



**ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ET ÜRÜNLERİNDEKİ NİTRÖZAMİNLERİN
AZALTILMASINDA BAZI FONKSİYONEL İÇECEKLERİN ETKİSİNİN
IN VITRO İNCELENMESİ**

Gölsüm DEVECİ

**DOKTORA TEZİ
BESLENME VE DİYETETİK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri, dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Gülsüm DEVECİ

26/05/2025

ISIL İŞLEM GÖRMÜŞ ET ÜRÜNLERİNDEKİ NİTRÖZAMİNLERİN
AZALTILMASINDA BAZI FONKSİYONEL İÇECEKLERİN ETKİSİNİN IN VITRO
İNCELENMESİ
(Doktora Tezi)

Gülsüm DEVECİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mayıs 2025

ÖZET

Nitrozaminler, nitratlar veya nitritler ile belirli aminler arasındaki bir reaksiyonla oluşan bileşiklerdir. Bu çalışma farklı pişirme yöntemleri uygulanan farklı et çeşitlerinde oluşan nitrozamin miktarlarını ve *in vitro* sindirim sistemindeki değişimleri incelemeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda et çeşitlerinin farklı fonksiyonel içeceklerle birlikte sindiriminin *in vitro* sindirim sisteminde nitrozaminler üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmaya et çeşitlerinden dana eti, hindi eti, sucuk, salam, sosis türleri ile içeceklerden portakal suyu, nar suyu, havuç suyu, beyaz çay ve yeşil çay dahil edilmiştir. Et çeşitlerinde meydana gelen nitrozamin tür (N-nitrosodimethylamine (NDMA) ve N-nitrosodiethylamine (NDEA)) ve miktarları ile içeceklerin askorbik asit değerleri yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile; içeceklerin toplam antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik içerik düzeyleri spektrofotometre ile belirlenmiştir. Çalışma sonucunda tek başına haşlanmış hindi etli sosisin sindirimi sonrası NDMA değeri istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır ($p<0,005$). Ayrıca tek başına çiğ dana etli sucuk, haşlanmış dana etli sucuk, kızartılmış hindi etli salam ve haşlanmış dana etinin sindirim sonrası NDEA değerleri azalmıştır. Kızartılmış hindi etli sosilerin tüm içecekler ile sindirimi de NDMA değerini azaltırken, en fazla azalma portakal suyu grubunda görülmüştür. Haşlanmış dana etin tüm içecekler ile sindirimi NDMA değerini azaltırken, beyaz çay grubunda en fazla azalma görülmüştür. Tüm et çeşitlerinde haşlama yöntemi NDMA ve NDEA değişimlerini en az arttırırken, işlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde de haşlama yöntemi NDMA ve NDEA değişimleri üzerine en az artış sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Sonuç olarak ısıtma işlemi uygulanan et çeşitlerinin askorbik asit, toplam antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik içeriği yüksek içeceklerle sindirimi nitrozamin düzeyinde azalma sağlamaktadır.

Bilim Kodu : 10105,01
Anahtar Kelimeler : N-nitrosodimethylamine, N-nitrosodiethylamine, Et çeşitleri, İşlenmiş et ürünleri, Nar suyu, Portakal suyu, Havuç suyu, Yeşil çay, Beyaz çay
Sayfa Adedi : 112
Danışman : Prof. Dr. Nilüfer ACAR TEK
İkinci Danışman : Doç. Dr. Mustafa YAMAN

IN VITRO INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CERTAIN FUNCTIONAL
BEVERAGES ON THE REDUCTION OF NITROSAMINES IN HEAT-TREATED
MEAT PRODUCTS

(Ph. D. Thesis)

Gölsüm DEVECİ

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF HEALTH SCIENCES

May 2025

ABSTRACT

Nitrosamines are compounds formed by a reaction between nitrates or nitrites and certain amines. This study aimed to investigate the amounts of nitrosamines formed in different meat varieties applied with different cooking methods and the changes in the in vitro digestive system. At the same time, the effect of digestion of meat varieties with different functional beverages on nitrosamines in the in vitro digestive system was investigated. The study included beef, turkey meat, sucuk, salami, sausage types from meat varieties and orange juice, pomegranate juice, carrot juice, white tea and green tea from beverages. The types and amounts of nitrosamines (N-nitrosodimethylamine (NDMA) and N-nitrosodiethylamine (NDEA)) formed in meat varieties and ascorbic acid values of beverages were determined by high performance liquid chromatography; total antioxidant capacity and total phenolic content levels of beverages were determined by spectrophotometer. As a result of the study, NDMA value decreased statistically significantly after digestion of boiled turkey meat sausage alone ($p<0,005$). In addition, the NDEA values of raw beef sausage, boiled beef sausage, fried turkey salami and boiled beef decreased after digestion alone. While the digestion of fried turkey sausages with all beverages also decreased the NDMA value, the greatest decrease was seen in the orange juice group. While the digestion of boiled beef with all beverages decreased the NDMA value, the greatest decrease was seen in the white tea group. While the boiling method increased the NDMA and NDEA changes the least in all meat varieties, the boiling method provided the least increase on NDMA and NDEA changes in processed and unprocessed meat samples. However, the obtained data were not found to be statistically significant. As a result, the digestion of heat-treated meat varieties with beverages with high ascorbic acid, total antioxidant capacity and total phenolic content provides a decrease in nitrosamine levels.

Science Code : 10105,01

Key Words : N-nitrosodimethylamine, N-nitrosodiethylamine, Meat types, Processed meat products, Pomegranate juice, Orange juice, Carrot juice, Green tea, White tea

Page Number : 112

Supervisor : Prof. Dr. Nilüfer ACAR TEK

Co-Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Mustafa YAMAN

TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde yol gösteren ve desteğini her zaman hissettiren tez danışmanım Prof. Dr. Nilüfer ACAR TEK'e,

Araştırmanın analiz sürecinde yardımlarını esirgemeyen ikinci danışmanım Doç. Dr. Mustafa YAMAN'a,

Bu yolda desteklerini esirgemeyen, bilim yolunda elimden tutan ve emeklerini hiçbir zaman unutamayacağım Doç. Dr. Duygu AĞAGÜNDÜZ ve Dr. Öğr. Üyesi Büşra AYHAN'a,

Destekleri ile her zaman yanımda olan arkadaşlarım Dr. Arş. Gör. Özge CEMALİ, Dr. Arş. Gör. Elif ÇELİK ve Dr. Arş. Gör. Meryem SABAN GÜLER'e,

Bu süreçte tanıdığım değerli arkadaşım Arş. Gör. Gamze AYAKDAŞ'a,

Hayatımın her anında bana güvenen ve cesaretlendiren babam Hüseyin DEVECİ'ye, annem Selma DEVECİ'ye, kardeşim Meryem DEVECİ'ye ve Mehmet Zahid Deveci'ye, ve desteği ile her zaman yanımda olan Sevdığım'e,

Tüm kalbimle teşekkür ediyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1. Nitrat ve Nitrit.....	5
2.1.1. Nitrat ve nitrit kaynakları	6
2.1.3. Nitrat ve nitritlerin fonksiyonları	11
2.2. Nitrozaminler	12
2.2.1. Nitrozamin oluşum koşulları.....	14
2.2.2. Nitrozamin besinsel kaynakları.....	17
2.2.3. Nitrat, Nitrit ve Nitrozamin Metabolizması	21
2.3. Et Tüketimi ile Nitrozamin Alımı.....	22
2.3.1. Türkiye’de epidemiyolojik çalışmalar	22
2.3.2. Yasal düzenlemeler	23
2.4. Besin ve Besin Öğelerinin Etlerin Nitrozamin Düzeyi Üzerine Etkileri	24
2.5. Fonksiyonel İçecekler ve Nitrozaminler Üzerine Etkisi.....	27
2.6. <i>In vitro</i> Sindirim Sistemi Modeli	30
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	33
3.1. Çalışmanın Yeri, Zamanı ve Genel Planı	33

	Sayfa
3.2. Kimyasallar ve Enzimler	34
3.3. Örneklerin Hazırlanması.....	35
3.4. Etlerin Temini ve Analize Hazırlanması	40
3.5. İçeceklerin Temini ve Analize Hazırlanması.....	41
3.6. <i>In vitro</i> Sindirim Sistemi Koşulları ve <i>In vitro</i> Sindirim	42
3.7. Nitrozamin Analizi	43
3.8. Askorbik Asit Analizi	44
3.9. Toplam Antioksidan Kapasite Analizi.....	45
3.10. Toplam Fenolik İçerik Analizi.....	45
3.11. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi	46
4. BULGULAR	49
4.1. Et Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sindirim Sonrası Oluşan Nitrozamin Değerleri	49
4.2. Etlerin ve İçeceklerin Birlikte Sindirimi Sonrası Oluşan Nitrozaminlerin (NDMA ve NDEA) Değerlendirilmesi.....	53
4.3. Et Örneklerinde Çiğ ve Farklı Pişirme Yöntemleri ile Nitrozamin (NDMA ve NDEA) Değişimlerinin Değerlendirilmesi	69
5. TARTIŞMA	73
5.1. Et Örneklerinde Nitrozaminlerin (NDMA ve NDEA) Değerlendirilmesi.....	73
5.2. Et ve İçecek Örneklerinin Birlikte Sindiriminin Nitrozamin Miktarı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi	75
5.3. Et Örneklerinde Pişirme Yönteminin Nitrozamin Miktarlarına Etkisinin Değerlendirilmesi	78
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	81
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ	109

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi	37
Çizelge 3.2. İşlenmiş etlerin etiket bilgileri	40
Çizelge 3.3. İçeceklerin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik değerleri	42
Çizelge 4.1. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDMA değerlerinin (µg/100 gram, µg /1 porsiyon) karşılaştırılması.....	50
Çizelge 4.2. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDEA değerlerinin karşılaştırılması.....	52
Çizelge 4.3. Dana etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	55
Çizelge 4.4. Dana etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	57
Çizelge 4.5. Dana etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	59
Çizelge 4.6. Hindi etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	61
Çizelge 4.7. Hindi etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	63
Çizelge 4.8. Hindi etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	65
Çizelge 4.9. Dana eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	67
Çizelge 4.10. Hindi eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon).....	69
Çizelge 4.11. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDMA değişimleri üzerine etkisi.....	70
Çizelge 4.12. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDEA değişimleri üzerine etkisi.....	71

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Nitrat ve nitritin miktar belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri	6
Şekil 2.2. Besinlerde sık görülen nitrozamin türleri	13
Şekil 2.3. Cost InfoGest statik sindirim yöntemi.....	31
Şekil 3.1. Çalışmanın genel iş akış planı	34
Şekil 3.2. <i>In vitro</i> sindirim koşulları	43
Şekil 4.1. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDMA değerlerinin karşılaştırılması.....	49
Şekil 4.2. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDEA değerlerinin karşılaştırılması.....	51
Şekil 4.3. Dana etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	54
Şekil 4.4. Dana etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	56
Şekil 4.5. Dana etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	58
Şekil 4.6. Hindi etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	60
Şekil 4.7. Hindi etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	62
Şekil 4.8. Hindi etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g).....	64
Şekil 4.9. Dana eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g)	66
Şekil 4.10. Hindi eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g)	68
Şekil 4.11. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDMA değişimleri üzerine etkisi	70
Şekil 4.12. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDEA değişimleri üzerine etkisi	71

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
ABTS	2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit)
BMDL10	Karşılaştırma dozu
CA	Selüloz asetat (Cellulose acetate)
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CaCl ₂ .2H ₂ O	Kalsiyum klorür dihidrat
DIPNA	N- nitrosodiisopropylamine
dk	dakika
DMPO	5,5-dimetil-1-pirolin N-oksit
DPPH	2,2-difenil-1-pikril-hidrazil-hidrat
E249	Potasyum nitrit
E250	Sodyum nitrit
E251	Sodyum nitrat
E252	Potasyum nitrat
EFSA	Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (European Food Safety Authority)
EIPNA	N-Nitrosoethylisopropylamine
EuroFIR	Avrupa Gıda Bilgi Kaynağı (European Food Information Resource)
FOSHU	Fonksiyonel gıdalar; belirli sağlık kullanımları için gıdalar (Foods for specified health uses)
g	gram
HBr	Hidrojen bromür
HCl	Hidroklorik asit
HPLC	Yüksek performanslı sıvı kromatografisi (High-performance liquid chromatography)
KCl	Potasyum klorür
kg	Kilogram

Kısaltmalar	Açıklamalar
L	Litre
LAB	Laktik asit bakterileri
mg	Miligram
mL	Mililitre
mM	Milimolar
NA	Nitrozamin
NaCl	Sodyum klorür
NaHCO₃	Sodyum bikarbonat
NaOH	Sodyum hidroksit
NDBA	N-nitrosodi-n-butylamine
NDEA	N-nitrosodiethylamine
NDMA	N-nitrosodimethylamine
NDPA	N-nitrosodi-n-propylamine
NDPH	Nitrosodiphenylamine
ng	Nanogram
nm	Nanometre
NMEA	N-nitrosomethylethylamine
NMOR	N-Nitrosomorpholine
NMPA	N-Nitrosomethylphenylamine
NMPHA	N-Nitrosomethylphenylamine
N-NO	Amin grubu
NPIP	N-nitrosopiperidine
NPYR	N-nitrosopyrrolidine
ppb	µg/kg
ppm	mg/kg
QuEChERS	Hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli (Quick easy cheap, effective, rugged, and safe)
R-NH₂	Birincil amin grubu
R-NO	Nitrozo grubu
rpm	Dakikadaki devir sayısı (Revolutions per minute)
SEBS	Simüle edilmiş bağırsak sıvısı
SEMS	Simüle edilmiş mide sıvısı

Kısaltmalar	Açıklamalar
SETS	Simüle edilmiş tükürük sıvısı
S-NO	Tiyol grubu
SPSS	Statistical package for the social sciences
TBARs	Tiyobarbitürik asit reaktif maddeler (Thiobarbituric acid-reactive substance)
TD50	Medyan toksik doz
TEAC	Trolox eşdeğer antioksidan kapasitesi (Trolox equivalent antioxidant capacity)
U/mL	Uluslararası birim/mL
UV/VIS	Ultraviyole/Görünür spektroskopi (Ultraviolet/visible spectroscopy)
µg	Mikrogram
µm	Mikrometre

1. GİRİŞ

Etler ve et ürünleri genellikle yüksek biyolojik değere sahiptir. Bunlar protein, B grubu vitaminleri, mineraller, eser elementler ve diğer bazı biyoaktif bileşenler açısından iyi kaynaklardır [1]. Etlerin işlenmesi sonucu elde edilen ürünlere ise işlenmiş etler denir. İşlenmiş etlerin lezzetinin korunması ve artırılması amacıyla tuzlama, kürleme, fermentasyon, tütsüleme veya diğer işlemler uygulanmaktadır [2]. Ayrıca et ürünlerinin lezzetine, kırmızı renginin stabilitesine ve ürünlerin güvenliğine etkisi olan nitrat, nitrit ve bunların tuzları eklenmektedir [3]. Bu durum işlenmiş et ürünlerinin tüketimi ile vücuda nitrit ve nitrat alımını beraberinde getirmektedir.

Diyetle alınan nitrat ve nitritlerin bir kısmı mide asidiyle karşılaştığında sekonder amin gibi bazı amin türlerin varlığında nitrozaminleri meydana getirirler. İnce bağırsağa ulaşan bir miktar kalıntı (rezidü) nitrit ve nitrat emilerek kan dolaşımına geçmektedir. Tükürük bezleri kanda dolaşan nitratın yaklaşık %25'ini aktif olarak almaktadır. Ağız boşluğundaki mikroorganizmalar daha sonra bu nitratı nitrite dönüştürür. Kalan nitratın büyük bir kısmı ise idrarla atılır [4]. Bu metabolik süreçte oluşan nitrozaminlere ek olarak, işlenmiş et ürünlerinin tüketimi ile bu etlerde hali hazırda bulunan nitrozaminler de vücuda alınmaktadır. Bu durum işlenmiş etlerin nitrozamin yükünün artmasına ve hastalıklarla ilişkilendirilmesine neden olmaktadır. Bir meta-analiz çalışmasına göre, işlenmiş et tüketiminde günlük 30 g/gün artış kohort çalışmalarında mide kanseri riskinde 1.15 kat, vaka-kontrol çalışmalarında ise 1.38 kat artışa neden olmaktadır [5, 6].

Nitrit ve nitrat et ürünlerinin korunmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Et ürünlerindeki nitritler ikincil aminlerle reaksiyona girmektedir [7]. Et ürünlerinde gerçekleşen reaksiyonlar sonucunda uçucu olan ve olmayan N-nitrozaminler meydana gelir. Günlük diyetle işlenmiş etlere (sucuk, sosis, pastırma gibi) yer verilmesi nitrozaminlerin yeniden incelenmesini ön plana çıkarmaktadır [8]. İşlenmiş et ürünlerinde genellikle N-nitrosodimethylamine (NDMA), N-nitrosodiethylamine (NDEA), N-Nitrosopiperidine (NPIP), N-Nitrosodibutylamine (NDBA), N-Nitrosopyrrolidine (NPYR) gibi nitrozamin türlerine rastlanmaktadır [9]. Sosislerde NDEA, N-Nitrosomethylethylamine (NMEA), NDMA, N-Nitrosodipropylamine (NDPA), NPIP, NPYR ve NDBA görülmektedir [10-12]. Bunun yanı sıra salamlarda NDEA, sucuklarda NPYR ve NDBA pastırmalarda NDEA, NPYR ve NPIP görülen nitrozamin türleri arasında yer almaktadır [11].

