase autoantibodies predict poor metabolic control and need for thyroid treatment in pregnant IDDM women, *Diabetes Care*, 20(10), 1524-1528 p.
- Ferysiuk, K., Wójciak, K.M.**, 2020, Reduction of nitrite in meat products through the application of various plant-based ingredients, *Antioxidants*, 9(8): 1–31 p.
- Figueiredo, V. G. B.**, 2014, Da tutela dos monumentos à gestão sustentável das paisagens culturais complexas: inspirações à política de preservação cultural no Brasil (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Flores, M.**, 2018, Understanding the implications of current health trends on the aroma of wet and dry cured meat products, *Meat Science*, 144(1): 53–61 p.
- Flynn, A. W., Bramblett, V. D.**, 1975, Effects of frozen storage, cooking method and muscle quality on attributes of pork loins, *Journal of Food Science*, 40(3), 631-633 p.
- Ford, P.C., Lorkovic, I.M.**, 2002, Mechanistic aspects of the reactions of nitric oxide with transition-metal complexes, *Chemical Reviews*, 102(4): 993–1017 p.
- Fowler, G. G., Gasson, M. J.**, 1991, Antibiotics-nisin. *Food preservatives*, 135-152 p.
- Fraqueza, M.J., Borges, A., Patarata, L.**, 2018, Strategies to Reduce the Formation of Carcinogenic Chemicals in Dry Cured Meat Products, *Food Control and Biosecurity*, 295-342 p.
- Frezza D., León A., Logegaray V., Chiesa A., Desimone M., Diaz L.**, 2005, Soilless culture technology for high quality lettuce. In: Urrestarazu G.M. Trends in new crops and uses, ASHS Press, Alexandria, VA, 418-423.
- Gálvez, A., Abriouel, H., López, R.L., Omar, N.B.**, 2007, Bacteriocin-based strategies for food biopreservation, *International Journal of Food Microbiology*, 120(1–2): 51–70 p.
- Ganhão, R., Morcuende, D., Estévez, M.**, 2010, Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage, *Meat science*, 85(3), 402-409 p.
- Georgantelis, D., Ambrosiadis, I., Katikou, P., Blekas, G., Georgakis, S. A.**, 2007, Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 C, *Meat science*, 76(1), 172-181 p.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı**, Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 30.06.2013, Sayı: 28693.
- Giordani, F., Fillo, S., Anselmo, A., Palozzi, A.M., Fortunato, A., Gentile, B.A., Tehran, D., Ciammaruconi, A., Spagnolo, F., Pittiglio, V., Anniballi, F., Auricchio, B., De Medici, D., Lista, F.**, 2015, Genomic characterization of Italian Clostridium botulinum group I strains, *Infection, Genetics and Evolution*, 36: 62–71 p.
- González-Soltero, R., Bailén, M., de Lucas, B., Ramírez-Goercke, M.I., Pareja-Galeano, H., Larrosa, M.**, 2020, Role of oral and gut microbiota in dietary nitrate metabolism and its impact on sports performance, *Nutrients*, 12(12): 1–14 p.
- Gøtterup, J., Olsen, K., Knøchel, S., Tjener, K., Stahnke, L.H., Møller, J.K.S.**, 2008, Colour formation in fermented sausages by meat-associated staphylococci with different nitrite- and nitrate-reductase activities, *Meat Science*, 78(4): 492–501 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gökalp, H. Y.**, 1983, Et ürünlerinde nitrat, nitrit kullanımı ve nitrit zehirlenmesi, *Gıda*, 8(5).
- Gökalp, H. Y., Kaya, M., Zorba, Ö.**, 2002, Et ürünleri işleme mühendisliği (4. baskı), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak., Erzurum, 561s.
- Grajeda-Iglesias, C., Salas, E., Barouh, N., Baréa, B., Panya, A., Figueroa-Espinoza, M.C.**, 2016, Antioxidant activity of protocatechuates evaluated by DPPH, ORAC, and CAT methods, *Food Chemistry*, 194: 749–757 p.
- Grosse, Y., Baan, R., Straif, K., Secretan, B., El Ghissassi, F., Cogliano, V., Cantor, K.P., Falconer, I.R., Levallois, P., Verger, P., Chorus, I., Fujiki, H., Ohshima, H., Shibutani, M., Lankoff, A., Agudo, A., Chan, P.C., Fan, A., Karagas, M., Mirvish, S., Searles Nielsen, S., Runnegar, M., Ward, M.H., Wishnok, J.**, 2006, Carcinogenicity of nitrate, nitrite, and cyanobacterial peptide toxins, *The Lancet Oncology*, 7(8): 628–629 p.
- Guidelines approved by the WHO Guidelines Review Committee**, 2017, Guidelines for drinking-water quality: nitrate-nitrite Geneva: World Health Organization, (3):398–404.
- Gundogdu, M., Muradoglu, F., Sensoy, R. G., & Yilmaz, H.**, 2011, Determination of fruit chemical properties of *Morus nigra* L., *Morus alba* L. and *Morus rubra* L. by HPLC, *Scientia Horticulturae*, 132, 37–41 p.
- Gültekin, F., Akin, S.**, 2019, İşlenmiş Et Ürünleri ve Gıda Katkı Maddeleri, *Journal of Halal Life Style*, 44–53 p.
- Hamm, R., Deatherage, F. E.**, 1960 changes in hydration, solubility and charges of muscle proteins during heating of meat, *Journal of Food Science*, 25(5), 587-610 p.
- Hanachi, P., & Golkho, S. H.**, 2009, Using HPLC to determination the composition and antioxidant activity of *Berberis vulgaris*, *European Journal of Scientific Research*, 29(1), 47-54 p.
- Hayes, J. E., Canonico, I., Allen, P.**, 2013, Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll, *Meat science*, 95(3), 755-762 p.
- Hazar, F.Y., Kaban, G., Kaya, M.**, 2019, Volatile compounds of pastırma under different curing processes, *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8): 1–7 p.
- Hereu, A., Bover-Cid, S., Garriga, M., Aymerich, T.**, 2012, High hydrostatic pressure and biopreservation of dry-cured ham to meet the Food Safety Objectives for *Listeria monocytogenes*, *International Journal of Food Microbiology*, 154(3): 107–112 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Hernández-Cázares, A.S., Aristoy, M.C., Toldrá, F.,** 2010, Hypoxanthine-based enzymatic sensor for determination of pork meat freshness, *Food Chemistry*, 123(3): 949–954 p.
- Honikel, K.O.,** 2008, The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products, *Meat Science*, 78(1–2): 68–76 p.
- Hornsey, H. C.,** 1956, The colour of cooked cured pork. I.—Estimation of the Nitric oxide-Haem Pigments, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7(8), 534–540 p.
- Horsch, A.M., Sebranek, J.G., Dickson, J.S., Niebuhr, S.E., Larson, E.M., Lavieri, N.A., Ruther, B.L., Wilson, L.A.,** 2014, The effect of pH and nitrite concentration on the antimicrobial impact of celery juice concentrate compared with conventional sodium nitrite on *Listeria monocytogenes*, *Meat Science*, 96(1): 400–407 p.
- Huang, D., Ou, B., Prior, R. L.,** 2005, The chemistry behind antioxidant capacity assays, *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1841–1856 p.
- Hwang, K.E., Kim, T.K., Kim, H.W., Seo, D.H., Kim, Y.B., Jeon, K.H., Choi, Y.S.,** 2018, Effect of natural pre-converted nitrite sources on color development in raw and cooked pork sausage, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31(8): 1358–1365 p.
- ISO (International Organization for Standardization) 6579:2002,** 2002, – Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs – Horizontal Method for the Detection of *Salmonella* spp, Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.
- ISO (International Organization for Standardization) 11290-1,** 1996, Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection and enumeration of *Listeria monocytogenes* – Part 1: detection method.
- İpçak, H.H., Özüretmen, S., Özelçam, H., Ünlü, H.B.,** 2017, Hayvan Beslemede Doğal Koruyucular ve Etki Mekanizmaları, *Hayvansal Üretim*, 8(1): 57–65 p.
- Kim, Y. H., Hunt, M. C., Mancini, R. A., Seyfert, M., Loughin, T. M., Kropf, D. H., Smith, J.S.,** 2006, Mechanism for Lactate-Color Stabilization in Injection-Enhanced Beef, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(20): 7856–7862 p.
- Jaberi, R., Kaban, G., Kaya, M.,** 2020, The effect of barberry (*Berberis vulgaris* L.) extract on the physicochemical properties, sensory characteristics, and volatile compounds of chicken frankfurters, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(7).
- Jakse, M., Hacin, J., Marsic, N.K.,** 2013, Production of rocket (*Eruca sativa* Mill.) on plug trays and on a floating system in relation to reduced nitrate content, *Acta Agriculturae Slovenica*, 101(1): 59–68 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Javad-Mousavi, S.A., Hemmati, A.A., Mehrzadi, S., Hosseinzadeh, A., Houshmand, G., Rashidi Nooshabadi, M.R., Mehrabani, M., Goudarzi, M.,** 2016, Protective effect of *Berberis vulgaris* fruit extract against Paraquat-induced pulmonary fibrosis in rats, *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 81: 329–336 p.
- Jin, J., Koroleva, O. A., Gibson, T., Swanston, J., Magan, J., Zhang, Y. A. N., Wagstaff, C.,** 2009, Analysis of phytochemical composition and chemoprotective capacity of rocket (*Eruca sativa* and *Diplotaxis tenuifolia*) leafy salad following cultivation in different environments, *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(12), 5227-5234 p.
- Jin, J.H., Kim, J.S., Kang, S.S., Son, K.H., Chang, H.W., Kim, H.P.,** 2010, Anti-inflammatory and anti-arthritic activity of total flavonoids of the roots of *Sophora flavescens*, *Journal of Ethnopharmacology*, 127(3):589-595 p.
- Kelley, J.R., Duggan, J.M.,** 2003, Gastric cancer epidemiology and risk factors, *Journal of Clinical Epidemiology*, 56 1-9 p.
- Kaban, G., Bayrak, D.,** 2015, The effects of using turkey meat on qualitative properties of heat-treated sucuk, *Czech Journal of Food Sciences*, 33(4), 377–383 p.
- Kaban, G., Kaya, M.,** 2007, *Staphylococcus xylosus* ve *Lactobacillus plantarum* Suşlarının Sucuğun Duyusal Özellikleri ve Renk Değerleri Üzerine Etkileri, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1): 83–89 p.
- Kapçı, B.,** 2013, Siyah kuş kirazı (*Aronia melanocarpa*) ürünlerinin karakteristik özellikleri ve antioksidan potansiyeli, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Karaaslan, M., Yılmaz, F.M., Cesur, Ö., Vardın, H., İkinci, A., Dalgıç, A.C.,** 2014, Drying kinetics and thermal degradation of phenolic compounds and anthocyanins in pomegranate arils dried under vacuum conditions, *International Journal of Food Science and Technology*, 49(2): 595–605 p.
- Karakuş, M.C.,** 2011, Tokat bölgesinde üretilen bez sucukların fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Karwowska, M., Kononiuk, A.,** 2020, Nitrates/nitrites in food—risk for nitrosative stress and benefits, *Antioxidants*, 9(3): 1–17 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kavuşan, S.**, 2018, Keten tohumu ve yer fıstığı karışımı ile hazırlanan O/W basit ve O/W jel emülsiyonların ısıtıl işlem görmüş sucuk formülasyonlarında kullanımının ürün kalitesi üzerine etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kazemipoor, M., Fadaei Tehrani, P., Zandi, H., Golvardi Yazdi, R.**, 2020, Chemical composition and antibacterial activity of *Berberis vulgaris* (barberry) against bacteria associated with caries, *Clinical and Experimental Dental Research*, 1–8 p.
- Kermanshahi, H., Riasi, A.**, 2006, Effect of dietary dried *Berberis vulgaris* fruit and enzyme on some blood parameters of laying hens fed wheat-soybean based diets, *Int J Poult Sci*, 5, 89-93 p.
- Khaleghi, A., Kasaai, R., Khosravi-Darani, K., Rezaei, K.**, 2016, Combined use of black barberry (*Berberis crataegina* L.) extract and nitrite in cooked beef sausages during the refrigerated storage, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(3), 601-614 p.
- Khromykh, N.O., Lykholat, Y. V., Kovalenko, I.M., Kabar, A.M., Didur, O.O., Nedzvetska, M.I.**, 2018, Variability of the antioxidant properties of *Berberis* fruits depending on the plant species and conditions of habitat, *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9(1): 56–61 p.
- Kim S-J., Ishii G.**, 2007, Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad (*Eruca sativa* Mill.), *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87:966–973 p.
- Kim, T.K., Hwang, K.E., Lee, M.A., Paik, H.D., Kim, Y.B., Choi, Y.S.**, 2019, Quality characteristics of pork loin cured with green nitrite source and some organic acids, *Meat Science*, 152(2): 141–145 p.
- Kim, T.K., Lee, M.A., Sung, J.M., Jeon, K.H., Kim, Y.B., Choi, Y.S.**, 2019, Combination effects of nitrite from fermented spinach and sodium nitrite on quality characteristics of cured pork loin, *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 32(10): 1603–1610 p.
- Krause, B.L., Sebranek, J.G., Rust, R.E., Mendonca, A.**, 2011, Incubation of curing brines for the production of ready-to-eat, uncured, no-nitrite-or-nitrate-added, ground, cooked and sliced ham, *Meat Science*, 89(4): 507–513 p.