İşlenmiş etlerin üretimi ve hazırlanması sırasındaki birçok faktör nitrozamin oluşumunu etkilemektedir. İşlenmiş et ürünlerinin üretim sıcaklığı ve süresi NDMA ve NDEA oluşumu etkilemektedir. Sosislerde 90-130°C arasında sıcaklığın artışı her iki nitrozamin miktarını artırmaktadır. Ayrıca 2-4 saat arası üretim süresindeki artış ile NDMA ve NDEA oluşum miktarı arasında pozitif korelasyon görülmektedir [13]. Pişirme yöntemleri nitrozamin oluşumunda etkili olan diğer bir faktördür. Hayvansal ürünlerdeki toplam nitrozamin miktarı pişirmeyle beraber artabilmektedir. Özellikle fritöz ile pişirilmiş et örneklerinde NDMA ve NPYR görülmektedir [14]. Sosislere çiğ, kızartma, fırında pişirme ve ızgara yöntemleri uygulanan bir çalışmada, NDEA, NMEA, NDMA, NDPA, NPIP ve NDBA miktarlarının farklı düzeylerde oluştukları görülmüştür [10]. Kızartma uygulanan sosislerde toplam nitrozamin ve NDMA miktarı artmaktadır. Çiğ sosislerde ise NPYR, NDEA ve NDBA miktarları kızartılmış sosislere göre daha fazla görülmüştür [15]. Tavada kızartılan (100°C, 10 dakika) sosislerde ise NPIP miktarı artmıştır [16]. Biyojen amin nitrozamin miktarını etkileyen diğer bir etmendir. Pastırmalarda NDEA, NDMA, NPYR ve NPIP görülmekle beraber bunların oluşumunda biyojen amin miktarı önemlidir. Halihazırda etlerde bulunan feniletilamin, histamin, spermidin ve spermin miktarı NDMA miktarı ile pozitif korelasyon göstermektedir [17]. Et türü, miktarı ve pişirme türü nitrozamin oluşumunu etkileyebilir. Kırmızı et oranı %70 olan sosislerin kızartma ve fırında pişirilmesi ile en yüksek konsantrasyonda NDEA oluşturduğu görülmüştür [18].

Üretim ve hazırlama sırasında oluşan nitrozamin miktarlarının azaltılmasında birçok yol izlenmektedir. Et ürünlerinde nitrozaminlerin varlığını azaltma stratejilerinden en önemlisi ürüne eklenen nitrit seviyelerinin azaltılmasına yöneliktir. Diğer stratejiler arasında nitroz asit miktarını azaltmak için askorbat veya eritorbat ilavesi yer almaktadır. Bir diğer strateji ise baharat, antioksidan ve fenolik bileşik içeren besin ve bileşenlerinin eklenmesidir [19, 20]. Pişirme ısısının düşürülmesi, direkt ısıdan kaçınılması, vitamin ve polifenoller gibi bileşenlerin eklenmesi sayılabilir [12].

Doğal biyoaktif bileşikler antioksidan etkileri, prekürsörleri (öncülleri) azaltma ve mikrobiyal aktiviteleri düzenleme yoluyla besinlerdeki nitrozaminlerin miktarını azaltırlar [21, 22]. Üretimi sırasında tokoferol veya çay polifenollerinin eklendiği etlerde depolama süresince NDEA oluşumu azalmaktadır [23]. Klasik üretimden farklı olarak, pastırma üretiminde doğal nitrit kaynağı olarak karnabahar tozunun kullanılması NPYR oluşumunu azaltmaktadır [24]. Biberiye ve yeşil çay özütü eklenerek üretilen sucuklarda pişirmeyle

beraber (0-3 dakika) NDMA, NDEA, NPYR ve NPIP miktarlarında artış görülmüştür. Bu özütlerin eklendiği sucuklarda toplamda nitrozamin miktarlarında bir değişiklik olmasa da, rezidü nitrit miktarı azalmıştır [25]. Karabiber eklenen sucukların rezidü nitrit miktarında bir değişiklik görülmezken, NDMA miktarında artış olmuştur. Bu sucuklarda pişirme süresinin artışına bağlı olarak NPIP miktarı ise artmıştır [26]. Sosis üretiminde gallik asit eklenmesi biyogen amin ve nitrit birleşimini önleyerek nitrozamin oluşumunu önlediği bulunmuştur. Ayrıca gallik asit putresin ve dimetilamin gibi temel öncülleri azaltarak NDMA miktarını azaltmıştır [27]. Siyah sarımsak eklenen sosislerde rezidü nitrit miktarı azalmıştır. Bununla birlikte sosislerde oluşan NDMA miktarı pişirme süresi (0-3 dakika) ile birlikte pozitif ilişki göstermiştir [28]. Sosis üretiminde eklenen çiğ ve pişmiş limon albedoların rezidü nitrit düzeylerinde azalma sağladığı görülmüştür [29]. Fermente soya sosu eklenen sosislerde ise rezidü nitrit azalmıştır [30]. İşlenmiş et ürünlerinin hamuruna eklenen besin ekstraktları antioksidan ve fenolik içerik kaynağı olarak görev yaparak rezidü nitrit ve nitrozamin düzeylerini etkilemektedir [31].

Günlük diyetle artan işlenmiş et ürünleri göz önüne alındığında bu çalışmada, farklı pişirme yöntemleri uygulanan et çeşitlerinde nitrozamin miktarları ve *in vitro* sindirim sistemle değişimleri incelenmiştir. Ayrıca günlük hayatta sık tüketilen bazı fonksiyonel içeceklerin et ve işlenmiş etlerle birlikte tüketiminin nitrozamin miktarları üzerine etkisini *in vitro* ortamda incelemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma verileri doğrultusunda genel tüketim önerileri de oluşturulmuştur.

Bu çalışmanın hipotezleri:

- Pişirme yöntemlerinden haşlama yöntemi uygulanan et örneklerindeki nitrozamin miktarı kızartma yöntemi uygulanan et örneklerindeki nitrozamin miktarına göre daha azdır.
- Fonksiyonel içecekler çiğ ve ısıtılmış işlem görmüş et örneklerindeki nitrozamin miktarını azaltır.
- İçeceklerin askorbik asit düzeyi ısıtılmış işlem görmüş et örneklerindeki nitrozamin miktarını azaltır.
- İçeceklerin toplam fenolik asit düzeyi ısıtılmış işlem görmüş et örneklerindeki nitrozamin miktarını azaltır.

- İçeceklerin toplam antioksidan kapasite düzeyi ısııl işlem görmüş et örneklerindeki nitrozamin miktarını azaltır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Nitrat ve Nitrit

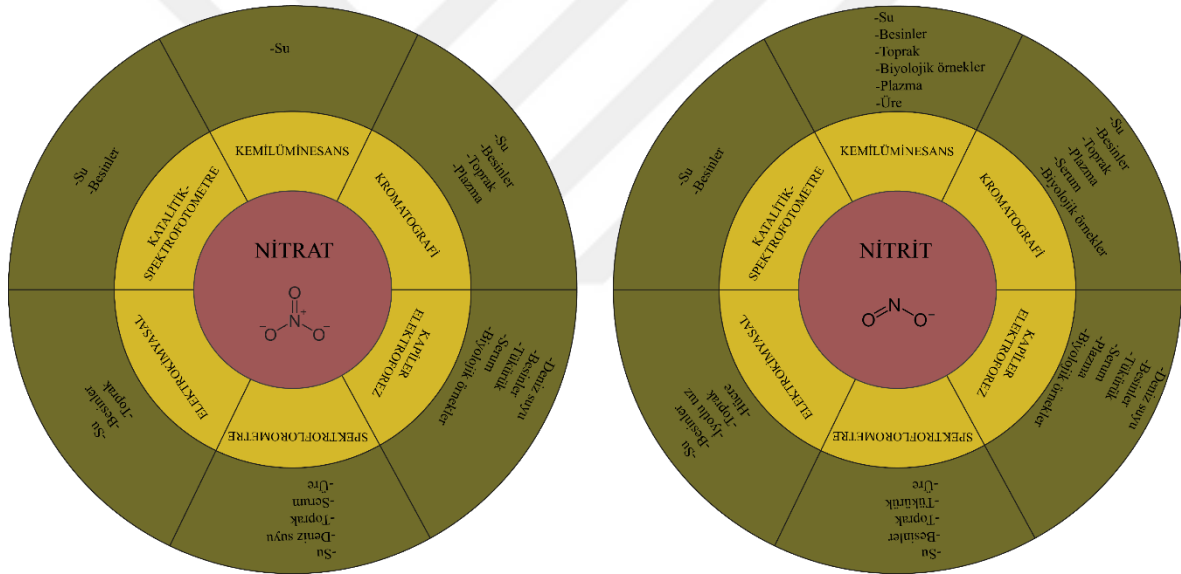
Nitrojen döngüsünün bir parçası olan nitrat ve nitrit doğal olarak oluşan iyonlardır. Çevre, endüstri ve fizyolojik sistemlerin her birisinde bu iyonlara rastlanmaktadır. Çeşitli besinlerin yapısında da nitrat ve nitrit yer almaktadır. Besinlerde doğal olarak bulunduğu gibi renk, lezzet, mikrobiyal ve oksidan durumlarında olumlu etkilerinden dolayı iyileştirici bir bileşen olarak besinlere ilave de edilmektedir [32, 33]. Kimyasal ve biyolojik süreçler sonucunda nitrat ve nitritin birbirlerine dönüşümleri söz konusudur [33, 34]. Biyolojik olarak tükürük bakterileri tarafından nitrat nitrite indirgenmektedir. Mide asidi koşullarında ise nitrit sekonder aminlerle reaksiyona girerek nitrozamin gibi N-nitrozo bileşiklerine dönüşmektedir. Dolayısıyla diyetle alınan eksojen nitrit ve nitrat nitrozaminlerin öncüsü olarak kabul edilmektedir [32, 35]. Nitrit ve nitrat bileşiklerinin endojen üretimi ise nitrik oksitin indirgenmesi ile mümkün olmaktadır [34]. Kan ve dokularda endojenik meydana gelen bu bileşikler tekrar nitrik oksit oluşturarak bu döngüyü tamamlamaktadır [36].

Nitrat; nitrik asitin konjuge bazı olup inorganik okside ajandır [37]. Kompostlardan, çürümüş bitkilerden ve diğer canlı organizmalardan meydana gelmekte ve ayrıca havada, toprakta, suda ve besinlerde bulunmaktadır [38]. Böylece insanlara nitratın bir kısmı hayvan ve toprak iken bir kısmı da içme suyundan geçmektedir [39]. Peynir, çiğ ve işlenmiş et, yenilebilir şarküteri, işlenmiş balık gibi ürünlerin gıda sanayisinde nitrat önemli bir katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Görünüşte toksik olmamasına rağmen depolama ve hazırlama sürecinin yanı sıra endojen olarak tükürük, mide ve anaerobik koşullarda nitrite indirgenmeleri ve bu nitritin potansiyel nitrozamin bileşikleri üretimine neden olması nitratları önemli kılmaktadır [38, 39]. Tüketime bağlı olarak alınan nitratlar N-nitrozo bileşikleri ve nitrik oksit üzerinden vazodilatasyon, kan basıncı, methemoglobinemi ve kanser gibi sağlık sorunları ile ilişkilendirilmektedir [36].

Reaktif nitrojen türlerinin bir üyesi olan nitrit ise bir nitrojen oksianyonu olup nitroz asitin bir proton kaybı ile meydana gelmektedir [40]. Nitrit besinlerin yapısında doğal bulunduğu gibi gıda koruyucu olarak kullanımı da söz konusudur [36]. Besinlerde çoğunlukla sodyum nitrit şeklinde kullanılan bu bileşik, bakteri üremesini önlemekte ve ürüne arzu edilen renk ve tadı vermektedir [41]. Ancak insanlarda nitrik oksit sentaz aktivitesinin ve endotel

fonksiyonunun bir belirteci olan nitritin hemoglobine bağlanarak oksijen taşıma kapasitesini azaltması ve kolayca kanserojen nitrozamin bileşiklerine dönüşmesi olumsuz özellikleri arasında kabul edilmektedir [41-43].

Besinlerde aşırı miktarda nitrit ve nitrat, gıda güvenliğinin önemli bir endişesi olmaktadır. Bu nedenle nitrit ve nitratın belirlenmesi için oldukça hassas, seçici, hızlı ve doğru yöntemler tercih edilmektedir. Yeni teknolojilerdeki gelişmeler bu bileşiklerin tanımlanması ve belirlenmesi kapasitesini arttırmaktadır. Besin ve diğer maddelerdeki nitrit ve nitratın miktar belirlenmesinde spektrofotometre, kemilüminesans, elektrokimyasal, kromatografi, kapiler elektroforez, spektrofotometre ve elektrokemilüminesans metotları kullanılmaktadır [44, 45] (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Nitrat ve nitritin miktar belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri

2.1.1. Nitrat ve nitrit kaynakları

Nitrat ve nitritin endojen kaynakları

İnorganik nitrat ve nitrit basit iyonik yapılara sahip olup hem endojen olarak üretilir hem de besinlerle birlikte alınır [46]. Vücutta ise nitrat ve nitritin iki temel kaynağı bulunmaktadır. Bunlar endojen L-arginin-nitrik oksit sentez yolu (klasik yol) ve diyet ile alıma bağlı olarak gerçekleşen nitrat-nitrit-nitrik oksit yoludur. Nitrat-nitrit-nitrik oksit yolu, klasik yolun tamamlayıcısı olarak görülmektedir [47].

Nitrik oksit sentaz enzimler aracılığıyla klasik yolakta nitrik oksit üretilir. Üretilen nitrik oksit dokularda ve plazmada nitrat ve nitritin endojen sentezini sağlar [47]. Nitrik oksit oksidasyonundan veya diyet kaynaklarından elde edilen inorganik nitrat, fizyolojik olarak gerekli olduğunda veya patolojik koşullarda tekrar nitrite ve nitrik oksite indirgenebilen reaktif nitrojen oksitlerin önemli bir depolama şeklidir [48]. Bu reaksiyonlar dokularda yavaş, plazmada ise hızlı gerçekleşir. Nitrik oksitin oksihemoglobin ile reaksiyonu sonucu endojen nitrat ve methemoglobin oluşurken; plazmada multibakır oksidaz ve nitrik oksit oksidaz seruloplazmin tarafından endojen nitrit oluşmaktadır [47].

Diyet ile alınan nitrat ve nitritin enterosalivar döngüsü, bu iki iyonun diğer endojen üretim yoludur [49]. Besinlerle alınan nitrat tükürük bezlerindeki bakteriyel nitrat redüktaz enziminin etkisiyle nitrite indirgenir. Mide asiditesinde ve enzimatik olmayan reaksiyonlar sonucu nitritin nitrik oksite indirgenmesi gerçekleşmektedir. Bir miktar nitrat ve indirgenmeyen nitritler, daha sonra intestinada absorbe edilmektedir. Kan dolaşımına geçen bu nitrit ve nitratlar hem kan hem de dokularda biyoaktif nitrik oksit oluşturmak üzere indirgenirler. Toplamda diyetle alınan nitratın yaklaşık %75'i idrarla atılırken, geri kalan miktar ise böbrek, safra ve tükürük bezlerinde geri emilir. Tükürük bezlerinin hücre zarlarında bulunan ve nitrat taşıyıcısı olan sialin, nitratın geri Emiliminde görev almaktadır. Tükürük bezlerinde meydana gelen nitrit ise diyet nitratın yaklaşık %5-7'sini oluşturmaktadır [50].

Nitrat ve nitritin eksojen kaynakları

Nitrit ve nitratın kaynakları arasında endojen oluşumun yanı sıra, beslenme önemli yer tutar. Diyetle alınan nitrit ve nitrat endojen döngüye ve metabolizmaya dahil olmaktadır [51]. Nitrit ve nitrat içeren çok çeşitli besinler bulunmakta ve bu bileşikler tuzlar şeklinde görülmektedir [52].

Sebze ve meyvelerde nitrat ve nitrit

Besinlerin içerdiği nitrit ve nitrat miktarlarının incelendiği birçok çalışma bulunmaktadır. Bu besinlerin başında sebze ve meyveler gelmektedir. İnorganik nitrat ve nitrit bitkisel besinlerde ve özellikle sebzelerde doğal olarak bulunmaktadır. Diyetle alınan nitratın %80-95'inden fazlası sebzelerden ve özellikle de marul, ıspanak, lahana, roka, kırmızı pancar ve

turp gibi yeşil yapraklı sebzelerden gelmektedir [53, 54]. Bitkilerin yetiştiği çevresel koşullardan insan tüketimine kadarki süreçler bitkilerdeki nitrat ve nitrit miktarını etkilemektedir [55]. Nitrat ve nitrit miktarı açısından sebze ve meyvelerdeki bu farklılıklarda rol oynayan birçok faktör bulunmaktadır. Gün ışığı yoğunluğu, toprak türü, sıcaklık ve nem, tarladaki bitki sıklığı, bitkinin olgunluk derecesi, hasat zamanına, sebzenin büyüklüğü, depolama süresi, fermentasyon işlemi, yetiştirilme türü, sulamada kullanılan su türü ve pişirme yöntemleri sebze ve meyvelerdeki farklılığın nedenleri arasında yer almaktadır [56, 57].