- Ku, K.M., Kim, M.J., Jeffery, E.H., Kang, Y.H., Juvik, J.A.**, 2016, Profiles of Glucosinolates, Their Hydrolysis Products, and Quinone Reductase Inducing Activity from 39 *Arugula* (*Eruca sativa* Mill.) Accessions, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 64(34): 6524–6532 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kurćubić, V.S., Mašković, P.Z., Vujić, J.M., Vranić, D.V., Vesković-Moračanin, S.M., Okanović, D.G., Lilić, S.V.**, 2014, Antioxidant and antimicrobial activity of *Kitaibelia vitifolia* extract as alternative to the added nitrite in fermented dry sausage, *Meat Science*, 97(4): 459–467 p.
- Kurt, Ş., Zorba, Ö.**, 2012, Response surface evaluation of the sensory quality of Turkish dry fermented sausage (sucuk) as affected by ripening period, nitrite level and heat treatment, *International Journal of Food Engineering*, 8(4).
- Lakshmanan, R., Patterson, M.F., Piggott, J.R.**, 2005, Effects of high-pressure processing on proteolytic enzymes and proteins in cold-smoked salmon during refrigerated storage, *Food Chemistry*, 90(4): 541–548 p.
- Lauková, A., Czikková, S., Laczková, S., Turek, P.**, 1999, Use of enterocin CCM 4231 to control *Listeria monocytogenes* in experimentally contaminated dry fermented Hornád salami. *International Journal of Food Microbiology*, 52(1-2), 115-119.
- Lemić, G.** 2017, Mineralni sastav i prinos rige pri primjeni poboljšivača tla i biostimulatora (Doctoral dissertation, University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Vegetable Crops).
- Lenz, C.A., Vogel, R.F.**, 2014, Effect of sporulation medium and its divalent cation content on the heat and high pressure resistance of *Clostridium botulinum* type E spores, *Food Microbiology*, 44: 156–167 p.
- Li, L., Wang, P., Xu, X., Zhou, G.**, 2012 Influence of various cooking methods on the concentrations of volatile N-nitrosamines and biogenic amines in dry-cured sausages, *Journal of Food Science*, 77(5), C560-C565.
- Li, P., Kong, B., Chen, Q., Zheng, D., Liu, N.**, 2013, Formation and identification of nitrosylmyoglobin by *Staphylococcus xylosus* in raw meat batters: A potential solution for nitrite substitution in meat products, *Meat Science*, 93(1): 67–72 p.
- Liu, A., Carruthers, A., Cohen, J.L., Coleman, W.P., Dover, J.S., Hanke, C.W., Moy, R.L., Ozog, D.M.**, 2012, Recommendations and current practices for the reconstitution and storage of botulinum toxin type A, *Journal of the American Academy of Dermatology*, 67(3): 373–378 p.
- Lonergan, S.M., Topel, D.G., Marple, D.N.**, 2019, Fresh and cured meat processing and preservation, *The Science of Animal Growth and Meat Technology*, 205–228 p.
- Louis-Sylvestre, J., Krempf, M., Lecerf, J.M.**, 2010, Processed meat products, *Cahiers de Nutrition et de Dietetique*, 45(6): 327–337 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Löffblom, J., Rosenstein, R., Nguyen, M.T., Ståhl, S., Götz, F.,** 2017, *Staphylococcus carnosus*: from starter culture to protein engineering platform, *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101(23–24): 8293–8307 p.
- Lucke, F.,** 1985, Fermented sausages, *Microbiology of Fermented Foods*, 441 p.
- Ma, L., Hu, L., Feng, X., Wang, S.,** 2018, Nitrate and nitrite in health and disease, *Aging and Disease*, 9(5): 938–945 p.
- MacDonald-Wicks, L. K., Wood, L. G., Garg, M. L.,** 2006, Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2046-2056 p.
- Magnani G., Filippi F., Borghesi E., Vitale M.,** 2007, Impact of sunlight spectrum modification on yield and quality of ready-to-use lettuce and rocket salad grown on floating system. In: De Pascal et al. (ed.) International symposium on high technology for greenhouse system management, *Acta Horticulturae*, 801: 163-169 p.
- Majou, D., Christieans, S.,** 2018, Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats, *Meat Science*, 145: 273–284 p.
- Martinaud, A., Mercier, Y., Marinova, P., Tassy, C., Gatellier, P., Renerre, M.,** 1997, Comparison of oxidative processes on myofibrillar proteins from beef during maturation and by different model oxidation systems, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(7), 2481-2487 p.
- Martínez, B., García, P., Rodríguez, A.,** 2019, Swapping the roles of bacteriocins and bacteriophages in food biotechnology, *Current Opinion in Biotechnology*, 56: 1–6 p.
- Mercier, Y., Gatellier, P., Vincent, A., Renerre, M.,** 2001, Lipid and protein oxidation in microsomal fraction from turkeys: influence of dietary fat and vitamin E supplementation, *Meat Science*, 58(2), 125-134 p.
- Milkowski, A., Garg, H. K., Coughlin, J. R., Bryan, N. S.,** 2010, Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: A risk–benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. *Nitric oxide*, 22(2), 110-119 p.
- Mitacek, E., Brunnemann, K., Suttajit, M., Caplan, L., Gagna, C., Bhothisuwan, K., Siriamornpun, S., Hummel, C., Ohshima, H., Roy, R., Martin, N.,** 2008, Geographic Distribution of Liver and Stomach Cancers in Thailand in Relation to Estimated Dietary Intake of Nitrate, Nitrite, and Nitrosodimethylamine, *Nutrition and cancer*, 60: 196–203 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Moarefian, M., Barzegar, M., Sattari, M.,** 2013, Cinnamomum Zeylanicum Essential Oil As a Natural Antioxidant And Antibacterial In Cooked Sausage, *Journal of Food Biochemistry*, 37(1): 62–69 p.
- Møller, J.K.S., Jensen, J.S., Skibsted, L.H., Knöchel, S.,** 2003, Microbial formation of nitrite-cured pigment, nitrosylmyoglobin, from metmyoglobin in model systems and smoked fermented sausages by *Lactobacillus fermentum* strains and a commercial starter culture, *European Food Research and Technology*, 216(6): 463–469 p.
- Møller, J.K.S., Skibsted, L.H.,** 2002, Nitric oxide and myoglobins, *Chemical Reviews*, 102(4): 1167–1178 p.
- Muchenje, V., Dzama, K., Chimonyo, M., Strydom, P. E., Hugo, A., Raats, J. G.,** 2009, Some biochemical aspects pertaining to beef eating quality and consumer health: A review. *Food chemistry*, 112(2), 279-289 p.
- Mulvey, L., Everis, L., Leeks, D., Hughes, H., Wood, A.,** 2010, Alternatives to nitrates and nitrites in organic meat products, Campden Technology Limited.
- Munekata, P.E., Pateiro, M., Domínguez, R., Santos, E.M., Lorenzo, J.M.,** 2021a, Cruciferous vegetables as sources of nitrate in meat products, *Current Opinion in Food Science*, 38: 1–7 p.
- Munekata, P.E., Pateiro, M., Domínguez, R., Santos, E.M., Lorenzo, J.M.,** 2021b, Cruciferous vegetables as sources of nitrate in meat products, *Current Opinion in Food Science*, 38: 1–7 p.
- Myers, K., Cannon, J., Montoya, D., Dickson, J., Lonergan, S., Sebranek, J.,** 2013a, 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 p.
- Myers, K., Cannon, J., Montoya, D., Dickson, J., Lonergan, S., Sebranek, J.,** 2013b, 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 p.
- Nacak, B.,** 2015, Farklı yağ formülasyonlarına sahip ısıtılmış işleme görmüş dana sucuklarında lipid ve protein oksidasyonu mekanizmalarının incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- National Academy of Sciences,** 1982, Alternatives to the current use of nitrite in foods. Natl. Acad Press, Washington, D.C.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Nollet, L. M., Toldrá, F., 2010, Sensory analysis of foods of animal origin, *CRC press*.
- Ochoa, O.A., Gallego-Restrepo, J.A., Perez-Alvarez, J.A., 2013, Use of celery extract and starter culture (*Staphylococcus carnosus*) as an alternative sources of sodium nitrite in cooked ham : influence upon colour, *Journal of Meat Science and Technology*, 1(1): 12–20 p.
- Olesen, P.T., Meyer, A.S., Stahnke, L.H., 2004, Generation of flavour compounds in fermented sausages - The influence of curing ingredients, *Staphylococcus* starter culture and ripening time, *Meat Science*, 66(3): 675–687 p.
- Oliver, C.N., Ahn, B.W., Moerman, E.J., Goldstein, S., Stadtman, E.R., 1987, Age-related changes in oxidized proteins, *Journal of Biological Chemistry*, 262(12): 5488–5491 p.
- Osborn, H.T., Akoh, C.C., 2003, Effects of natural antioxidants on iron-catalyzed lipid oxidation of structured lipidbased emulsions, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 80 (9), 847-852.
- Othman, F., 2005, Evaluation of Phenolic Content and Total Antioxidant Activity in *Berberis vulgaris* Fruit Extract, *Journal of Biological Sciences*, 5(5): 648–653 p.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., Lacroix, M., 2006, Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat, *Meat Science*, 73(2): 236–244 p.
- Ozaki, M.M., Munekata, P.E.S., Jacinto-Valderrama, R.A., Efraim, P., Pateiro, M., Lorenzo, J.M., Pollonio, M.A.R., 2021, Beetroot and radish powders as natural nitrite source for fermented dry sausages, *Meat Science*, 171(6): 108-275 p.
- Ozaki, M.M., Munekata, P.E.S., Lopes, A., de S., Nascimento, M., da S., do, Pateiro, M., Lorenzo, J.M., Pollonio, M.A.R., 2020, Using chitosan and radish powder to improve stability of fermented cooked sausages, *Meat Science*, 167(4): 108-165 p.
- Ozbay, S., 2019, Nitrosamines, Their Chemistries and Effects on Health, *International Journal of Scientific and Technological Research*, 5(4): 124–133 p.
- Österdahl, B. G., 1988, Volatile nitrosamines in foods on the Swedish market and estimation of their daily intake, *Food Additives & Contaminants*, 5(4), 587-595 p.
- Öz, F., Kaya, M., Aksu, M. İ., 2002, The effect of different nitrite doses and starter culture on the growth of *Escherichia coli* O157: H7 in sucuk (Turkish style dry sausage) processing, *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(3), 651-657 p.
- Özay, G., Pala, M., Saygı B., 1993, Bazı Gıdaların Su Aktivitesi Yönünden İncelenmesi, *Gıda*, 18 (6): 377-383 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Özdestan, Ö., Üren, A.**, 2010, Biogenic amine content of kefir: a fermented dairy product, *European Food Research and Technology*, 231(1), 101-107 p.
- Özdestan, Ö., Üren, A.**, 2010, Gıdalarda Nitrat ve Nitrit, *Akademik Gıda*, 8 (6): 35-43 p.
- Özer, P., Görgüç, A., Yılmaz, F. M.**, 2018, Mikrodalga Teknolojisinin Bitkisel Dokulardan Makro Ve Mikro Bileşenlerin Özütlemeinde Kullanımı, *Gıda/The Journal of food*, 43(5).
- Özgen, M., Saraçoğlu, O., Geçer, E.N.**, 2012, Antioxidant capacity and chemical properties of selected barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruits, *Horticulture Environment and Biotechnology*, 53(6): 447–451 p.
- Öztürk, B., Serdaroğlu M., Ergezer H.**, 2015, Et ve Et Ürünlerinde Nitrit-Nitrat; Kullanım Avantajları , Yasal Sınırlamalar ve Güncel Alternatif Yaklaşımlar, *Akademik Gıda*, 13(3): 257–264 p.
- Palamutoğlu, R., Sarıçoban, C.**, 2012, Et Ürünlerinde Nitrat ve Nitrite Alternatif Doğal Kürlenme Maddeleri, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(3): 46–58 p.
- Parthasarathy, D.K., Bryan, N.S.**, 2012, Sodium nitrite: The “cure” for nitric oxide insufficiency, *Meat Science*, 92(3): 274–279 p.
- Patterson, M.F.**, 2005, Microbiology of pressure-treated foods, *Journal of Applied Microbiology*, 98(6): 1400–1409 p.
- Pegg, R. B., Shahidi, F.**, 2000, Nitrite curing of meat: The N-nitrosamine problem and nitrite alternatives, Trumbull, CT: *Food & Nutrition Press*.
- Peleli, M., Ferreira, D.M.S., Tarnawski, L., McCann Haworth, S., Xuechen, L., Zhuge, Z., Newton, P.T., Massart, J., Chagin, A.S., Olofsson, P.S., Ruas, J.L., Weitzberg, E., Lundberg, J.O., Carlström, M.**, 2020, Dietary nitrate attenuates high-fat diet-induced obesity via mechanisms involving higher adipocyte respiration and alterations in inflammatory status, *Redox Biology*, 28(11):101 387 p.
- Pennington, J. T., & Chavez, F. P.**, 2000, Seasonal fluctuations of temperature, salinity, nitrate, chlorophyll and primary production at station H3/M1 over 1989–1996 in Monterey Bay, California. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 47(5-6), 947-973 p.
- Pennisi, L., Verrocchi, E., Paludi, D., Vergara, A.**, 2020, Effects of vegetable powders as nitrite alternative in Italian dry fermented sausage, *Italian Journal of Food Safety*, 9(2): 132–136 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pini, F., Aquilani, C., Giovannetti, L., Viti, C., Pugliese, C.,** 2020, Characterization of the microbial community composition in Italian Cinta Senese sausages dry-fermented with natural extracts as alternatives to sodium nitrite, *Food Microbiology*, 89(10): 103 417 p.