Sebze ve meyvelerin dahil edildiği bir çalışmada, marulda en yüksek nitrat belirlenirken, meyvelerde (üzüm, şeftali, elma ve armut) ve domateste düşük nitrat içeriği görülmüştür [58]. Yapılan bir çalışmaya göre, meyvelerdeki nitrat ve nitrit miktarları 100 gramlarında sırasıyla 7.50-46.8 mg ve 0.15-0.71 mg iken, üzümün nitrit miktarı nardan daha fazladır. Meyve türlerinden kavunun (46.8 mg/100 g), muzun (44.4 mg/100 g) ve mandalınanın (32.6 mg/100 g) yüksek nitrat içerdiği görülmüştür. Sebzelerin nitrit miktarı da meyvelerle benzerlik göstermektedir. Turp, pancar, tarhun, marul, nane ve kereviz yüksek nitrat içerdiği görülmüştür. Yeşil yapraklılardan nane ve reyhan en yüksek nitrit miktarına sahipken, çemen otu ve tarhun en yüksek nitrata sahip besinler olarak tespit edilmiştir [59]. Yine benzer bir başka çalışmada, lahana, marul, havuç en yüksek nitrat içeriğine sahipken, meyvelerde çilek ve muzda yüksek nitrat içerdiği görülmüştür. Dereotu ve karnabahar ise yüksek nitrit içeren sebzeler arasında yer almıştır [60].

Yetiştirme türünün nitrat ve nitrit miktarına etkisinin incelendiği çalışmada, Matallana González ve arkadaşları (2010) organik yetiştirilen sebzelerden İsviçre pazı türlerinin ve ıspanağın nitrat miktarı yönünden ilk sıralarda yer aldığını bildirmektedir. Çiçekli sebzelerden karnabahar ve meyveli sebzelerden sakız kabağının nitrat miktarı düşüktür. Aynı zamanda bazı sebzelerin (ıspanak, lahana ve patlıcan) yaz aylarında hasat edilen örneklerinde nitrat içeriğinin daha düşük olması, iklim koşullarının bir bitkideki nitrat seviyeleri üzerindeki etkisini göstermiştir [61]. Bir başka incelemede, geleneksel olarak yetiştirilenlere kıyasla organik olarak yetiştirilen marul, aysberg, ıspanak, lahana, patates ve domates daha düşük nitrat değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Soğuk iklimde ve organik olarak yetiştirilen su teresi ve havuç ise daha yüksek nitrat içerdiği tespit edilmiştir. Farklı marul, roka, ıspanak, lahana türlerinde ait sebzelerde yine iklim farklılığı (soğuk ve ılık)

nitrat içeriğini etkilemekte ve soğuk iklimde yetiştirildiğinde nitrat içeriği daha fazla olmaktadır [62].

Sebzelerin incelenen kısımlarındaki farklılık, nitrat ve nitrit içeriğinin farklı olmasına neden olabilir. Meyveli sebzeler (160.13 mg/kg) kıyasla kök-yumrulu sebzelerde (1193 mg/kg) ve yapraklı sebzelerde (1173 mg/L) önemli ölçüde daha yüksek nitrat birikimi görülmüştür [63]. Kök ve yumru sebzelerin diğer meyve ve sebzelerle karşılaştırıldığında daha yüksek düzeyde nitrat biriktirdiği bildirilmektedir. Sebze ve meyvelerdeki bu farklılıklar yüksek sıcaklık ve daha uzun güneş süresi durumunda daha düşük nitrat içeriği ile ilişkilendirilmektedir [64]. Kök sebzelerden turp tüm sebzelerin toplam nitrat içeriğinin %65.8'ini oluşturmaktadır [63].

Sebze ve meyvelerde nitrat-nitrit miktarının farklılığında etkili bir diğer etkili faktör uygulanan depolama koşulları ve ısı işlemlerdir. Farklı sıcaklıklarda depolanan, soğuk (+4°C) ve dondurma (-4°C) koşullarında depolanan lahana, havuç, domates, salatalık ve kavunun nitrit miktarı oda sıcaklığında depolanan hallerine göre daha az olduğu görülmüştür. Bununla birlikte haşlama yöntemi uygulanan sebzelerde buharda pişirilenlere göre daha yüksek nitrit içerdiği belirlenmiştir. Buharda pişirilen sebzeler ise kızartılanlara göre daha yüksek nitrit içerdiği görülmüştür [65].

Etlerde nitrat ve nitrit

Etlerdeki nitrit ve nitratlar büyük ölçüde araştırılan bir diğer konudur. Günümüzde et ürünlerinin artan tüketimi nedeniyle nitrit ve nitrat katkı maddelerinin araştırılması yeniden gündeme gelmektedir. Katkı maddesi kullanılmayan kırmızı ve beyaz etlerde de bir miktar nitrit ve nitrat miktarı görülmektedir [66, 67].

Taze etlerin yanı sıra işlenmiş et ürünleri aslında nitrit ve nitrat yönünden daha ön plana çıkmaktadır. İşlenmiş etlere eklenen potasyum nitrit (E249), sodyum nitrit (E250), sodyum nitrat (E251) ve potasyum nitrat (E252) önemli nitrat ve nitrit kaynakları arasında yer almaktadır [68]. Kürlenme bileşeni ve koruyucu ajan olarak işlenmiş et ürünlerine üretimleri sırasında nitrit ve nitrat tuzları ilave edilmektedir [69-72].

İşlenmiş etlerin dahil edildiği bir çalışmada, ortalama nitrat ve nitrit miktarı sırasıyla 5.56–19.4 mg/100 g ve 2.93–13.9 mg/100 g'dır [59]. İtalyan işlenmiş et ürünlerinin üzerinde yapılan bir çalışmada, en yüksek nitrit seviyesi *wurstel* (Viyana sosisi) ve *Bresaola* (İtalyan pastırması)'da belirlenirken (sırasıyla 29.7 mg/kg ve 30.1 mg/kg), terbiyeli sosis en düşük nitrit (yaklaşık ≤ 6.2 mg/kg) içerdiği görülmüştür. Aynı zamanda *Bresaola*'nın nitrat miktarı en yüksek olarak tespit edilmiştir [73]. Vranic ve arkadaşlarının (2021) yaptığı çalışmaya göre ise, pişmiş sosislerdeki sodyum nitrit içeriği (ince kıyılmış sosislerde 40.35 mg/kg ve iri kıyılmış sosislerde 33.75 mg/kg) fermente sosislerinden (kuru fermente sosislerde 1.86 mg/kg; yarı fermente sosislerde 1.83 mg/kg) daha yüksek bulunmuştur [74].

Besinlerdeki nitrit ve nitratın ölçümü et endüstrisinde kalite kontrolünün bir parçasıdır. Bu ölçümler nitrit ve nitrat iyonlarının kütle fraksiyonlarının ölçümü UV tespitiyle ve iyon kromatografisiyle yapılmaktadır [75]. Böylece ölçümler sayesinde etlerdeki rezidü nitrit ve nitrat miktarları tespit edilebilmekte ve kontrolü yapılmaktadır [76-78]. Ledezma-Zamora ve arkadaşlarının (2021) yaptığı bir çalışmada, işlenmiş et ürünlerinde rezidü nitrit konsantrasyonu ortalama 76.5 mg/kg (11-278 mg/kg)'dır [79]. İşlenmiş et ürünlerinden sosislerde rezidü nitrit düzeyi incelendiğinde, çiğ ve işlenmiş domuz sosisinde (64.83 ± 31.15 ppm) en yüksek nitrit düzeyi belirlenirken, tavuk sosisinde (29.08 ± 22.10 ppm) bu düzey daha düşük olduğu görülmüştür [80].

Gıda sanayisinde nitrat ve nitritin gıda katkı maddesi olarak kullanımı etlerde özellikle *Clostridium botulinum* patojen mikroorganizmanın büyümesini ve gelişmesini önlemekte, ayrıca etin pembemsi-kırmızımsı renginin gelişmesini sağlamaktadır [81, 82]. Etlerde hem istenilen özelliklerin sağlanması hem de raf ömrünün korunmasında nitrat ve nitritler kullanılsa da, N-nitrozo bileşik oluşturma eğilimleri sağlık açısından yeniden göz merceğine alınmasına neden olmaktadır [83, 84]. Bundan dolayı gıda sanayiinde sentetik yerine doğal nitrat kullanımı çalışmaları yapılmaktadır. Sentetikten uzak temiz etiketli ürünler arayan et tüketicileri arasında artan bir “anti-nitrit hissi” söz konusudur. Et ürünlerinde nitrat kaynağı olarak turpgiller sebzelerinin incelendiği bir derlemeye göre, wucaı (*Brassica campestris* ssp. *chinensis* L), hardal (*Brassica juncea* L), roka (*Eruca sativa* Mill), turp (*Raphanus sativus* L), şalgam (*Brassica rapa* L) ve su teresi (*Nasturtium officinale*) türlerinin yaprak, çiçek veya kök kısımları nitrat içeriği yönünden zengin olup turpgillerden elde edilen doğal özlerin yüksek nitrat içeriği nedeniyle temiz etiket ve alternatif stratejide önemli olabileceği belirtilmektedir [85].

Diğer besinlerde nitrat ve nitrit

Nitrat ve nitrit kaynaklarından bir diğeri tahıllar ve süt grubu besinlerdir. Tahıllarda orta derecede nitrat kaynağı, tahıl nitrat ve nitrit miktarları sırasıyla 49 mg/kg ve maksimum 0.5 mg/kg'dır [58]. Ekmeklerde yüksek nitrat konsantrasyonu gözlenebilmekte ve yaklaşık 50 mg/100 g değerlerine ulaştığı görülmüştür. Süt ve ürünlerinin (yoğurt ve peynir) ortalama nitrat ve nitrit miktarı sırasıyla 0.14-0.45 mg/100 g ve 1.26-5.75 mg/100 g içerdiği belirlenmiştir [59].

Fermente besinlerde nitrit aslında ilk basamakta oluşmakta ve en yüksek sınırlarına ulaşmaktadır. Ancak fermentasyonun son basamağında nitrit içeriği düşmektedir [65]. Asitlendirilmiş (fermente edilmiş) sebze ve meyvelerin nitrat ve nitrit miktarlarının incelendiği farklı bir çalışmada, yeşil fasulye, kırmızı lahana, kimchi, pancar turşusu, marine edilmiş mantarlar ve Yunan zeytinlerinin 100 gramlarındaki nitrit miktarı sırasıyla 0.1, 0.2, 1.4, 0.6, 0.2 ve 0.3 mg olup çoğu salamura sebzelerin nitrat miktarı 25 mg'ın altında olduğu görülmüştür [86].

İçme suyu diğer doğal nitrit ve nitrat içeren besinler arasında yer almaktadır [69, 70, 87]. Bunlardan su kaynaklı nitrat alımının yaklaşık yarısı sadece su yoluyla görülürken; diğer yarısı yetişkinlerde çay ve kahve tüketimi, çocuklarda su bazlı meyve içeceklerinin tüketimi ile olmaktadır [88]. Yeraltı sularının değerlendirildiği bir çalışmada, yer altı suyu kuyularının %42'sinde nitrat konsantrasyonun izin verilenin üzerinde olduğunu görülmüştür [63].

2.1.3. Nitrat ve nitritlerin fonksiyonları

Diyet nitrit ve nitratların temelde iki önemli fonksiyonlarından bahsedilir. Bunlardan birincisi gıda katkı maddesi olarak kullanımıdır. Etler, balık ve bazı peynir türlerinde antimikrobiyal etkisinden dolayı nitrat ve nitritlere ihtiyaç duyulur. Özellikle *Clostridium botulinum* Tip E büyümesinin inhibisyonunu sağlamaktadır [89]. Bu besinlerden işlenmiş et ürünlerine katkı maddesi olarak eklenmesindeki amaç ise patojen mikroorganizmaların üremesini baskılamak, antioksidan etkisi ve istenilen renk ve tadın eldesini sağlamaktır [90].

İşlenmiş etlerin lezzetinin artırılması ve raf ömrünün korunması amacıyla için tuzlama, kürlenme, fermentasyon, tütsülenme veya diğer işlemler uygulanmaktadır [91]. Nitrat ve nitrit

bu süreçte et kalitesi üzerinde antioksidan, lezzet iyileştirme ve koruma sağlama gibi özelliklere sahiptir [92]. Et ürünlerinde nitrat ve nitrit veya bunların tuzları önemli bir rol oynar [93-95]. Nitrit, *Salmonella enterica* serovar *Typhimurium*, *Listeria* türleri ve *Clostridium botulinum* dahil olmak üzere patojenik bakterilere karşı bakteriyostatik ve bakterisidal etkileriyle bilinmektedir. Nitrit peroksinitrite prekürsörlük yapar. Böylece nitrat, nitrit ve peroksinitrit sistemi oluşarak bakteriler için elverişli ortam engellenmiş oluşur. Bu sistem sayesinde bakteriyel stres (yüksek pH ve çok düşük oksijene bağımlı kısmi basınç) artırılır. Nitritin bu etkinliği su aktivitesinin yanı sıra peroksinitrit oluşumunu kolaylaştıran sodyum klorit ve askorbat varlığına bağlıdır. Bakterilerden gram negatif/fakültatif anaerobik bakteriler (*Escherichia coli*, *Salmonella*) bu duruma direnç gösterebilirken, *Clostridium botulinum* (gram pozitif anaerobik bakteri) daha hassastır [3].

Türk Gıda Kodeksi'ne (2019) göre işlenmiş et ürünleri nitrit ve nitrat tuzları içerebilmektedir. Türk Gıda Kodeksi'nde işlenmiş et ürünlerine eklenen nitrit ve nitrat tuzları potasyum nitrat, potasyum nitrit, sodyum nitrat ve sodyum nitrittir. İşlenmiş et ürünlerinde nitrit tuzları maksimum 150 mg/kg, nitrat tuzları ise 150-300 mg/kg arasındadır [96]. Türkiye'de işlenmiş et ürünlerinde rezidü nitrit ve nitrat miktarlarının incelendiği çalışmada, sodyum nitrat miktarının en yüksek sosiste (116.9 mg/kg) olduğu ve bunu sırasıyla sosis (88.1 mg/kg) ve salam (84.8 mg/kg) takip etmiştir. Bu et ürünleri arasında rezidü sodyum nitrit miktarı en yüksek salamda (37.4 mg/kg) olup bunu sosis (35.3 mg/kg) ve sucuğun (13.5 mg/kg) izlediği görülmüştür [97].

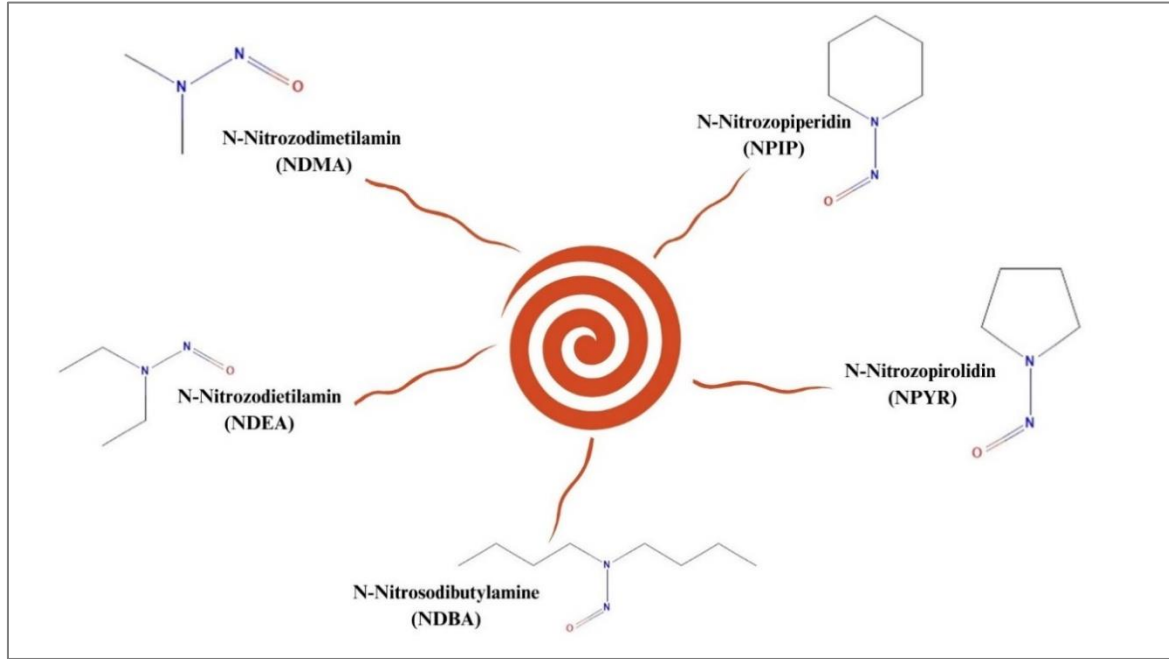
2.2. Nitrozaminler

Nitrozaminler, ortak bir fonksiyonel 4-nitrokinolin 1-oksit grubu taşıyan ve genel olarak bir N-nitrozo bileşiğini tanımlamak için kullanılan genel bir terimdir. N-nitrozo bileşikler iki sınıfa ayrılmaktadır: N-nitrozaminler ve N-nitrozamidler [98].