- Possas, A., Valdramidis, V., García-Gimeno, R.M., Pérez-Rodríguez, F.,** 2019, High hydrostatic pressure processing of sliced fermented sausages: A quantitative exposure assessment for *Listeria monocytogenes*, *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52(10):406–419 p.
- Premuzic Z., Gárate A., Bomilla I.,** 2001, Yield and quality of greenhouse lettuce as affected by form of N fertiliser and light supply, *In Plant Nutrition*, 300-301 p.
- Prior, R. L., Wu, X., Schaich, K.,** 2005, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302 p.
- Radmehr, A.,** 2010, Results of Sampling Survey of Garden Products in 2009. Ministry of Agriculture, Tehran, Iran.
- Ray, F.K.,** 1964, Meat Curing, Oklahoma State University.
- Requena, J. R., Ahmed, M. U., Fountain, C. W., Degenhardt, T. P., Reddy, S., Perez, C., Thorpe, S. R.,** 1997, Carboxymethylethanolamine, a biomarker of phospholipid modification during the Maillard reaction in vivo, *Journal of Biological Chemistry*, 272(28), 17473-17479 p.
- Resmi Gazete (29 Aralık 2011 tarihli ve 28157 sayılı),** 2011, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği.
- Resmi Gazete (5 Aralık 2012 tarihli ve 28488 sayılı),** 2012, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği No 2012/74.
- Riazi, F., Zeynali, F., Hoseini, E., Behmadi, H.,** 2015, Determination of the Minimum Inhibitory Concentration of the Barberry Extract and the Dried Residue of Red Grape and Their Effects on the Growth Inhibition of Sausage Bacteria by Using Response Surface Methodology (RSM), *Nutrition and Food Sciences Research*, 2(4), 55-63 p.
- Rivera, N., Bunning, M., Martin, J.,** 2019, Uncured-Labeled Meat Products Produced Using Plant-Derived Nitrates and Nitrites: Chemistry, Safety, and Regulatory Considerations, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(29): 8074–8084 p.
- Santamaria, P.,** 2006, Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(1): 10–17 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sante-Lhoutellier, V., Aubry, L., Gatellier, P.,** 2007, Effect of oxidation on in vitro digestibility of skeletal muscle myofibrillar proteins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(13), 5343-5348 p.
- Saraç, T.,** 1985, Fransızca-Türkçe Büyük Sözlük, İstanbul.
- Sarkis, J.R., Côrrea, A.P.F., Michel, I., Brandeli, A., Tessaro, I.C., Marczak, L.D.F.,** 2014, Evaluation of the Phenolic Content and Antioxidant Activity of Different Seed and Nut Cakes from the Edible Oil Industry, *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(10): 1773–1782 p.
- Sebranek, J. G., Jackson-Davis, A.L., Myers, K.L., Lavieri, N.A.,** 2012, Beyond celery and starter culture: Advances in natural/organic curing processes in the United States, *Meat Science*, 92(3): 267–273 p.
- Sebranek, J.G., Bacus, J.N.,** 2007, Cured meat products without direct addition of nitrate or nitrite: what are the issues?, *Meat Science*, 77(1):, 136–147 p.
- Shelef, L.A.,** 1994, Antimicrobial effects of lactates: A review, *Journal of Food Protection*, 57(5): 445–450 p.
- Shi, C. E., Cui, J., Yin, X., Luo, Y., Zhou, Z.,** 2014, Grape seed and clove bud extracts as natural antioxidants in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during chilled storage: Effect on lipid and protein oxidation, *Food Control*, 40, 134-139 p.
- Shin, D.M., Hwang, K.E., Lee, C.W., Kim, T.K., Park, Y.S., Han, S.G.,** 2017, Effect of Swiss chard (*Beta vulgaris* var. cicla) as nitrite replacement on color stability and shelf-life of cooked pork patties during refrigerated storage, *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3): 418–428 p.
- Sindelar JJ, Cordray JC, Sebranek JG, Love JA, Ahn DU.,** 2007, Effects of varying levels of vegetable juice powder and incubation time on color, residual nitrate and nitrite, pigment, pH, and trained sensory attributes of ready-to-eat uncured ham, *J Food Sci*, 72:388–395 p.
- Sindelar, J.J.,** 2006a., Investigating Uncured No-Nitrate-or-Nitrite-Added Processed Meat Products. Ph.D. Thesis. Iowa State University, Ames, IA 247 pp.
- Sindelar, J.J., Milkowski, A.L.,** 2011, Sodium nitrite in processed meat and poultry meats : a review of curing and examining the risk/benefit of its use, *American Meat Science Association*, 3: 1–14 p.
- Sindelar, J.J., Milkowski, A.L.,** 2012, Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet, *Nitric Oxide - Biology and Chemistry*, 26(4): 259–266 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sindelar, J.J., Terns, M.J., Meyn, E., Boles, J.A.,** 2010, Development of a method to manufacture uncured, no-nitrate/nitrite-added whole muscle jerky, *Meat Science*, 86(2): 298–303 p.
- Skrede, G., Wrolstad, R.E., Durst, R.W.,** 2000, Changes in anthocyanins and polyphenolics during juice processing of highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), *Journal of Food Science*, 65(2): 357–364 p.
- Soyer, A.,** 2009, Sucukta Olgunlaşma Sırasında Meydana Gelen Karbonhidrat Fermantasyonuna Sıcaklık ve Starter Kültürün Etkisi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara.
- Soyer, A.,** 2012, Nitrit Miktarı Azaltılmış Fermente Sucuk Üretimi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Kesin Raporu, Ankara.
- Sucu, C., Turp, G.Y.,** 2018, The investigation of the use of beetroot powder in Turkish fermented beef sausage (sucuk) as nitrite alternative, *Meat Science*, 140(2): 158–166 p.
- Sucu, Ç., Turp, G.Y.,** 2018, Sucuk üretiminde nitrit alternatifi olarak sebze unlarının kullanım olanaklarının araştırılması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Şanes, A.,** 2006, Kalorisi ve yağ miktarı azaltılmış fonksiyonel (diyet) sucuk üretimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tdk,** 2009, Su Ürünleri Terimleri Sözlüğü, TDK Bilim ve Sanat Terimleri sözlüğü:TDK Bilim ve Sanat Terimleri sözlüğü, İstanbul.
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., Hawkins Byrne, D.,** 2006, Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts, *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6–7): 669–675 p.