N-Nitrozaminler sekonder aminlerin N-nitrozo türevleridir [98]. N-nitrozo bileşiğinin amin azotuna radikal grupları bağlanacağı gibi daha kompleks kimyasal yapılar da (azot atomunu içeren halka yapıları dahil) bağlanabilir [99].

Besinlerde hem uçucu hem de uçucu olmayan nitrozaminler bulunmaktadır. İlk olarak çiftlik hayvanlarında kansere neden olan işlenmiş balık ununda keşfedilmişlerdir. Daha sonra bira

ve viski gibi alevle pişirilmiş malttan üretilen içeceklerin ve nitrit tuzlarıyla kürlenmiş etlerin ve işlenmiş et ürünlerinin yapısında görülmüşlerdir [100]. Besinlerde en fazla bulunan ve sık karşılaşılan nitrozamin türleri Şekil 2.2’de yer verilmiştir.



Şekil 2.2. Besinlerde sık görülen nitrozamin türleri

Nitrozamin analiz metotları

Gıda işleme ve pişirme gibi yöntemler, öncüllerin mevcut olması durumunda N-nitrozaminlerin sentezlenmesiyle sonuçlanır [101]. Bu öncüller ve üretilen nitrozamin miktarları çeşitli teknikler kullanılarak tanımlanmıştır [102]. 1980'lerde ne kadar nitrit ve nitrat eklendiği bilinmezken [103], analiz tekniklerinin geliştirilmesiyle chorizo sosisinin yüksek düzeyde nitrat içerdiği, konserve balık ürünlerinin ise önemli düzeyde nitrit içerdiği tespit edilmiştir [104]. Sonraki yıllarda, uçucu nitrozaminleri belirlemek için sıvı kromatografisi-atmosferik basınç kimyasal iyonizasyon kütle spektrometrisi ve tandem spektrometrisi kullanılmaya başlanmıştır. Bu analiz tekniği kullanılarak, kuru sosislerde NPYR, NDEA, NDMA ve NPIP belirlenirken, NPYR ile biyogenik aminlerin ilişkili olduğu yine tespit edilebilir [105]. Hem uçucu hem de uçucu olmayan nitrozaminlerin içeriklerinin eş zamanlı olarak belirlenmesi için sıvı kromatografisi tandem kütle spektrometrisi yöntemi hassas ve seçici bir yöntemdir [106]. Gaz kromatografisi ve kütle spektrometrisi sonuçlarına göre, sığır sosislerinin NPYR, NPIP ve toplam nitrozamin içerikleri tavuk sosislerine göre

daha yüksektir [107]. Yapılan bir çalışmada, işlenmiş et ürünlerinde N-nitrozaminlerin araştırılmasında gaz-sıvı kromatografisi-kütle spektrometrik yönteminin mineral yağ distilasyonu-termal enerji analizörü yöntemiyle uyumlu olduğu belirtilmiştir [108]. Bazı işlenmiş et ürünlerinde NDMA, NMEA, NDEA, NPYR, N-nitrosodi-n-propilamin, NPIP, NDBA ve NDPA türlerinin incelendiği bir çalışmada, ultrasonik çözücü ekstraksiyonu, ardından gaz kromatografisi kütle spektrometrisi kullanılmıştır. Bu çalışmaya göre, bu yöntemle ölçüm, et ürünlerindeki uçucu nitrozaminlerin analizi için en iyi yöntemdir. Ayrıca, bu yöntemin basit, hızlı analiz özelliklerine sahip ve yeterli hassasiyet sunduğu vurgulanmıştır [109]. Yeni QuEChERS (hızlı, kolay, ucuz, etkili, sağlam ve güvenli) tabanlı numune hazırlama yöntemiyle desteklenen gaz kromatografisi-kütle spektrometrisi ile yüksek verimli analizler gerçekleştirilmektedir [110]. Yakın zamanda (2023-2024), birçok analiz yöntemi geliştirilmiş ve/veya mevcut teknikler geliştirilmiştir. Farklı sosis ürünlerinde yapılan bir çalışmada, altı tür N-nitrozamin türünün (NDMA, NDEA, NMEA, NPIP, NDBA ve NDPA) izolasyonu ve eş zamanlı tayini için geliştirilmiş bir yöntem kullanılmıştır: Güçlü iki fazlı içi boş elyaf elektromembran ekstraksiyon tekniği ile gaz kromatografisi kütle spektrometrisi birleştirilmiştir [18]. N-nitrozamin türleri olan NDMA ve NDEA'nın analizinde de buhar distilasyonu ile birlikte sıvı kromatografi tandem kütle spektrometrisi yöntemi kullanılmaktadır [111]. Temel bir analitik yöntem olan direkt enjeksiyon gaz kromatografisi kütle spektrometrisi ile düşük miktarlarda N-nitrozaminler belirlenmekte ve NDMA, NDEA, NEIPA, NDIPA, NDPA ve NDBA miktarları ölçülebilmektedir [112]. Bununla birlikte terbiyum katkılı karbon noktalarına dayanan yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) nitrozaminlerin tayini için hassas ve yeni bir yöntemdir [113].

2.2.1. Nitrozamin oluşum koşulları

Nitrozasyon süreci, organik kimyasalların N- veya S-nitrozo türevlerine, yani nitrozo grubu (R-NO) grubu içeren bileşiklere dönüştürülmesini içerir. Organik moleküllere, öncelikle tiyollere (S-NO) veya aminlere (N-NO) bir nitrosonyum iyonu eklemek, kimyada nitrozasyon olarak bilinir. Nitrit ve birincil aminler (R-NH₂) etkileşime girdiğinde, son derece kararsız olan ve alkollere parçalanmış N nitrozaminler üretilir. N-nitrozamin üretimi nötr veya bazik pH'ta bile gerçekleşebilirken, hem N-nitrozasyon hem de S-nitrozasyon süreçleri asidik bir pH'ta gerçekleşebilir [114]. Nitrik oksit sentazlar tarafından üretilen endojen nitrik oksit reaksiyon ürünleri, endojen nitrozamin üretimi için bir diğer seçenektir [115]. L-arginin/nitrik oksit sentaz yolu endojen nitrat ve nitritlerin üretimiyle sonuçlanır.

Nitrik oksit, nitrik oksit sentaz varlığında endotel hücrelerinde L-argininden üretilir. Bu nedenle, oksî-hem proteinleri (oksihemoglobin veya oksimiyoglobin) kandaki aşırı nitrik oksidi hızla nitritlere ve nitratlara dönüştürür. Diyet nitratları ve nitritleri, bu koşullarda nitrik oksit sentaz aktivitesi azaldığından hipoksi ve iskemide hala faydalı olan tek nitrik oksit kaynaklarıdır [116].

N-nitrozamin oluşumunda birçok faktör etkilidir. N-nitrozamin oluşumuna neden olan faktörler arasında yer alan N-nitrozamin öncülleri, pişirme yöntemleri, pişirme sıcaklığı ve süresi ve depolama süresi ve bunların N-nitrozamin oluşumuyla ilişkisi değerlendirilir.

N-nitrozamin oluşumunda öncüller

Et ürünlerinin kürlleme işlemi sırasında nitrat ve nitrit kullanılır. Potasyum ve sodyum tuzları olarak eklenen bu iki maddenin kullanımı yasalarla düzenlenir. Mikroorganizmalar et ürünlerine eklenen nitrati nitrite dönüştürür [90]. Biyojenik aminler, prekürsör (öncül) bileşenlerin önemli bir bölümünü oluşturur. Nitrozamin molekülleri, antioksidanlar ve tazelik gibi sıklıkla diyet göstergeleri olan biyojenik aminler nitrit ile birleştiğinde oluşabilir. Nitrozaminlerin sentezinde kullanılan biyojenik amin örnekleri arasında kadaverin, spermin, spermidin ve putresin bulunur [117]. Diğer aminler ve amino asitler bir öncünün başka bir bileşenine katkıda bulunur. N-nitrozo bileşikleri, ikincil ve üçüncül aminler nitrozlaştırıcı maddelerle (nitrit/nitrat) etkileşime girdiğinde oluşur. En yaygın uçucu nitrozamin NDMA'dır. Ancak diyet bileşenleri ve fiziksel yapı da nitrozamin sentezini etkiler [118]. Sodyum nitrat (0, 120 ve 480 mg/kg et örneği) ve çeşitli amino asitlerle (1000 mg/kg prolin, 1000 mg/kg hidroksprolin veya 10 mg/kg pirolidin) takviye edilmiş konserve et örnekleri kullanılarak yapılan bir çalışmada, prolin ve pirolidinin N-nitrosopirrolidin NPYR oluşumunda en büyük etkiye sahip olduğu bulunmuştur [119]. Genel olarak, N-nitrozo kimyasalları yiyeceklerde yüksek değildir. Oluşacak N-nitrozamin miktarı çeşitli değişkenlere bağlıdır ve sekonder amin varlığıyla ters orantılıdır. Dimetil-nitrozaminler pişmiş et örneklerinde ara sıra görülürken, NPYR kızarmış yiyeceklerde düzenli olarak tanımlanır ve nitrozopiperidin NPIP baharatlardan etkilenir [120]. Li ve Zhang (2023) tarafından yapılan kapsamlı bir çalışmada, pastırma örneklerinde toplam biyojenik aminler arjinin, feniletülin ve lizin ile sırasıyla daha güçlü korelasyon göstermiştir. Bunun yanı sıra biyojenik aminlerin pastırmaların fizikokimyasal özellikleri ile ilişkisine bakıldığında su aktivitesi, pH, nem, protein ve sodyum klorür (NaCl) düzeylerinin tümü feniletülin

içeriğiyle önemli ölçüde ilişkiliydi. Histamin konsantrasyonu sırasıyla su aktivitesi, nem ve NaCl ile anlamlı derecede pozitif korelasyon göstermiştir. Ayrıca feniletilamin, histamin, spermidin ve spermin ile NDMA düzeyi arasında pozitif korelasyon olduğu görülmüştür. Bunun aksine spermin ile NPIP ve NPYR arasında negatif korelasyon belirlenmiştir. Toplam serbest aminoasitler, protein ve NaCl içerikleri NDMA ile pozitif korelasyon göstermiştir [121]. Et ürünlerine prolin eklenmesi NDMA oluşumunu etkilemezken, NPYR oluşumu etkilemektedir. Hidroksiprolinin eklenmesi ise NDMA miktarında hafif bir artışa neden olmaktadır [122]. Drabik-Markiewicz ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan bir çalışma kürlenmiş domuz etlerinde nitrozamin türleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre etlerin işleme sıcaklıkları ve eklenen sodyum nitrit (0, 120, 480 mg/kg) miktarı arttıkça NDMA ve NPIP oluşumu da artış göstermiştir. Biyojen aminlerden spermidin ve putresin NDMA oluşumunu artırırken, spermin ve kadaverin bu nitrozamin türünün oluşumunu etkilememiştir. Bunun yanı sıra spermidin ve kadaverin NPIP'de önemli bir artışa neden olmuştur [123].

Piştirme yöntemleri

Nitrozaminlerin varlığının belirlenmesinde piştirme yöntemlerinin etkisi dikkate alınmalıdır [124, 125]. Heterosiklik amin, polisiklik aromatik karbonlar ve nitrozamin ete ısı uygulandığında ortaya çıkabilecek yan ürünlerden sadece birkaçıdır. Et piştirmede polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve heterosiklik aminler üretmenin ana yolları mikrodalga, kızartma, ızgara, barbekü ve buharda piştirme olsa da ızgara ve diğer bazı yöntemler de nitrat, nitrit ve nitrozaminler (NDMA, NPIP ve NPYR) açığa çıkar. Füme ve fazla pişmiş jambon çeşitlerinde NPIP ve NPYR tespit edilmiştir [126]. Toplam uçucu N-nitrozamin düzeyi kızartılmış (10,8 g/kg) tütsülenmiş (7,5 g/kg) ve kürlenmiş (7,5 g/kg) çeşitlerde daha yüksek seviyelerde olup mikrodalgada ısıtılmış pastırmada en düşük düzeyde bulunmuştur (0,4 g/kg). Nitrozaminler daha yüksek sıcaklıklarda ikincil aminlerle daha çok reaksiyona girmektedir [127]. Jambon ve sosisler üzerinde yapılan bir çalışmaya göre, pişmiş jambon kuru jambondan daha fazla NPIP içeriğine sahip olduğu tespit edilmiş olup (4.09 ± 0.53 g/kg), NPIP içeriği kuru sosislerden daha yüksek bulunmuştur (2.04 ± 0.04 g/kg). Ayrıca, pişmiş sosis kuru sosislerden daha fazla NDBA seviyesine sahip olduğu gösterilmiştir (sırasıyla 1.66 ± 0.12 g/kg ve 0.18 ± 0.06 g/kg) [128].

Piştirme derecesi ve süresi

Piştirme yöntemlerindeki farktaki en belirgin özellik aslında sıcaklık ve zamandır. Isıl işlem, etlerin nitrat içeriğini değiştirebilir ve bu da nitrozamin oluşumu üzerinde etkili olabilir. Nitrat seviyeleri etlerde haşlama (deiyonize suda 30 dakika) ve kızartma (yaklaşık 90°C, gevrek olana kadar) ile büyük ölçüde azalırken bu azalma haşlamada daha etkili olduğu görülmüştür [129]. Tütsülenmiş balık ve ette polisiklik aromatik hidrokarbonlar, heterosiklik aminler ve nitrozaminler gibi ısı üreten maddeler bulunurken, yüksek sıcaklıklar bunların daha fazla miktarda oluşmasına neden olabilir [130]. Paketlenmiş pastırmanın 170°C'de beş dakika daha fırınlanması sonucu NDMA, NMEA, NDEA, NPYR, N-Nitrosomorpholine (NMOR), NDPA, NPIP, NDBA ve N-Nitrosodiphenylamine (NDPH) oluşmuştur [131]. Daha yüksek sıcaklıklarda yapılan bir ısıl işlem, işlenmiş et ürünlerinden biri olan et sosislerindeki NPIP seviyesini artırmıştır. Sığır eti ürünleri 70°C'nin altındaki sıcaklıklarda işlendiğinde, eklenen nitrit miktarının uçucu amin seviyeleri üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamıştır. NDMA'daki artışlar yüksek sıcaklık (120°C'nin üzerinde) ve nitrit konsantrasyonu (120 mg/kg'nin üzerinde) ile ilişkilendirilmiştir [132]. Farklı piştirme yöntemleri (haşlama, tavada kızartma, derin yağda kızartma ve mikrodalgada piştirme) nitrozamin miktarlarını etkilemektedir. Kuru kürlenmiş sosislerde derin yağda kızartmanın (500 mL taze soya fasulyesi yağıyla 150°C'de 10 dakika) ve sotelemenin (yağsız 150°C'de 5 dakika) en yüksek NDMA içeriği seviyelerine neden olmuştur. Mikrodalga uygulamaları (2450 Hz, 700 W) ve haşlama (90°C, 30 dakika) NDMA üzerinde hiçbir etkisi bulunmamıştır. Derin yağda kızartma en fazla NDEA ve NPYR açığa çıkmasına neden olurken, en yüksek toplam N-nitrozamin oluşumu yine bu piştirme yönteminde görülmüştür [133]. Pastırmanın kızartılması gibi 130°C'den yüksek ısının kullanıldığı durumlarda nitrosopirrolidin gibi belirli nitrozaminler oluşabilir. Nitrozamin oluşumu yalnızca ikincil aminlerin mevcut olduğu, nitritin reaksiyona girebildiği ve gerekli pH ve sıcaklıkların bulunduğu özel koşullar altında gerçekleşebilir. Yüksek ısı (>130°C) piştirme yöntemlerinin kullanıldığı ürünlerde önemli düzeyde rezidü nitrit mevcutsa, nitrozamin oluşumu olasılığı artmaktadır [134].

2.2.2. Nitrozamin besinsel kaynakları

Farklı besinlerde bir veya daha fazla nitrozamin türü bulunmaktadır. Qiu ve arkadaşlarının (2021) yaptığı bir çalışmada, bazı sularda dahil nitrozamine (NPYR) rastlanmıştır [135].