- Thomson, B. M., Nokes, C. J., & Cressey, P. J.,** 2007, Intake and risk assessment of nitrate and nitrite from New Zealand foods and drinking water, *Food additives and contaminants*, 24(2), 113-121 p.
- Toldra', F.,** 1998, Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products, *Meat Science*, 49(98): 101–110 p.
- Toptancı, İ.,** 2007, Effect of different thermal processing temperatures on colour and texture of sucuk (Ms thesis), Ankara University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Tosun, İ., Yüksel, S.,** 2003, Üzümsü Meyvelerin Antioksidan Kapasitesi, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, 28(3): 305–311 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Tömek, S., Serdaroğlu, M.,** 1990, Sucuklarda Fermantasyon Sırasında Oluşan Fiziksel, Kimyasal ve Biyokimyasal Değişiklikler, *EÜ Müh. Fak. Dergisi*, Seri: B, Gıda Mühendisliği, 8(1).
- Turhan, S., Temiz, H., Üstün, N.,** 2010, Bez sucukların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, In The 1st International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus (pp. 15-17).
- Uchida, K., Toyokuni, S., Nishikawa, K., Kawakishi, S., Oda, H., Hiai, H., Stadtman, E. R.,** 1994, Michael addition-type 4-hydroxy-2-nonenal adducts in modified low-density lipoproteins: markers for atherosclerosis, *Biochemistry*, 33(41), 12487-12494 p.
- Utrera, M., Estévez, M.,** 2013, Oxidative damage to poultry, pork, and beef during frozen storage through the analysis of novel protein oxidation marker, *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(33), 7987-7993 p.
- Utrera, M., Morcuende, D., Rodríguez-Carpena, J.G., Estévez, M.,** 2011, Fluorescent HPLC for the detection of specific protein oxidation carbonyls - α -aminoadipic and γ glutamic semialdehydes - in meat systems, *Meat Science*, 89(4): 500–506 p.
- Uygun, Ö.,** 2019, Şeker otundan (*Stevia rebaudiana*) steviol glikozitlerin ve fenolik maddelerin ekstraksiyonunda mikrodalga ve ultrases uygulamalarının optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Ünlütürk, A., Turantaş, F.,** 2003, Gıda mikrobiyolojisi 3. baskı. Meta Basımevi, 1-100.
- Vural, H.,** 1992, Fermente et ürünlerinde nitrosomyoglobin oluşumu ve etkileyen faktörler, *Gıda*, 17(3): 191-196 p.
- Vural, H., Öztan, A.,** 1991, Et ürünlerinde Nitrosamin oluşumunun laktik asit bakterileri kullanımıyla önlenmesi, *Gıda*, 16(4).
- Webb, A. J., Lidder, S.,** 2013, Reply to comments on ‘Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway’, *British journal of clinical pharmacology*, 75(6), 1543.
- Witte, V.C., Krause, G.F., Bailey, M.E.,** 1970, A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage, *Journal of Food Science*, 35(5): 582–585 p.
- Xie, L., Mo, M., Jia, H.X., Liang, F., Yuan, J., Zhu, J.,** 2016, Association between dietary nitrate and nitrite intake and sitespecific cancer risk: Evidence from observational studies, *Oncotarget*, 7(35): 56915–56932 p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ximenes, M.I.N., Rath, S., Reyes, F.G.R.,** 2000, Polarographic determination of nitrate in vegetables, *Talanta*, 51(1): 49–56 p.
- Yalçın, H., Can, Ö.P.,** 2013, An investigation on the microbiological quality of sucuk produced by traditional methods, *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19(4): 705–708 p.
- Yıldırım, Y.,** 1993, Et ve ürünlerinin su aktivitesi (wa) degerleri ve önemi, A.Ü. Veteriner Fakültesi Besin Kontrolü ve Teknolojisi Kürsüsü.
- Yılmaz I, Veliöğlu H. M.,** 2007, Some Chemical Properties of Sucuks Sold in Tekirdağ, 5th International Congress on Food Technology, Proceeding Vol.2, Thessaloniki.
- Yılmaz, F.M., Karaaslan, M.,Vardin, H.,** 2015, Optimization of extraction parameters on the isolation of phenolic compounds from sour cherry (*Prunus cerasus* L.) pomace, *Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 2851–2859 p.
- Yürür C.,** 2007, Isıl İşlem Uygulanmış Sucuklarda Nitrit Miktarının Renk Oluşumuna Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Zaika, L. L., Zell, T. E., Smith, J. L., Palumbo, S. A., Kissinger, J. C.,** 1976, The role of nitrite and nitrate in Lebanon Bologna, a fermented sausage, *Journal of Food Science*, 41(6), 1457-1460.
- Zhang, X., Kong, B., Xiong, Y.L.,** 2007, Production of cured meat color in nitrite-free Harbin red sausage by *Lactobacillus fermentum* fermentation, *Meat Science*, 77(4): 593–598 p.
- Zungur Bastioğlu, A., Serdaroğlu M., Nacak B.,** 2016, Et ve et ürünlerinde protein oksidasyonu, *Journal of Food and Health Science*, 2(4): 171–183 p.
- Zungur Bastioğlu.,** 2019, Farklı yöntemler ile üretilen dana ve hindi sucuklarında et yağı ikamesi olarak zeytinyağı kullanımının protein oksidasyonu üzerine etkileri, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü eğitimime başladığım ilk günden itibaren bilgi birikimi, deneyimleri ve destekleriyle her zaman yanımda olduğunu hissettiren çalışmamın her aşamasında sabır ve ilgi ile beni dinleyip yol gösteren çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Meltem SERDAROĞLU'na, destekleri için değerli hocalarım, Arş. Gör. Dr. Burcu ÖZTÜRK KERİMOĞLU, Ar. Gör. Dr. Aslı ZUNGUR BASTIOĞLU ve Arş. Gör. Dr. Berker NACAK'a tez çalışmamın ekstrakt üretim ve analiz kısmına büyük katkılarından dolayı Doç. Dr. Fatih Mehmet YILMAZ ve ekibine, sucuk üretim ve labaratuvar çalışmalarımda bana her zaman yardımcı olan Gıda yüksek mühendisi Serpil KAVUŞAN'a tezimin mikrobiyolojik analizlerine katkıda bulunan Gıda yüksek mühendisi Elnaz SHAREFIABADI'a, yüksek lisans eğitimim boyunca hiçbir zaman yardımlarını esirgemeyen, her zaman yanımda ve bana destek olan başta ekip arkadaşım Burcu SARI, Damla TABAK, Özlem YÜNCÜ, Esra DERİN ve diğer tüm arkadaşlarıma, tez çalışmam sırasında her türlü moral ve desteği bana veren kuzenlerim Vildan ÜNLÜ ve Sümeyra CAN'a, Akademik hayata adım atmamda yoluma ışık tutan, bana her konuda yardımcı olan, güç veren halam Prof. Dr. Fadime AKMAN CAN'a ve her daim yanımda olan çok değerli aileme en içten duygularla teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Genel Araştırma Projesi (GAP) kapsamında Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: FGA-2020-22148). Desteklerinden dolayı Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederim.

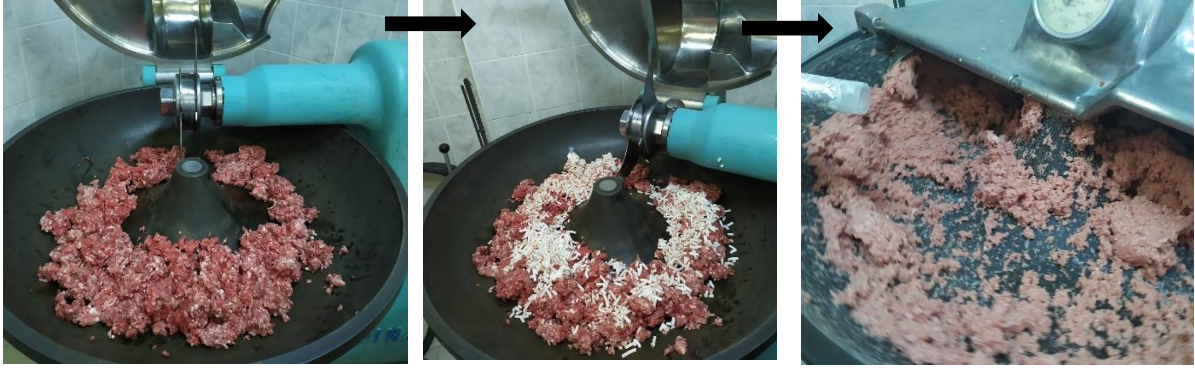
ÖZ GEÇMİŞ

Hilal CAN, lise eğitimini Burdur Anadolu Öğretmen Lisesinde tamamladıktan sonra 2013 yılında Aydın Adnan Menderes Üniversitesinde Gıda Mühendisliği bölümüne başlamıştır. Beş yıllık üniversite eğitimini 2018 yılında tamamlayıp aynı yıl Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim dalı et teknolojisi bölümünde yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Çalışma alanları arasında et ve et ürünlerinde nitrit alternatif yöntemler, jel emülsiyonlar, antioksidan katkıları yer almaktadır.



EKLER

EK 1.



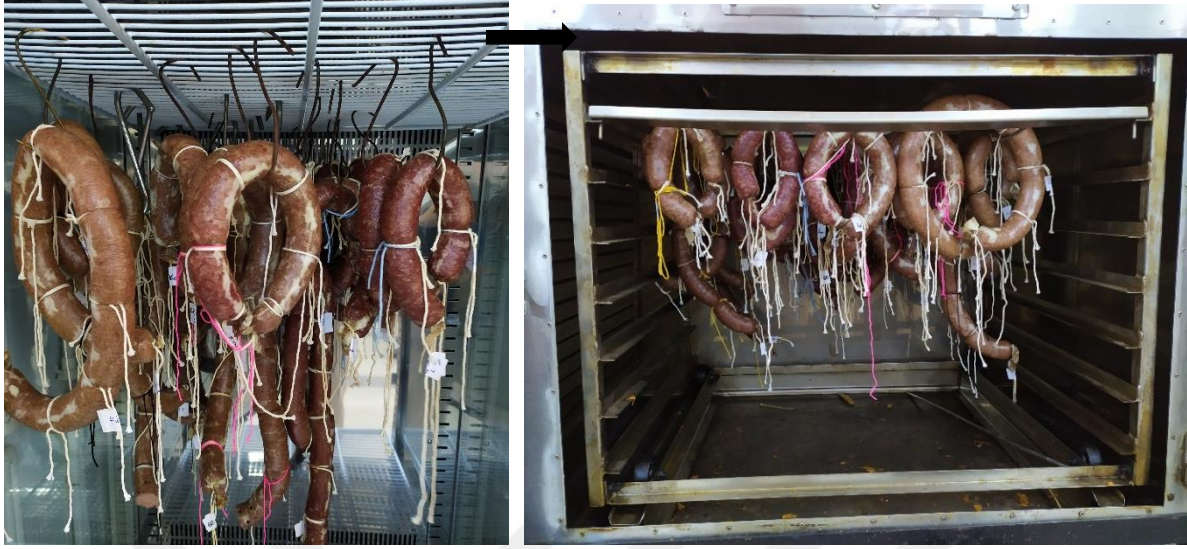
Sucuk hamuru üretimi

EK 2.



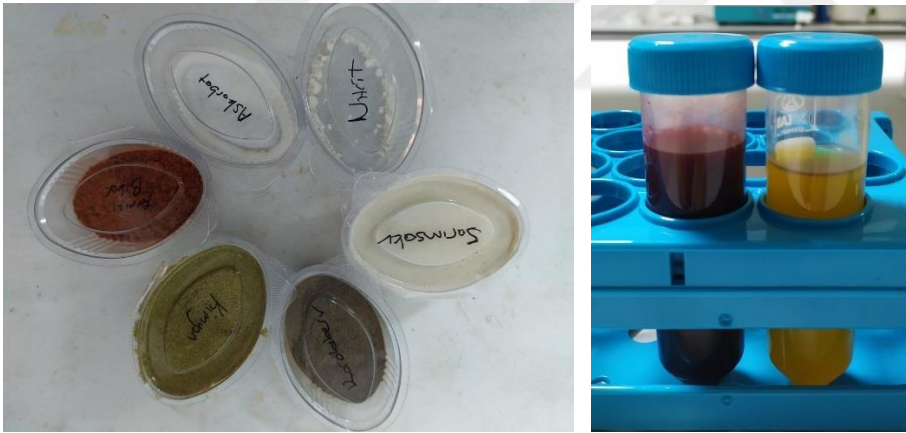
Sucuk hamuru dolum aşaması

EK 3.