Zapico ve arkadaşlarının (2022) yaptığı bir pilot çalışmada, nitrit ve N-nitrozo bileşikleri esas olarak et ve et ürünlerinde, yağlarda ve katı yağlarda bulunmuştur. Çalışmada NPIP ve NPYR esas olarak yağlı kürlenmiş jambon ve ekstra pişmiş jambon gibi işlenmiş et ürünlerinden gelmektedir. Ayrıca bazı et türleri (*chorizo*, domuz eti ve pastırma) ve alkollü içecekler (bira ve lager) NDMA kaynağı olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ızgara pişirme NDMA, NPIP ve NPYR türlerinin oluşumundan sorumlu tutulmuştur [136]. Griesenbeck ve arkadaşları (2010) günlük diyetle yağ alımının diyetle nitrozamin alma oranlarının karşılaştırılmıştır. Günlük enerjinin %30'unu aşan katılımcılarda, daha az alanlara göre diyetle nitrozamin alımının 0.66 µg/gün'den fazla olması tahmin edilmekte ve bu oranın 8.5 kat daha fazla olacağı düşünülmektedir [137].

Kürlenmiş et ürünleri, kızarmış domuz pastırması, pişmiş domuz pastırması yağları, et içeren bebek mamaları, domates ürünleri, pişmiş pizza, süt tozu, mantarlar ve farklı alkollü içecek çeşitleri gibi çeşitli besinlerin yer aldığı yaklaşık 250 numune nitrozamin yönünden incelenmiştir. Bu çalışmada, kürlenmiş et ürünlerinin toplam nitrozamin düzeyi 1 µg/kg'dan fazla bulunmuştur. Bununla birlikte kızartılmış domuz pastırmasında NPYR, bira örneklerinde ve yağsız süt tozlarında NDMA varlığı bildirilmiştir [138]. Song ve arkadaşlarının (2015) yaptığı meta analiz çalışmasında nitroamin türlerinden NDMA üzerinde durulmuştur. Bu çalışmaya göre, füme ve tuzlanmış balık, tütsülenmiş etlerden ve sosisler, kızarmış, ızgara veya tuzlanmış et, süt ürünleri, yumurta, balık, un ürünleri, meyve, sebze, içeceklerin NDMA içerdiği tespit edilmiştir [139]. Jakszyn ve arkadaşlarının (2005) yaptığı çalışmada da benzer ürünlerde nitrozamin tespit edilmiş olup tahıllarda da nitrozamin bulunduğu dikkat çekmiştir [140].

Li ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan bir çalışmada, NDMA türü su ürünlerinde en yüksek içeriğe sahip olduğu görülmüştür. Bunu etler, içecekler ve alkoller, sebzeler, yağlar, baklagiller, tahıllar, yumurtalar, meyveler, süt ürünleri ve patatesler takip etmiştir. İşlenmiş su ürünleri (6.24 ng/g), mantarlar (2.45 ng/g), sakatatlar (2.16 ng/g), işlenmiş etler (1.59 ng/g), turşular (1.25 ng/g), konserve yumurtalar (1.14 ng/g), yağlar (1.14 ng/g), taze balık (0.99 ng/g), likör (0.89 ng/g), taze kabuklular ve yumuşakçalar (0.78 ng/g) ve bira (0.56 ng/g) alt kategorileri diğer besinlere göre daha yüksek NDMA içerdiği gösterilmiştir. Bunun yanı sıra konserve etler (2.11 ng/g), bira (0.77 ng/g), likör (0.63 ng/g), konserve su ürünleri (0.60 ng/g), mantarlar (0.31 ng/g) ve turşular (0.19 ng/g) en yüksek NDEA içerdiği gösterilmiştir [141].

Yapılan bir çalışmada, bira, kürlenmiş et ürünleri (0-3.6 µg/kg), dana eti, deniz ürünleri ve peynir gibi besinlerde nitrozamin türlerinden NDMA tespit edilmiştir [142]. Füme balıkta (20 µg/kg NDMA), güneşte kurutulmuş ıspanakta (5.8 µg/kg NDMA; 23.8 µg/kg NPIP), güneşte kurutulmuş balkabağında (24.6 µg/kg NPYR) ve kurutulmuş karışık sebzeler (10 µg/kg NDMA) nispeten NDMA, NPIP ve NPYR içeriğinin yüksek olduğu saptanmıştır [143]. Sang ve arkadaşlarının (2019) yaptığı bir çalışmada, besinler NDMA türü yönünden incelenmiştir. Bu çalışmaya göre, süt ürünleri, salamura ve turşu sebzeler, NDMA miktarı yönünden sırasıyla fazla bulunmuştur [144]. İşlenmiş et ürünleri (sosis, sucuk, kürlenmiş et ürünleri, pastırma, jambon), peynir hem nitrit hem de nitrat içerirken; taze ıspanak, marul, işlenmiş tahıl bazlı besinler, işlenmiş et ürünleri ve peynir nitrat içeren besinler arasında yer almıştır [145].

Fermente rnler nitrozamin içeriği yönünden incelenen önemli besinlerdendir. Geleneksel Kore soya sosu örneklerinin incelendiği bir çalışmada, sadece NDMA (1.6-10.4 µg/L) içerdiği bulunmuştur. Kuyu sudan yapılan soya sosunu NDMA miktarı musluk suyundan yapılan soya sosuna göre daha fazla olduğu grlmştir. Bu durum kullanılan su kaynağının NDMA içeriğinde bir belirleyici olduğunu düşündürmektedir. Ancak alışma kapsamında kullanılan tuz türü ise NDMA içeriğini açıkça etkilememiştir. Aynı çalışmada laboratuvar ortamında soya sosu hazırlanması da gerçekleştirilmiştir. Bu sosa ilave edilen askorbik asit (6.5-65 mM) ve 120 gün boyunca fermente işlemi sonrasında askorbik asitin NDMA oluşumunu önemli ölçüde inhibe ettiği bildirilmiştir [146]. Bunun yanı sıra biralar ve tuzlu etler de önemli NDMA kaynağı olduğu grlmştir [147-149]. Japon tütsülenmiş ve kurutulmuş balıklarda çok daha yüksek NDMA konsantrasyonları bulunurken, bazı Alman bira türlerinde de NDMA'ya rastlanmıştır [150]. Balık ve diğer deniz ürünlerinin bazen porsiyon başına dahi onlarca mikrogram miktarında NDMA içerdiği belirlenmiştir [151, 152]. Sun ve arkadaşlarının (2023) yaptığı çalışmada, işleme ve depolama sırasında NDMA ve öncüllerinin (nitritler, nitratlar ve dimetilamin) oluşumu incelenmiştir. Çalışmaya göre işleme sırasında nitrat ve nitritlerin önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Balıklara uygulanan ön kurutma (nce 40°C ve sonra 250°C) (3.7 µg/kg) ve kavurma (14.6 µg/kg) işlemi sırasında NDMA oluşmuştur. Depolama sıcaklığının artışı ile de NDMA miktarının pozitif korelasyon gösterebildiği ileri srlmştir [153].

Fermente et ürünlerinde nitritin en yaygın kaynağı ekzojen katkıdır. Ancak kontaminasyon ve endojen mikrobiyal sentez yoluyla da retiler. Nitrit, laktik asit bakterileri (LAB)

tarafından üretilen asitler, enzimler ve diğer metabolitler tarafından parçalanırken, dört nitrit redüktaz enzimi öncü rol oynamaktadır. Antioksidanlar, kromojenik maddeler, bakteriyostatlar, LAB veya termal olmayan plazma sterilizasyonu dahil edilerek sağlanan nitrit miktarı azaltılabilmekte, hatta ortadan kaldırılabilir. Son olarak düşük nitritli fermente et ürünleri üretme hedefine ulaşılması bekleniyor. Kürlenmiş et ürünlerindeki aşırı nitrit seviyeleri fermente et ürünleri üretimini etkileyen temel sorun haline gelmiştir [154].

Çiğ jambon, jambon, salam ve sosisler, kırmızı et ve kümes hayvanları nitrozaminlerden NDMA yönünden incelenen besinlerdir [155]. Jambon, pastırma, tütsülenmiş ren geyiği, sosis (0.1-0.9 µg/kg), kırmızı et (0.1-0.8 µg/kg), tütsülenmiş pisibalgı, tütsülenmiş ringa balığı, peynir, pancar ve bira NDMA içerdiği görülmüştür [156]. Yapılan bir farklı çalışmada, peynir, kürlenmiş etler (0-0.003 µg/kg), pişirilmiş sosis (0-0.021 µg/kg), sosis ve salam (0-0.001 µg/kg), tütsülenmiş ve tuzlu balık gibi besinler NDMA kaynağı olarak gösterilmiştir [157]. Dietrich ve arkadaşlarının (2005) yazdığı bir derlemede, kürlenmiş etler (NDMA, NPIP, NDEA, NPYR), kızartılmış pastırma (NDMA, NPYR), tütsülenmiş ve kürlenmiş sosis, tütsülenmiş balık gibi ürünlerde N-nitrozo bileşiklerine yer verilmiştir [158]. Çin füme kürlenmiş pastırmalarında yapılan analizde ise, pastırma örneklerinde NDEA, NDMA, NPYR ve NPIP türleri görülmüştür. Bununla birlikte NDMA seviyeleri 0.26 ila 1.48 µg/kg arasında değişirken, NMEA, NDEA, NDPA ve NMOR içerikleri 1.10 µg/kg'dan düşük olduğu bildirilmiştir [121]. Ev yapımı ve endüstriyel yapım pastırmaların nitrozamin miktarlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, toplam nitrozamin miktarı ev yapımı pastırmalarda daha yüksek bulunmuştur. Bu durum rezidü nitrit miktarı ile pozitif korelasyon göstermiştir. Ayrıca bu çalışmada ev yapımı pastırmaların NPYR seviyeleri, fabrika yapıminkilerden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Pastırmalarda nitrozamin türlerinden NMEA, NDBA ve NMOR tespit edilmiştir [159]. Farklı miktarda nitrit tuzlarının eklendiği bir çalışmada nitrozamin türleri incelenmiştir. Bu çalışmaya göre, etlere 75 mg/kg sodyum nitrit eklendiğinde oluşan NDMA, NDEA, NDPA, NDBA, NPIP ve NPYR miktarları sırasıyla 0.95 µg/kg, 0.4 µg/kg, 0.31 µg/kg, 1.17 µg/kg, 6.65 µg/kg and 3.73 µg/kg şeklinde tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra etlere 300 mg/kg sodyum nitrit eklendiğinde ise NDMA, NDEA, NDPA, NDBA, NPIP ve NPYR sırasıyla 4.55 µg/kg, 2.5 µg/kg, 1.42 µg/kg, 5.8 µg/kg, 26.7 µg/kg and 15.7 µg/kg düzeylerinde oluşmuştur. Bununla birlikte altı nitrozamin arasında sığır eti pirzolası (8.35 µg/kg), dana biftek (6.75 µg/kg), sığır kebabı (11.21 µg/kg) ve sığır burger köftesi (12.31 µg/kg) için NPIP miktarı en yüksek bulunmuştur.

Baharatlar ve etin farklı derecelerde parçalanması, NPIP içeriğinin konsantrasyonunda değişikliklere neden olabilir [160].

2.2.3. Nitrat, Nitrit ve Nitrozamin Metabolizması

Azotun doğadaki dolaşımı Dünya'daki yaşamın bir ön koşuludur. Bitkiler ve memeliler atmosferde bulunan nitrojeni kullanarak nitrat ve nitrit sentezler. Nitrit ve nitrat döngüsünde bir miktar da N-nitrozamin oluşumundan bahsetmek gerekir. Çünkü bu anyonların nitrozamin oluşturma eğilimleri bulunmaktadır. Bu nitrozasyon oluşumu ve dönüşümü insanlar üzerinde önemli etkiye sahiptir [161].

Eksojen ve endojen kaynaklı nitrat ve nitritler vücutta aynı metabolizma sürecine katılmaktadır. Besinlerle alınan nitrat ağız, mide ve bağırsak sisteminde yer alan mikroorganizmalar tarafından nitrite dönüştürülür [94, 95]. Endojen nitrat ve nitrit oluşumu ise nitrik oksit üzerinden gerçeklemektedir. Nitrik oksit kanda ve dokularda nitrat ve nitrite oksidasyon yoluyla stabilize edilebilir. Stabilize olan nitrit ve nitrat kanda taşınma ve dokularda birikme özelliği kazanır. Fizyolojik ve patolojik koşullarda tekrar nitrik oksite dönüşmektedir [47].

Normal koşullar altında nitrat iyonu toksik değildir. Ancak diyetle alınan nitratın %5-20'si mide-bağırsak sisteminde anaerobik bakteriler tarafından daha tehlikeli olan nitrit formuna dönüştürülür. Nitrat-nitrit-nitrik oksit yolağında diyet ve tükürükteki nitratlar kısmen nitritlere dönüştürülür. Oluşan nitritler daha sonra fizyolojik olarak aktif nitrojen oksitlere dönüştürülür. Aynı zamanda diyet nitratların yaklaşık %5-7'si ve tükürük nitratların da %20'si ağız boşluğunda kommensal bakteriler tarafından nitritlere indirgenir. Nitratlar dorsum lingua (dil sırtı) kısmında bulunan nitrat redüktaz enzimleri tarafından nitritlere indirgenir. Mideye ulaşan diyet nitrit ve nitrat çeşitli enzimatik olan ve olmayan reaksiyonlar ile nitrik oksit ve diğer aktif nitrojen oksitleri meydana getirir [116]. Tükürük bezlerinde üretilip mide lümenine ulaşan nitrit hemen protonlanarak nitroz asite dönüşür. Sonra nitroz asit kendiliğinden nitrik oksit, nitrojen dioksit ve dinitrojen trioksit gibi çeşitli nitrojen oksitlere indirgenir. Dinitrojen trioksit ise etanol, tiyoller ve ikincil aminlerle reaksiyona girerek sırasıyla etil nitrit, S-nitrozotiyoller ve N-nitrozaminleri meydana getirir [161]. Tüm bu bileşikler bağırsakta emildikten sonra kana ve plazmaya geçer. Daha sonra bu bileşikler kan ve dokularda daha fazla oksitlenerek nitrik oksit, nitrit ve nitratı meydana getirir. Toplam

nitratın yaklaşık %75'i idrarla atılırken, geri kalanı tükürük bezleri tarafından yeniden emilir. Tükürük bezi nitrat konsantrasyonları plazma seviyelerinden 10-20 kat daha fazladır [116].

Nitrit ve nitratın nitrozaminlere dönüşümü vücut metabolizmasında görülmektedir. Nitrozaminlerin meydana geldiği süreç kompleks yolları içermektedir. Organik kimyasalların N-nitroza ve S-nitroza türevlerine dönüşmesi nitrozasyon işlemi olarak bilinmektedir. Nitrozasyon sürecinde özellikle tiyoller ve aminler ön plana çıkmaktadır. Birincil aminler ve nitritin reaksiyonu sonrası kararsız yapıda N-nitrozaminler meydana gelmektedir. Nitrozamin oluşumu için asidik pH daha etkili olurken, nötr veya bazik pH'da da oluşumları görülmektedir [114].

Diyet ile alınan nitrit ve nitrattan endojen nitrozamin oluşumu mide lümeninde meydana gelebilmektedir. Bunun yanı sıra endojen nitrik oksit reaksiyon ürünlerinden de endojen nitrozaminler oluşmaktadır [115]. Endojen nitrozamin oluşumunun bir diğer mekanizması ise nitrik oksit sentaz enzimleri tarafından üretilen nitrik oksittir [116].

2.3. Et Tüketimi ile Nitrozamin Alımı

2.3.1. Türkiye'de epidemiyolojik çalışmalar

Ülkemizde işlenmiş et ürünlerinde uçucu N-nitrozaminleri inceleyen çalışmalar sınırlıdır. Bu çalışmalardan birinde salamda NDMA, NMEA, NDEA, NDPA, NPYR, NPIP ve NDBA türleri tespit edilmiştir [162]. Salam dışında sosislerde ise NDMA, NDEA, NDPA, NPYR, NPIP ve NDBA türleri tespit edilmiştir [163]. Sosis üretiminde karabiber ve askorbat kullanımının etkisi incelendiğinde, sadece karabiber (10 veya 15 g/kg) kullanımı rezidü nitrit miktarını azaltırken, NPYR ve NDMA içeriğinde artışa neden olmuştur. Pişirmenin etkisine bakıldığında hem askorbatlı hem de askorbatsız sosislerde pişme derecesi arttıkça NPIP içeriğinin arttığı görülmüştür. Hem çiğ hem de iyi pişmiş sosislerde yüksek oranda karabiber (15 g/kg) kullanılması NPIP içeriğini azaltmıştır [26]. Pişirme süresinin sosislerde N-nitrozamin oluşumuna etkisini inceleyen bir çalışmada, pişirme süresi (1-3 dakika) arttıkça toplam N-nitrozamin miktarının arttığı ve özellikle de NDMA, NDEA ve NPIP miktarlarının arttığı belirlenmiştir [164].

İşlenmiş et ürünlerinde nitrit, nitrat ve nitrozamin miktarlarının belirlenmesinin yanı sıra bunların tüketimi ve maruziyeti de önemlidir. Türkiye'de işlenmiş et ürünlerinin tüketimini

araştıran birçok çalışma bulunmaktadır. Hanelerin kırmızı et tüketim alışkanlıklarının değerlendirildiği araştırmada kırmızı et tüketiminin %95 olduğu ve bunun %7'sinin işlenmiş et ürünleri olduğu görülmüştür [165]. Farklı bir ildeki haneleri kapsayan farklı bir araştırmada, işlenmiş et türleri arasında sosis tüketimi %77.10 ile ilk sırada yer alırken, bunu salam (%12.26), sosis (%6.77) ve diğer işlenmiş etler (%3.87) takip etmiştir [166]. Diş hekimi, hekim, uzman hekim, hemşire, eczacı ve diğer sağlık çalışanlarının işlenmiş et tüketimi ise %46.7 olarak belirlenmiştir [167]. İşlenmiş et tüketiminin incelendiği başka bir çalışmada ise bu oran daha yüksek olup %75.8 olarak tespit edilmiştir [168]. Onsekiz yaş üstü bireyler üzerinde yapılan bir araştırmada vücut ağırlığı başına günlük nitrat ve nitrit tüketim miktarları sırasıyla en yüksek sucuk (0.008 mg/kg), sosis (0.06 mg/kg), salam (0.004 mg/kg) ve pastırmada (0.001 mg/kg) bulunmuştur. Ancak bu çalışmada izin verilen günlük tüketim miktarı bazında değerlendirildiğinde sosislerden günlük nitrit alımının bu seviyenin üzerinde olduğu görülmüştür [169]. Türkiye genelinde yapılan beslenme ve sağlık araştırmaları sonuçlarına göre tüm bireylerin işlenmiş et (salam, sucuk, sucuk ve pastırma) tüketim oranı %65.94 olarak belirlenmiştir. Bu dağılım 15 yaş üstü erkeklerde %79.7, kadınlarda ise %75.8 olduğu görülmüştür [170]. İşlenmiş et ürünlerinin tüketimi kabul edilebilir günlük alım miktarlarına göre karşılaştırıldığında, günlük ortalama nitrit alımı (sosis 0.008 ve salam 0.008 mg/kg vücut ağırlığı) ve nitrat alımı (sosis 0.008, salam 0.008 ve pastırma 0.003 mg/kg vücut ağırlığı) kabul edilebilir günlük alım miktarlarının altında olduğu tespit edilmiştir [171].

2.3.2. Yasal düzenlemeler

Endojen N-nitrosaminin üretiminin yanı sıra, eksojen N-nitrozaminin birincil kaynakları arasında salamura ve tuzlanmış konserve gıdalar, tütsülenmiş konserve gıdalar, malt ilaveli içecekler ve kurutulmuş et ürünleri yer alır [172].

İnsanların tükettiği nitrat, nitrit ve N-nitrozaminin miktarı çeşitli bozukluklarla bağlantılıdır. Nitrit alımının artmasıyla pankreas kanseri riski azalırken, bu durum glioma, mesane ve mide kanser türleri için doğru orantılıdır. Artan tiroid kanseri riski yüksek nitrat alımıyla ilişkilendirilmiştir [173]. Ayrıca işlenmiş sığır eti yemek ile Tip 2 diyabet ve kardiyovasküler hastalık geliştirme riski arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır [174]. Vaka kontrol çalışmalarının çoğuna göre, işlenmiş et tüketimi yemek borusu ve mide kanserine yakalanma

riskini artırırken et, işlenmiş et ve tütülenmiş yemek tüketimi mide kanserine yakalanma riskini artırmıştır [175].

N-nitrozo bileşikleri, yiyecek, su, sigara dumanı ve diğer çevresel kaynaklarda bulunabilen bir kimyasal kanserojen sınıfıdır. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı bazı nitrozamin türlerini (NDEA ve NDMA grup 2A; NDBA, NPIP ve NPYR grup 2B) olası ve muhtemel insan kanserojen olarak sınıflamaktadır [176]. Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından yayınlanan araştırmaya göre, hazırlama ve işleme sırasında gıdalarda gelişebilen maddeler olan nitrozaminler, tüketiciler tarafından tüketildiğinde sağlık riski oluşturmaktadır. Sağlık sorunlarına neden olan gıdalar arasında işlenmiş balık, çikolata, bira ve diğer alkollü içecekler yer almaktadır. Raporda on nitrozamin türü için medyan toksik dozlar (TD50) şu şekilde listelenmiştir: NDMA (0,0959), NMEA (0,05), NDEA (0,0265), NDPA (0,186), NDBA (0,691), N-nitroso-N-methylaniline (NMA) (0,142), NMOR (0,109), NPIP (1,11), NPYR (0,799) ve N-nitrososarcosine (NSAR) (0,982) (mg/kg vücut ağırlığı/gün) [177]. Nitrozaminlerin kabul edilebilir miktarları TD50 değerlerine göre hesaplanmıştır [178]. On bir N-nitrozamin türü için kabul edilebilir alım düzeylerinin belirlendiği bir çalışmada, NDMA, NDEA, NDBA, NMOR, N-Nitrosomethylphenylamine (NMPA), NPIP, N-nitrosodiisopropylamine (DIPNA) ve N-Nitrosoethylisopropylamine (EIPNA) türleri için bu değerler sırasıyla 0,145 mg/kg, 62 µg/kg, 8,2 mg/kg, 0,129 mg/kg, 0,106 mg/kg, 1,33 mg/kg, 4,5-29 mg/kg ve 4,1 mg/kg/gün'dür [179].

Dünya Sağlık Örgütü NDMA, NDEA ve NMBA için kabul edilebilir alım düzeylerini sırasıyla 96.0, 26.5 ve 69.0 ng/gün olarak bildirmektedir [180]. Nitrozamin alımlarının değerlendirilmesinde Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi niceliksel veriler için karşılaştırma dozunun (BMDL10) kullanılmasını önermektedir [181]. Bu otoritenin 2017 yılında yayınladığı bir makaleye göre NDMA, NMOR, NPYR ve NDEA türleri için BMDL10 değerleri sırasıyla günlük 0.027, 0.7, 0.16 ve 0.018 mg/kg vücut ağırlığı olup, *in vivo* ve *in vitro* genotoksik etkiye sahip oldukları bildirilmiştir [132].

2.4. Besin ve Besin Öğelerinin Etlerin Nitrozamin Düzeyi Üzerine Etkileri

Besin güvenliğini artırmak Birleşmiş Milletler'in Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri'nden biridir. Gıdalardaki başlıca risklerden biri gıda kirleticilerindeki artıştır. Katkı maddelerinin eklenmesi veya ısıtma işlemi gibi işleme yöntemleri kirletici oluşumunu etkiler ve gıdalardaki

seviyelerini artırır [182]. İşlenmiş et tüketimindeki artış birçok endişeyi beraberinde getirmektedir. Bu endişeler, depolama, ısıl işlem ve işleme teknikleri sırasında oluşan nitrozaminin kanserojen sınıflandırmasından kaynaklanmaktadır. Oysa NDBA, NPYR, NDMA, NDEA ve NPIP ette en sık bulunan nitrozamin türleridir [183]. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı NDBA, NPIP ve NPYR'yi sırasıyla 2B grubunda, NDEA ve NDMA'yı ise 2A grubunda sınıflandırmaktadır [176].

Nitrozaminlerin bazı hastalıklarla ilişkilerle ilgili kanıtların artması tüketici duyarlılığı değişmeye başladı [184]. Tüketiciler nitrit konsantrasyonu azaltılmış et ürünlerini tercih etmektedir. Bu nedenle, et ürünlerinde nitritin azaltılması ve/veya nitrite alternatif besinlerin eklenmesi tüketicilerin alım sırasında çekeceği düşünülmektedir. Temiz etiket hareketi, tüketicilerin gıda katkı maddelerine olan duyarlılığını değiştirerek yeşil teknolojiyle birlikte ortaya çıkmıştır [4]. Temiz etiketli ürünler, sentetik nitrit-nitratlar yerine doğal katkı maddeleri kullanılarak besin değerlerinden ödün vermeden üretim sağlayabilir [185], [186]. Bitki özleri (kereviz tozu, kıvılcık özü ve kıvılcık şarap gibi) ve organik asitler (laktat, sorbat, asetat ve benzoat gibi) ve yüksek hidrostatik basınç (yüksek basınç ve orta sıcaklık kullanımı) uygulamaları nitrit yerine kullanılabilir [187].

Shakil ve arkadaşlarının (2022) yazdığı derlemede, *Mortadella* türü sosisler, jambon dilimleri, kürlenmiş domuz filetoları, pişmiş dana sosisi, soğuk kurutulmuş *Chouriços* sosisi, tütülenmiş sosisler, Türk fermente sosisi, domuz etli öğle yemeği rulosu, dana sosisi, fermente sosis ve pişmiş sosis gibi et ürünlerinin üretimlerinde farklı bitki bazlı nitrit alternatifleri kullanımından bahsedilmektedir. Farklı bitki bazlı nitrit alternatifleri olarak maydanoz özü tozu, kereviz suyu konsantresi veya tozu, spreyle kurutulmuş İsviçre pazısı tozu, diken üzümü özü, kıvılcık şarap ve sarımsak bileşimi, pancar kökü tozu, domates pulpası tozu, nar kabuğu özü, kıvılcık tozu ve *Annatto* tohumu tozu üretim sırasında kullanılabilir. Sonuçta ise *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* düzeylerinde azalma, rezidü nitrit seviyesinde azalma, lipid oksidasyonunda ve TBARs düzeyinde azalma olduğu gösterilmiştir. Ayrıca laktat (laktik asit) renk, lezzet ve raf ömrünün uzatılmasında olumlu etki gösterirken; sorbat, propionat ve benzoat antimikrobiyal etki göstererek *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *Clostridium botulinum* gibi Gram pozitif bakterilerin gelişimini baskıladığı görülmüştür [188]. Yine benzer bilgilerin yer aldığı derlemede (Karwowska ve Kononiuk (2020)), et ürünlerine fermente ıspanak tozu, peynir

altı suyu, *Lactobacillus fermentum* RC4 ve *Lactobacillus plantarum* B6 starter kültürleri ve *Monascus* renklendirici maddeleri nitrit alternatifi olarak kullanıldığı belirtilmiştir [116].

İşlenmiş et ürünlerine bitkilerden elde edilen doğal antioksidanların ve/veya askorbatın eklenmesi de bir diğer potansiyel ve yenilikçi yaklaşım olarak görülmektedir [185]. Bu doğrultuda yapılan bir sosis üretim uygulamasında, ilave askorbik asit miktarı (500 ppm veya 1000 ppm) arttıkça NMEA, NDEA, NPYR, NPIP ve NDBA gelişiminin daha da azaldığı görülmüştür [189]. Çeşitli antioksidanlarla (100, 300 veya 500 mg/kg) zenginleştirilmiş pastırma kuru yağda kızartıldığında elma polifenollerini protein oksidasyonunu ve N-Nitrosomethylphenylamine (NMPH_A) oluşumunu önlemiştir. Askorbik asit, çay polifenolü, elma polifenolü ve tarçın polifenolü ilaveleri NMPH_A oluşumunda azalma sağlamıştır [190]. Benzer şekilde, 150 mg/kg oranında sodyum nitrit içeren kürlenmiş sosislere theaflavinler (300 mg/kg) ve çay polifenollerini (300 mg/kg) eklenmesi, yalnızca sodyum nitrit içeren sosislere göre daha düşük toplam nitrozamin konsantrasyonu ile sonuçlanmıştır. Eklenen antioksidanlar nitriti hidroksil gruplarına indirger ve serbest radikal reaksiyon zincirini kırar. Bu, nitriti değiştirmek için çeşitli antioksidan kombinasyonlarının kullanılabileceğini göstermektedir [191]. İşlenmiş et ürünlerine eklenen askorbatın nitrozasyonu önlediği ve yeşil etiket uygulamalarına örnek olarak kullanılabilecek bir araştırma olabileceği dikkat çekmektedir [192]. Sorbat nitrozamin üretimini azaltmanın yanı sıra botulizm baskılanmasını da sağlayarak temiz etiket anlayışını daha da iyileştirmektedir [193]. *Salchichón*'a (İspanyol usulü kuru fermente sosis) turuncu liflerin eklenmesi rezidü nitrit seviyelerini azaltmıştır. Bu durum nitrozamin oluşum potansiyelini düşürebilir [194]. Fitofenolik antioksidanların kullanımı, sağlıklı et ürünlerinin tanıtımında alternatif bir strateji olarak kullanılabilecek yenilikçi ve ilgi çekici bir stratejidir [195]. Zhou ve arkadaşları (2020) tarafından sosislardaki biberiye özütü, yeşil çay polifenolü ve üzüm çekirdeği özütünün N-nitrozamin üzerindeki etkilerini inceleyen bir çalışmada, yeşil çay polifenolü rezidü nitrit ve toplam N-nitrozamin seviyelerinde en büyük azalmayı sağlamıştır. Üç besin bileşeninin de eklenen miktarı arttıkça NDMA, NDPA ve NMOR seviyeleri azalmıştır [196]. Tanaz enzimi içeren yeşil çay, enzim ve askorbik asit uygulaması olmayan yeşil çaya göre N-nitrozamin oluşumunu daha fazla baskılamakta ve bu etkisini özellikle NDMA üzerinde göstermiştir. Çay polifenollerini olan epigallokateşin ve epigallokateşin gallat, nitrozaminlerin oluşumunu engellemiştir [197].

Niklas ve arkadaşlarının (2023) yaptığı çalışma, et ürünlerine sodyum nitrit ve/veya ıspanak emülsiyonu eklendikten sonra işleme sırasında N-nitrozamin oluşumunu incelemektedir. Sonuçta ıspanak nitrat kaynağı olmasına rağmen, ıspanak emülsiyonun eklenmesi sonucunda hamur, çiğ sosis ve kızarmış (160°C, 30 dakika) sosisteki nitrit içeriğini etkilememiştir. Kızartma ve *in vitro* sindirim sırasında bazı uçucu N-nitrozaminler oluşmaktadır. Uçucu nitrozaminler kızarmış sosislerde düşük konsantrasyonlarda <1 µg/kg olarak bulunurken, NPYR 4 µg/kg'a kadar oluşmuştur. Sık görülen ve oluşan uçucu nitrozaminler NDMA ve NPYR iken, az miktarda da olsa NPIP ve NDBA tespit edilmiştir. Buna karşın analiz edilen örneklerin hiçbirinde NDEA, NDPA ve NMEA tespit edilmemiştir. NDMA sosis üretimi (0.2-0.3 µg/kg) ve kavurma (0.5-0.6 µg/kg) sırasında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun nedeni ise muhtemelen ısıl işlemin nitrozasyonu bir miktar artırmasıdır [198].

Niklas ve arkadaşlarının (2023) yaptığı çalışmada, hazırlanan sosis tariflerinde yer alan ıspanak emülsiyonu, fenolikler ve C vitamini gibi önleyici bileşikler içerir, ancak sosislerdeki kalsiyum içeriğini de önemli ölçüde artırmıştır. Kalsiyumun hem demiri bağlayarak şelat oluşturması ve endojen N-nitroso bileşiklerinin oluşumunu önleyebileceği düşünülmektedir. Ispanak aynı zamanda nitrozamin oluşumunu etkileyebilecek nitrattan da zengindir. Ancak *Enterobacteria* gibi bakterilerin nitratı nitrite indirgemeleri tükürüğün yanı sıra asında kalınbağırsak mikrobiyotasında olmaktadır. Alınan nitratlar hızla dolaşıma geçtiği için aslında kalınbağırsağa ulaşan miktar az olacaktır. Ayrıca katı gıdaların mideden geçiş süresi genellikle ≥ 2 saat olduğundan, ıspanaktaki nitrattan türetilen tükürük nitritinin sosis yemeği sırasında endojen olarak oluşan nitrozaminlere katkıda bulunma olasılığı daha düşüktür [198].

2.5. Fonksiyonel İçecekler ve Nitrozaminler Üzerine Etkisi

Birçok kuruluş tarafından “fonksiyonel besin” tanımı yapılmaktadır. İlk defa Japonya’da “FOSHU (foods for specified health uses)” olarak ifade edilen fonksiyonel besin kavramı ortaya çıkmıştır [199]. Daha sonra bu kavram ile ilgili farklı tanımlamalar da yapılmıştır. Avrupa Birliği ‘ne göre bir besinin fonksiyonel olması için şu özelliklere sahip olması gerekmektedir [200]: (i) temel ürünün bir gıda olması, (ii) sağlık, refah veya hastalık önleme üzerinde yararlı bir etkiye sahip bir bileşen, bir mikro besin veya doğal olarak oluşan bir kimyasal içermesi veya bunlarla güçlendirilmesi ve (iii) bu etkinin normal ve yeterli besinsel

etkilerin ötesine geçmesi, (iv) bu etkilerin "gösterilmiş" olması veya en azından iddia edilmiş ve tüketicilere iletilmiş olması ve (v) bu etkilerin gıda normal miktarlarda tüketildiğinde gerçekleşmesinin beklenebilmesi. Gıda ve Tarım Örgütü fonksiyonel besinleri “temel beslenmenin ötesinde sağlık açısından yarar sağlayan, hastalıkların önlenmesi ve tedavisi de dahil olmak üzere belirli sağlık veya tıbbi yararlar gösteren besin maddesi” olarak tanımlamaktadır [201, 202].