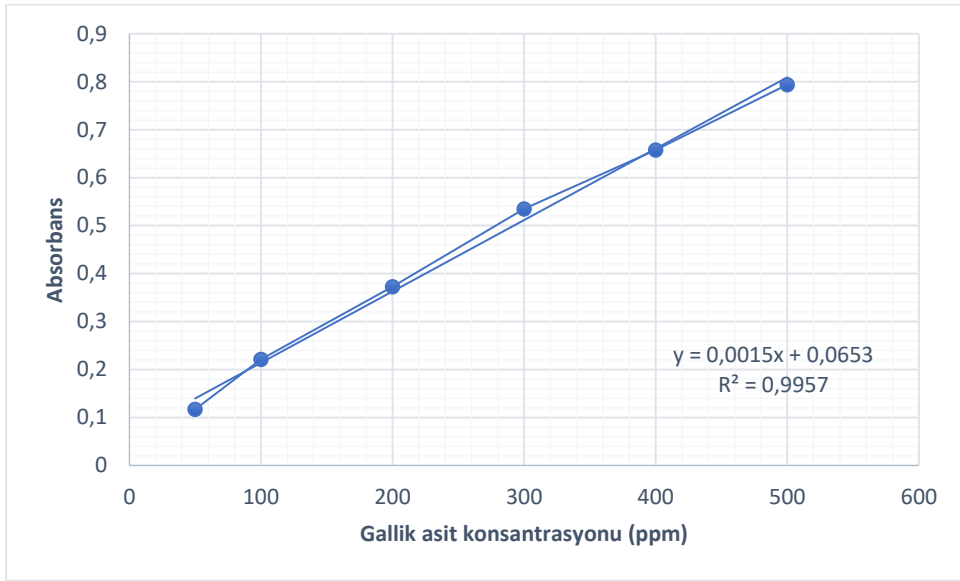
Fermantasyon ve ısıtım aşamaları

EK 4.



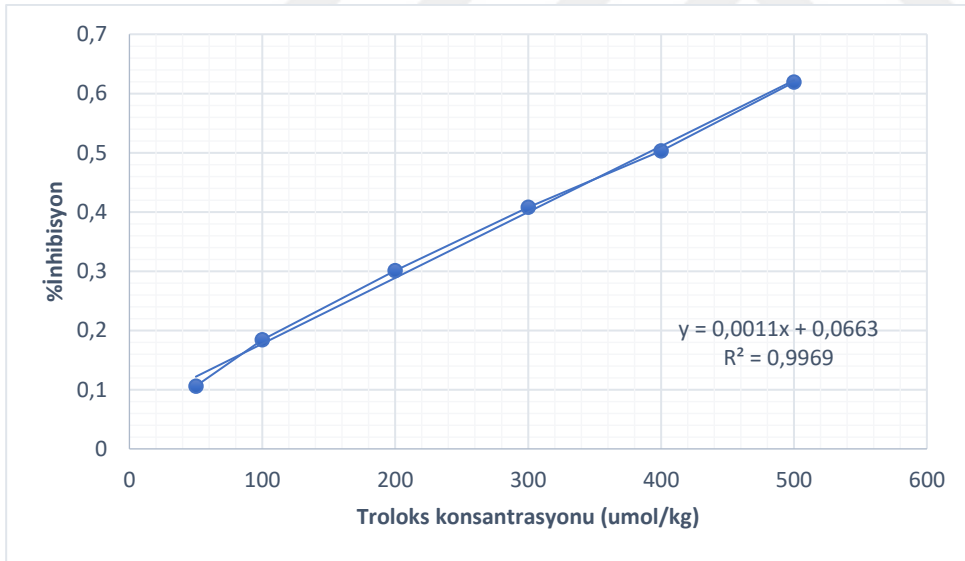
Kullanılan baharatlar ve ekstraktlar

EK 5.



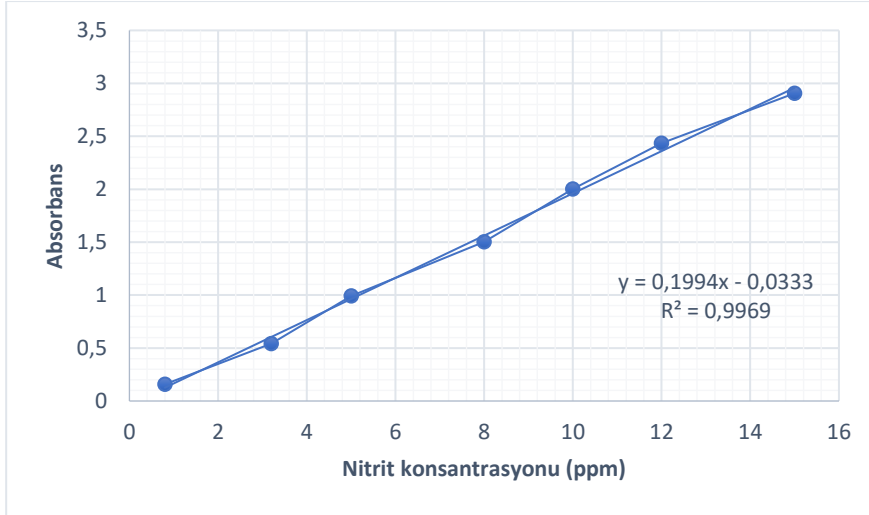
Gallik asit standardı ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi

EK 6.



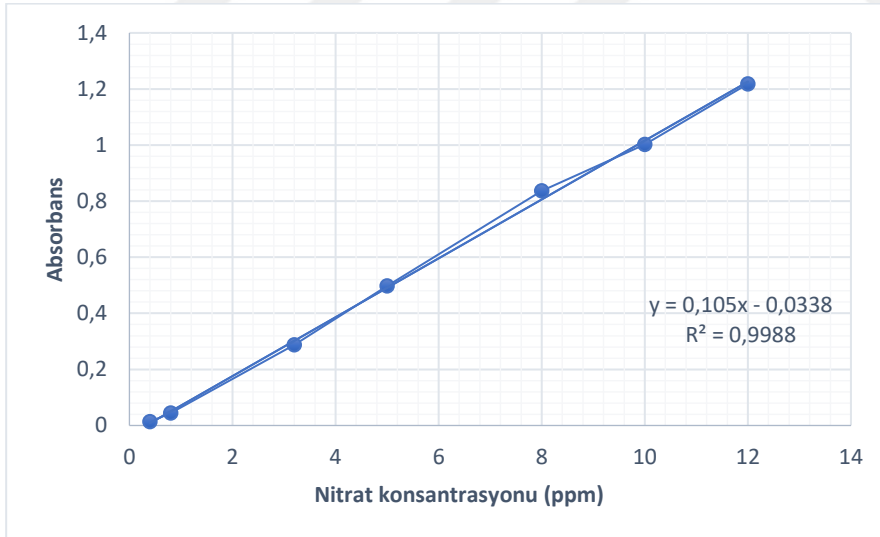
Troloks standardı ile oluşturulan kalibrasyon eğrisi

EK 7.



Nitrit standartı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi

EK 8.



Nitrat standartı için oluşturulan kalibrasyon eğrisi