Diyette önemli yeri olan bitkiler sekonder metabolit olarak belirtilen ve önemli fonksiyonel besin olarak kabul edilen fenolik bileşikler üretir [203]. Esterler veya glikozit yapıda bulunan fenolik bileşikler çeşitli fonksiyonlara sahiptir [204]. Bu fonksiyonlar arasında antioksidan, antiinflamatuvar ve antibakteriyel özellikler yer almaktadır [205-208]. Bu özellikleri sayesinde gıda sanayinde ekmek, balık ürünleri, yoğurt ve makarna üretiminde kullanılmaktadır [209-213]. Gıda sanayinde fenolik bileşiklerin kullanıldığı bir diğer alan etlerdir. Et üretiminde eklenen askorbik asit, bitki fenolik bileşikler ve içeriklerin antioksidan özelliklerinden yararlanılmaktadır. Bu durum protein oksidasyonu, tiyobarbiturik asit reaktif madde ve rezidü nitrit miktarını azaltmaktadır [214]. Polifenoller, vitaminler ve çeşitli bitki özleri et sanayinde nitrozamin oluşumunu önlemek amacıyla da kullanılmaktadır. Xie ve arkadaşlarının (2023) yazdığı bir derlemede, et ürünlerinde sodyum askorbat, yeşil çay polifenolü, biberiye ekstraktı, üzüm çekirdeği ekstraktı, yıldız meyvesi posası, karabiber eklenmesi görülmekte ve bunlar rezidü nitrit ve nitrozamin oluşumunda azalma sağlamaktadır [8]. Sosislere theaflavin, çay polifenoller ve askorbik asitin eklendiği bir çalışmada, her üçü de rezidü nitrit ve nitrozamin miktarında azalma sağlamaktadır. Polifenolik bileşiklerin ve askorbik asitin toplam antioksidan kapasitesi serbest radikallerin temizlenmesini sağlar. Teaflavinler ve çay polifenoller fenolik hidroksil gruplarına sahiptir. Bu sayede güçlü indirgeme özelliği ve nitritle reaksiyona girmesi etlerdeki nitrat ve nitrit rezidülerinin azalmasını sağlar. Bu durum nitrozamin oluşumunu azaltır [215]. Yeşil çay polifenoller ve üzüm çekirdeği özütünün eklendiği pastırmalarda rezidü nitrit ve N-nitrosodimetilamin düzeylerinde azalma olmaktadır. Ayrıca biyogenik aminler (putresin, kadaverin, histamin, tiramin ve spermin) ile NDMA oluşumu arasında pozitif korelasyon görülmektedir. Yeşil çay polifenoller ve üzüm çekirdeği özütünün eklenmesi hem biyogenik aminlerin hem de NDMA'nın oluşumunu azaltmaktadır [216]. Çay polifenolü, epigallocateşin gallat ve bunların palmitik asit türevlerinin eklendiği sosislere eklendiği bir çalışmada, NDMA, biyogenik aminler (putresin, tiramin, kadaverin, histamin ve 2-feniletilamin) ve rezidü nitrit düzeyinde azalma görülmüştür. Polifenoller nitriti indirgeyerek

nitrozaminlerin oluşumunu inhibe eder. Ayrıca polifenoller biyogen amin oluşumunu azaltmaktadır [217].

Portakal posasının işlenmiş et ürünlere dahil edildiği çalışmada, et rezidü nitrit düzeyleri azalmaktadır [218]. Bu durum posada bulunan fenolik bileşikler ile ilişkilendirilmekte ve nitrit iyonuna karşı koruyucu olduğu belirtilmektedir [219, 220]. Rezidü nitritteki azalma besinlerde nitrozamin oluşumunu önleyecektir [221, 222]. Taze sıkılmış portakal suları toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik yönünden zengindir [223]. Bununla birlikte taze sıkılmış portakal ve suları askorbik asit içeriği yönünden önemlidir [224, 225]. Askorbik asit, antioksidan kapasite ve toplam fenolik içeriğinden dolayı çalışma kapsamında içecek türlerinden portakal suyuna yer verilmiş ve etlerdeki nitrozamin üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Askorbik asit, toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan kapasite yönünden önemli bir diğer besin havuçtur [226-228]. Havuç suyu besin değeri açısından yine önemli bir besin olup fenolik içerik ve askorbik asit içermektedir [229-231]. Askorbik asit, antioksidan kapasite ve toplam fenolik içeriğinden dolayı çalışma kapsamında içecek türlerinden havuç suyuna yer verilmiş ve etlerdeki nitrozamin üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Nar güçlü antioksidan etkiye sahip çeşitli fitokimyasallardan zengindir [232]. Çeşitli fenolik bileşikler (fenoller, flavonoidler, antosiyaninler) ve askorbik asit içeriğine de sahiptir [233-235]. Son zamanlarda dikkat çeken nar suyu ise yüksek antioksidan kapasite yönünden araştırılmaktadır. Nar suyunun antioksidan kapasite ve fenolik içeriğinin değerlendirildiği çalışmalarda, her ikisi yönünden yüksek değere sahip olduğu görülmektedir [236, 237]. Etlere eklenen nar bileşenlerinin (kabuk, toz) rezidü nitrit düzeylerinde azalma sağlamakta ve nitrozamin indüklü oksidasyonda azalma sağlamaktadır [238-240]. Bu özelliklerinden dolayı literatürde etkisinin az incelendiği ve besin tüketiminde yer alan nar suyunun etlerdeki nitrozaminler üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çaylar dünyada ikinci yaygın tüketimi olan içeceklerdir. Bu çay türlerinden beyaz ve yeşil çaylar fenolik içerikler yönünden önemli besinlerdir [241, 242]. Bunun yanı sıra antioksidan kapasite her iki çay türünde de yüksektir [243]. Yapılan bir çalışmada, siyah çaya göre yeşil ve beyaz çayın antioksidan kapasitesi ve toplam fenolik içeriği daha fazla olup, beyaz çayda en fazla olduğu görülmüştür [244]. Siyah ve yeşil çayın incelendiği diğer çalışmalarda ise

yeşil çayın antioksidan kapasite ve toplam fenolik içeriği daha yüksek bulunmuştur [245, 246]. Çay fenolik bileşiklerinin etkisinin incelendiği bir çalışmada, işlenmiş etlerde rezidü nitrit ve nitrozamin (NDMA, NMPH_A) düzeylerinde azalma sağlamıştır [214, 217]. Yeşil çay polifenollerinin işlenmiş etlerde rezidü nitrit ve nitrozamin (NDMA) düzeylerinde azalma sağladığı farklı bir çalışmada görülmüştür [216]. *In vivo* sindirimde ise aminden zengin bir diyet ile yeşil çay tüketiminin endojen NDMA oluşumunu azaltmıştır [247]. Antioksidan kapasite ve toplam fenolik içeriğinden dolayı çalışma kapsamında içecek türlerinden beyaz ve yeşil çaylara yer verilmiş ve etlerdeki nitrozamin üzerine etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

2.6. *In vitro* Sindirim Sistemi Modeli

Canlı organizmada besin sindirimini incelemek için *in vitro* sindirim sistemi modeli geliştirilmiştir. Sindirim sırasında besin ve besin bileşenlerinin davranışlarını anlamak için bir araçtır [248]. Simülasyon modelinde genel olarak gastrointestinal sistemin farklı bölgelerinde biyokimyasal (sıcaklık, enzim ve pH gibi) ve fiziksel koşullar (çalkalamalı su banyosu gibi) ayarlanır [249].

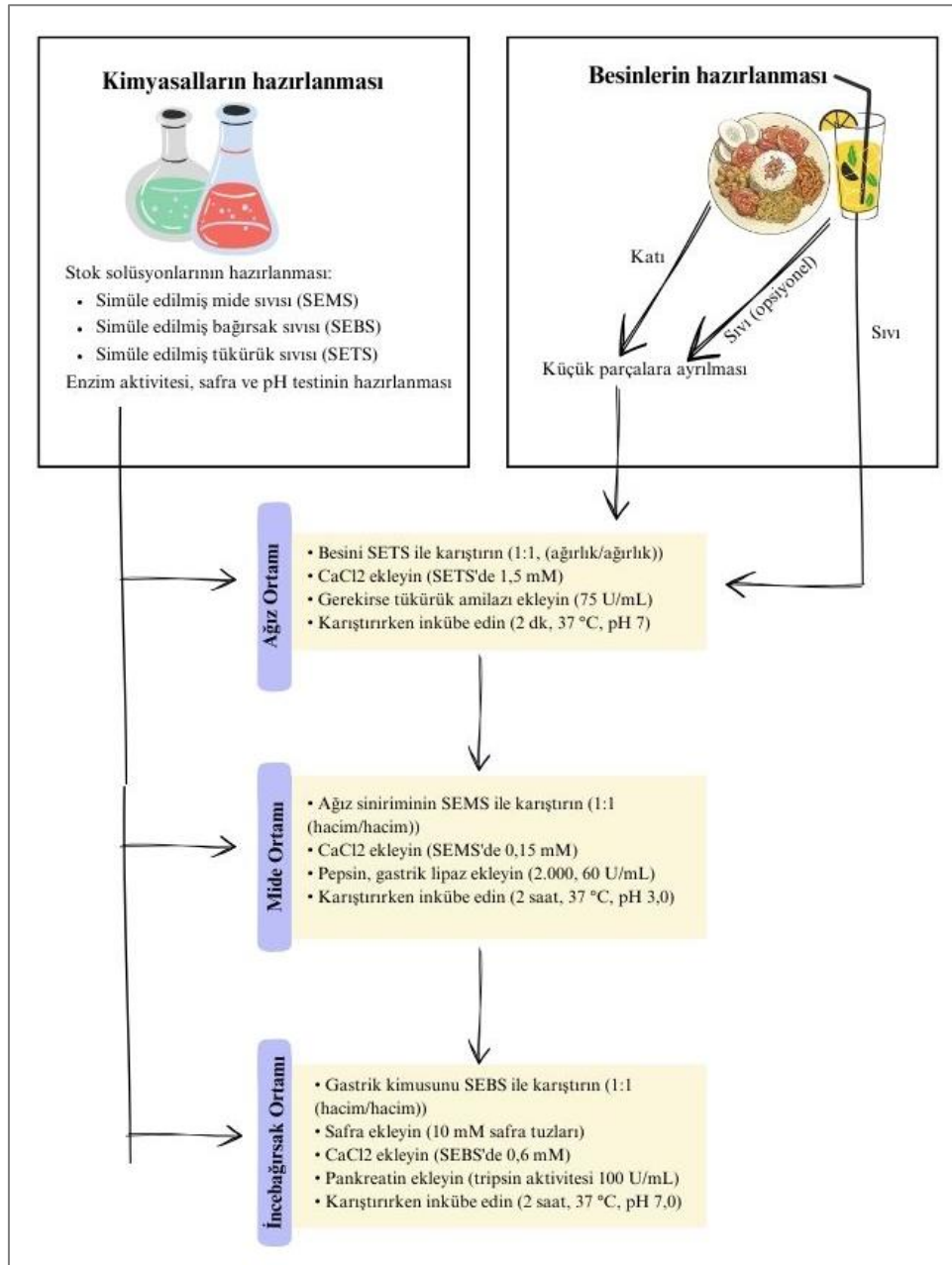
Farklı *in vitro* sindirim sistemi modelleri geliştirilmiştir. Bunlar statik sindirim (Cost Action InfoGest tarafından geliştirilen konsensus metodu) ve dinamik (gastro-intestinal model, dinamik gastrik model, insan gastrik simülatör gibi) sindirim modelleridir [250, 251]. Statik sindirim yönteminin aksine dinamik sindirimde sürekli olarak sindirim enzimlerinin ve pH değerlerinin sürekli ve yeniden kontrolü sağlanır [252].

Statik *in vitro* sindirim sistemi *in vivo* besin sindiriminin en basit yöntemidir. Ancak sindirim sürecinde pH'nın sabit tutulması, gastrik sıvının kademeli eklenmemesi, kademeli gastrik boşalmanın olmaması ve bağırsağın ardışık duodenal, jejunal ve ileal fazlardan ziyade tek bir faz olarak ele alınması gibi bazı sınırlamaları bulunmaktadır [253].

Daha karmaşık sindirim modellerine göre statik *in vitro* sindirim sistemi tekrarlanabilirlik, sağlamlık, basitlik, nispeten düşük maliyet ve her sindirim aşamasının kolay değerlendirilmesi gibi avantajları vardır. Basit bir yöntem gibi görünse de uygulanan fizyolojik koşullarla ilgili fikir birliğinin olmaması sonuçların karşılaştırılmasında zorluklara yol açmıştır. Bu sorunu en aza indirmek için Cost InfoGest çeşitli amaçlar için uygulanabilen

genel, standartlaştırılmış ve pratik bir statik sindirim yöntemi (konsensus) önermektedir (Şekil 2.3) [254].

Statik *in vitro* sindirim sisteminde temelde üç aşama bulunmaktadır: Besinlerin ve kimyasalların hazırlanması, *in vitro* sindirimi ve sindirim sonrası içeriğin okutulması. *In vitro* sindirim ise ağız, mide ve ince bağırsak (intestina) olmak üzere üç farklı aşamada gerçekleştirilmektedir [253, 255, 256].



Şekil 2.3. Cost InfoGest statik sindirim yöntemi

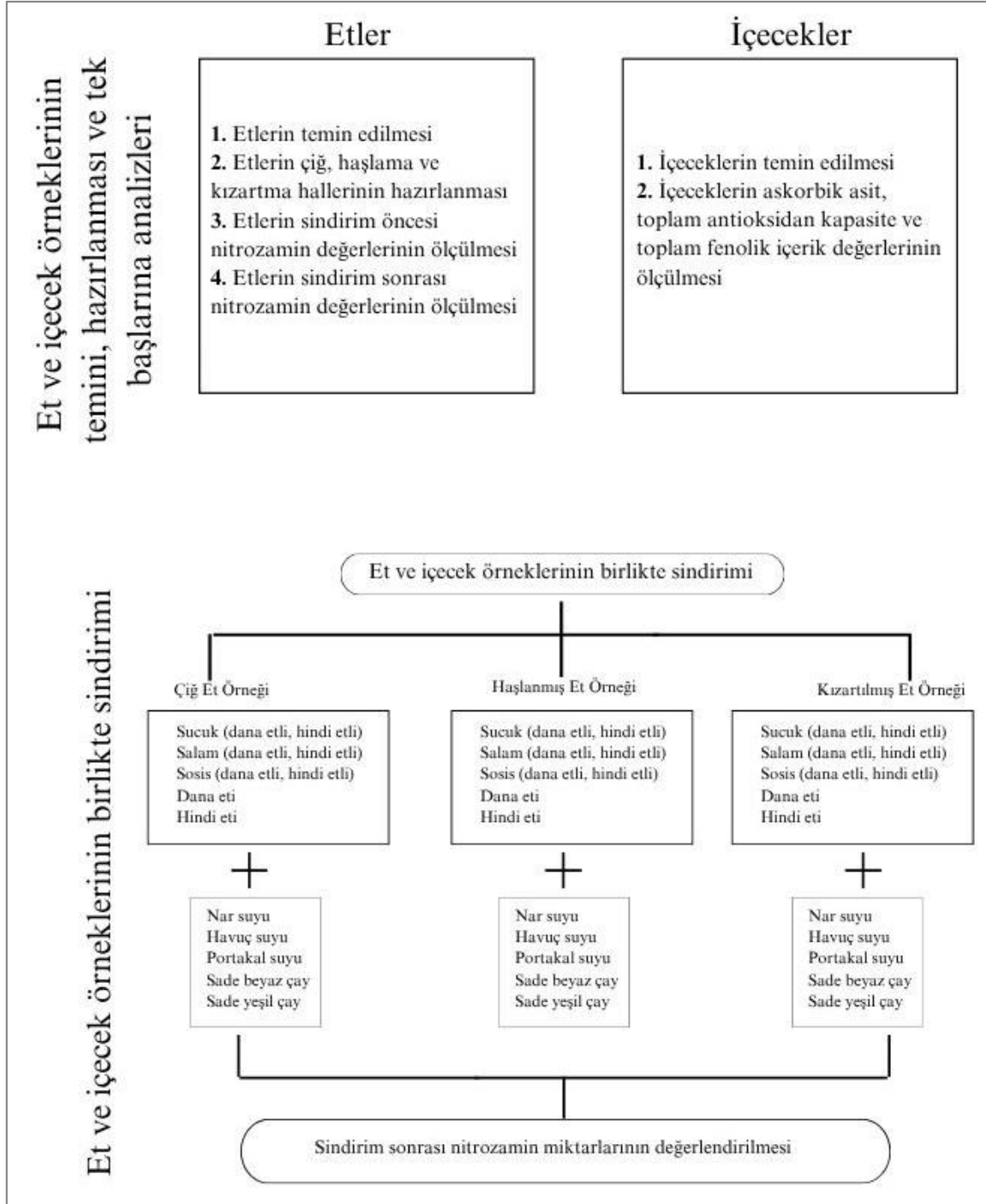


3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Çalışmanın Yeri, Zamanı ve Genel Planı

Bu çalışma farklı et türleriyle birlikte verilen içeceklerin *in vitro* sindirim sisteminde N-nitrosodimethylamine (NDMA) ve N-nitrosodiethylamine (NDEA) miktarlarına etkisini incelemiştir. Çalışmanın analiz kısımları İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Araştırma ve Geliştirme Laboratuvarı'nda 27 Haziran-01 Temmuz 2022 ve 26-30 Eylül 2022 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları ise Ocak 2024'te tamamlanmıştır.

Çalışmanın genel iş akış planı Şekil 3.1'de verilmiştir. Çalışma kapsamında et örneklerinin temin edilmesi, etlerin çiğ, haşlanmış ve kızartılmış hallerinin hazırlanması, hazırlanan etlerin sindirim öncesi ve sonrası nitrozamin miktarları ölçülmüştür. Ayrıca içecek örneklerinin temin edilmesi ve içeceklerin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik düzeyleri ölçülmüştür. Bununla birlikte etlerin farklı içeceklerle birlikte sindirimleri sonucunda nitrozamin değerleri ölçülmüştür.



Şekil 3.1. Çalışmanın genel iş akış planı

3.2. Kimyasallar ve Enzimler

Kullanılan kimyasallar ve enzimler analitik kalitedeydi. Potasyum peroksidisülfat, selüloz tozu, 2,2-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sülfonik asit) (ABTS) (%98), 6-hidroksi-2,5,7,8-tetrametil-kroman-2 karboksilik asit (Trolox) (%97), etil alkol (%96), demir (II) sülfat heptahidrat (%99) ve 5,5-dimetil-1-pirolin N-oksit (DMPO) (%97) Sigma-Aldrich

Chemie'den (Steinheim, Almanya) temin edilmiştir. Potasyum klorür, sodyum klorür, magnezyum klorür, amonyum bikarbonat, potasyum dihidrojen fosfat, metanol (%98) ve hidrojen peroksit (%30, (a/a)) Merck firmasından (Darmstadt, Almanya) elde edilmiştir. Domuz mide mukozasından pepsin (≥ 250 U/mg katı), domuz pankreasından pankreatin, safra özü, Streptomyces griseus'tan proteaz, Pronaz E (≥ 3.5 U/mg katı) ve Viscozyme L Sigma Aldrich Chemie firmasından satın alınmıştır. N-nitrosodimethylamine (NDMA) ve N-nitrosodiethylamine (NDEA) standart solüsyonları Sigma firmasından (St.Louis, MO, ABD) temin edilmiştir. Ayrıca analiz sırasında formik asit, hidrojen bromür (HBr) (%48'lik), asetik asit, dansil klotrit, aseton, sodyum bikarbonat (NaHCO_3), deiyonize su (5,6 $\mu\text{S/m}$) ve şırınga filtreleri (0,22 μm ve/veya 0,45 μm , ISOLAB) kullanılmıştır.

3.3. Örneklerin Hazırlanması

Çalışmada farklı et çeşitleri (n=24) ve farklı içecekler (n=5) kullanılmıştır. İçecekler farklı et türleri ile eşleştirilerek toplam 132 örnek ile çalışılmıştır (Çizelge 3.1). Etler ve içeceklerin miktarları porsiyon olarak hesaplanmıştır. Türkiye Beslenme Rehberi'ne (2022) göre pişirme sonrası 1 standart porsiyon işlenmiş et ürünleri (sucuk, salam ve sosis) 30 g ve 1 standart porsiyon işlenmemiş et türleri (dana eti ve hindi eti) 80 g'dır [257]. *In vitro sindirim* için 2 g et örnekleri kullanılmıştır [258, 259]. Et miktarları ile verilen içeceklerin miktarları ise aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

- Salam, sucuk, sosis 30 g / 200 mL yeşil çay (2 g et / 13 mL içecek)
- Salam, sucuk, sosis 30 g / 200 mL beyaz çay (2 g et / 13 mL içecek)
- Salam, sucuk, sosis 30 g / 150 mL nar suyu (2 g et / 10 mL içecek)
- Salam, sucuk, sosis 30 g / 150 mL havuç suyu (2 g et / 10 mL içecek)
- Salam, sucuk, sosis 30 g / 125 mL portakal suyu (2 g et / 8 mL içecek)
- Dana eti, hindi eti 80 g / 200 mL yeşil çay (2 g et / 5 mL içecek)
- Dana eti, hindi eti 80 g / 200 mL beyaz çay (2 g et / 5 mL içecek)
- Dana eti, hindi eti 80 g / 150 mL nar suyu (2 g et / 4 mL içecek)
- Dana eti, hindi eti 80 g / 150 mL havuç suyu (2 g et / 4 mL içecek)
- Dana eti, hindi eti 80 g / 125 mL portakal suyu (2 g et / 3 mL içecek)



Çizelge 3.1. Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi

Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler	Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler
A4	Çiğ dana etli sucuk	Yok	A8	Çiğ hindi etli sucuk	Yok
A278	Çiğ dana etli sucuk	Nar suyu	A282	Çiğ hindi etli sucuk	Nar suyu
A414	Çiğ dana etli sucuk	Havuç suyu	A418	Çiğ hindi etli sucuk	Havuç suyu
A142	Çiğ dana etli sucuk	Portakal suyu	A146	Çiğ hindi etli sucuk	Portakal suyu
A686	Çiğ dana etli sucuk	Yeşil çay	A690	Çiğ hindi etli sucuk	Yeşil çay
A550	Çiğ dana etli sucuk	Beyaz çay	A554	Çiğ hindi etli sucuk	Beyaz çay
A12	Haşlanmış dana etli sucuk	Yok	A16	Haşlanmış hindi etli sucuk	Yok
A286	Haşlanmış dana etli sucuk	Nar suyu	A290	Haşlanmış hindi etli sucuk	Nar suyu
A422	Haşlanmış dana etli sucuk	Havuç suyu	A426	Haşlanmış hindi etli sucuk	Havuç suyu
A150	Haşlanmış dana etli sucuk	Portakal suyu	A154	Haşlanmış hindi etli sucuk	Portakal suyu
A694	Haşlanmış dana etli sucuk	Yeşil çay	A694	Haşlanmış hindi etli sucuk	Yeşil çay
A558	Haşlanmış dana etli sucuk	Beyaz çay	A562	Haşlanmış hindi etli sucuk	Beyaz çay
A20	Kızartılmış dana etli sucuk	Yok	A24	Kızartılmış hindi etli sucuk	Yok
A294	Kızartılmış dana etli sucuk	Nar suyu	A298	Kızartılmış hindi etli sucuk	Nar suyu
A430	Kızartılmış dana etli sucuk	Havuç suyu	A434	Kızartılmış hindi etli sucuk	Havuç suyu
A158	Kızartılmış dana etli sucuk	Portakal suyu	A162	Kızartılmış hindi etli sucuk	Portakal suyu
A702	Kızartılmış dana etli sucuk	Yeşil çay	A706	Kızartılmış hindi etli sucuk	Yeşil çay
A566	Kızartılmış dana etli sucuk	Beyaz çay	A570	Kızartılmış hindi etli sucuk	Beyaz çay
A28	Çiğ dana etli salam	Yok	A32	Çiğ hindi etli salam	Yok
A302	Çiğ dana etli salam	Nar suyu	A306	Çiğ hindi etli salam	Nar suyu
A438	Çiğ dana etli salam	Havuç suyu	A422	Çiğ hindi etli salam	Havuç suyu
A166	Çiğ dana etli salam	Portakal suyu	A170	Çiğ hindi etli salam	Portakal suyu
A710	Çiğ dana etli salam	Yeşil çay	A714	Çiğ hindi etli salam	Yeşil çay
A574	Çiğ dana etli salam	Beyaz çay	A578	Çiğ hindi etli salam	Beyaz çay

Çizelge 3.1. (devam) Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi

Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler	Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler
A36	Haşlanmış dana etli salam	Yok	A40	Haşlanmış hindi etli salam	Yok
A310	Haşlanmış dana etli salam	Nar suyu	A314	Haşlanmış hindi etli salam	Nar suyu
A446	Haşlanmış dana etli salam	Havuç suyu	A450	Haşlanmış hindi etli salam	Havuç suyu
A174	Haşlanmış dana etli salam	Portakal suyu	A178	Haşlanmış hindi etli salam	Portakal suyu
A718	Haşlanmış dana etli salam	Yeşil çay	A722	Haşlanmış hindi etli salam	Yeşil çay
A532	Haşlanmış dana etli salam	Beyaz çay	A586	Haşlanmış hindi etli salam	Beyaz çay
A44	Kızartılmış dana etli salam	Yok	A48	Kızartılmış hindi etli salam	Yok
A318	Kızartılmış dana etli salam	Nar suyu	A322	Kızartılmış hindi etli salam	Nar suyu
A454	Kızartılmış dana etli salam	Havuç suyu	A458	Kızartılmış hindi etli salam	Havuç suyu
A182	Kızartılmış dana etli salam	Portakal suyu	A186	Kızartılmış hindi etli salam	Portakal suyu
A726	Kızartılmış dana etli salam	Yeşil çay	A730	Kızartılmış hindi etli salam	Yeşil çay
A590	Kızartılmış dana etli salam	Beyaz çay	A594	Kızartılmış hindi etli salam	Beyaz çay
A52	Çiğ dana etli sosis	Yok	A56	Çiğ hindi etli sosis	Yok
A326	Çiğ dana etli sosis	Nar suyu	A330	Çiğ hindi etli sosis	Nar suyu
A462	Çiğ dana etli sosis	Havuç suyu	A466	Çiğ hindi etli sosis	Havuç suyu
A190	Çiğ dana etli sosis	Portakal suyu	A194	Çiğ hindi etli sosis	Portakal suyu
A734	Çiğ dana etli sosis	Yeşil çay	A738	Çiğ hindi etli sosis	Yeşil çay
A598	Çiğ dana etli sosis	Beyaz çay	A602	Çiğ hindi etli sosis	Beyaz çay
A60	Haşlanmış dana etli sosis	Yok	A64	Haşlanmış hindi etli sosis	Yok
A334	Haşlanmış dana etli sosis	Nar suyu	A338	Haşlanmış hindi etli sosis	Nar suyu
A470	Haşlanmış dana etli sosis	Havuç suyu	A474	Haşlanmış hindi etli sosis	Havuç suyu
A198	Haşlanmış dana etli sosis	Portakal suyu	A202	Haşlanmış hindi etli sosis	Portakal suyu
A742	Haşlanmış dana etli sosis	Yeşil çay	A746	Haşlanmış hindi etli sosis	Yeşil çay
A606	Haşlanmış dana etli sosis	Beyaz çay	A610	Haşlanmış hindi etli sosis	Beyaz çay

Çizelge 3.1. (devam) Çalışmada kullanılan örneklerin eşleştirilmesi

Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler	Örnek No	Et türü	Birlikte verilen içecekler
A68	Kızartılmış dana etli sosis	Yok	A72	Kızartılmış hindi etli sosis	Yok
A342	Kızartılmış dana etli sosis	Nar suyu	A346	Kızartılmış hindi etli sosis	Nar suyu
A478	Kızartılmış dana etli sosis	Havuç suyu	A482	Kızartılmış hindi etli sosis	Havuç suyu
A206	Kızartılmış dana etli sosis	Portakal suyu	A210	Kızartılmış hindi etli sosis	Portakal suyu
A754	Kızartılmış dana etli sosis	Yeşil çay	A754	Kızartılmış hindi etli sosis	Yeşil çay
A614	Kızartılmış dana etli sosis	Beyaz çay	A618	Kızartılmış hindi etli sosis	Beyaz çay
A81	Haşlanmış dana eti	Yok	A94	Haşlanmış hindi eti	Yok
A354	Haşlanmış dana eti	Nar suyu	A366	Haşlanmış hindi eti	Nar suyu
A490	Haşlanmış dana eti	Havuç suyu	A502	Haşlanmış hindi eti	Havuç suyu
A218	Haşlanmış dana eti	Portakal suyu	A230	Haşlanmış hindi eti	Portakal suyu
A762	Haşlanmış dana eti	Yeşil çay	A774	Haşlanmış hindi eti	Yeşil çay
A626	Haşlanmış dana eti	Beyaz çay	A638	Haşlanmış hindi eti	Beyaz çay
A85	Kızartılmış dana eti	Yok	A98	Kızartılmış hindi eti	Yok
A358	Kızartılmış dana eti	Nar suyu	A370	Kızartılmış hindi eti	Nar suyu
A494	Kızartılmış dana eti	Havuç suyu	A506	Kızartılmış hindi eti	Havuç suyu
A222	Kızartılmış dana eti	Portakal suyu	A234	Kızartılmış hindi eti	Portakal suyu
A766	Kızartılmış dana eti	Yeşil çay	A778	Kızartılmış hindi eti	Yeşil çay
A630	Kızartılmış dana eti	Beyaz çay	A642	Kızartılmış hindi eti	Beyaz çay

3.4. Etlerin Temini ve Analize Hazırlanması

Çalışmada kırmızı ve beyaz et örnekleri kullanılmıştır. Kırmızı ve beyaz et örneklerinin işlenmiş ve işlenmemiş türleri kullanılmıştır. Kırmızı işlenmiş et ürünleri olarak dana etli sucuk, dana etli salam ve dana etli sosis kullanılmıştır. Kırmızı işlenmemiş et çeşiti olarak dana eti kullanılmıştır. Beyaz işlenmiş et ürünleri olarak hindi etli sucuk, hindi etli salam ve hindi etli sosis kullanılmıştır. Beyaz işlenmemiş et çeşiti olarak hindi eti kullanılmıştır. İşlenmiş etler İstanbul'da satışa sunulan marketten satın alınırken, işlenmemiş etler yerel bir kasaptan alınmıştır. İşlenmiş etlere ait etiket bilgileri Çizelge 3.2'de yer verilmiştir.

Çizelge 3.2. İşlenmiş etlerin etiket bilgileri

Et çeşitleri	Tanımlayıcı etiket bilgileri
Sucuk	Dana etli Dana eti ve yağı, baharat karışımı, sarımsak, tuz, tatlı kırmızı biber, stabilizör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit), koruyucu madde (sodyum nitrit)
	Hindi etli Hindi eti, dana yağı, baharat karışımı, tuz, tatlı kırmızı biber, sarımsak, koruyucu madde (sodyum nitrit), stabilazör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit). Yağ oranı en çok %40.
Salam	Dana etli Dana eti ve yağı, ayçiçek yağı, su, patates nişastası, soya proteini, süt proteini, tuz, baharat karışımı, sarımsak, koruyucu madde (sodyum laktat, sodyum nitrit), stabilazör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit), aroma vericiler, doğal tütsü aroması
	Hindi etli Hindi eti, ayçiçek yağı, dana yağı, su, patates nişastası, soya proteini, süt proteini, buğday lifi, baharat karışımı, tuz, sarımsak, kıvam arttırıcı (karragenan), koruyucu madde (sodyum laktat, sodyum nitrit), stabilazör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit), aroma vericiler, doğal tütsü aroması
Sosis	Dana etli Dana eti ve yağı, ayçiçek yağı, su, patates nişastası, soya proteini, süt proteini, tuz, baharat karışımı, sarımsak, kıvam arttırıcı (guar gam), koruyucu madde (sodyum laktat, sodyum nitrit), stabilazör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit), aroma vericiler, renklendirici (karamel -E 150d). Doğal tütsüleme yapılmıştır.
	Hindi etli Hindi eti, ayçiçek yağı, dana yağı, su, patates nişastası, soya proteini, süt proteini, buğday lifi, baharat karışımı, tuz, sarımsak, kıvam arttırıcı (guar gam), koruyucu madde (sodyum laktat, sodyum nitrit), stabilazör (sodyum polifosfat), antioksidan (askorbik asit), aroma vericiler.

Temin edilen et örneklerine sindirim işleminden önce ısıtma işlemleri uygulanmıştır. Farklı pişirme yöntemlerinin etkisini incelemek için haşlama ve kızartma yöntemleri kullanılmıştır.

Haşlama yöntemi öncesi işlenmemiş etler (dana eti, hindi eti) kuşbaşı şeklinde doğranmıştır. Büyüklükleri 1 cm kalınlığında doğranan sucuk ve sosis ile dilim halinde hazır olan salamlar haşlama için hazırlanmıştır. İşlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinden 100 g alınarak su bulunan (yaklaşık 600 mL) paslanmaz çelik tencereye konularak tüketime hazır hale gelene kadar pişirilmiştir.

Kızartma yöntemi öncesi işlenmemiş etler (dana eti, hindi eti) tek parça ve ince dilimler halinde kesilmiştir. İşlenmiş etler (sucuk ve salam) 1 cm kalınlıkta kesilmiştir. Hazır dilim halindeki salamlar ve hazırlanan diğer işlenmiş etler önceden ısıtılmış teflon tavada tüketime

hazır hale gelene kadar pişirilmiştir. Sadece işlenmemiş etlerin kızartma sırasında yanmaması için tavaya 1 yemek kaşığı sıvı yağ eklenmiştir.

Etlerin iç sıcaklıkları prob termometre ile ölçülmüş ve hepsi 72°C ve üzerinde olacak şekilde pişirme işlemi yapılmıştır [260, 261]. Hazırlanan et örneklerinden 2 g alınarak falkon tüplerine konulmuştur. Etler analiz gününe kadar (bir gün sonrası için) (+4°C)'de saklanmıştır.

3.5. İçeceklerin Temini ve Analize Hazırlanması

Çalışmada nar suyu, havuç suyu, portakal suyu, yeşil çay ve beyaz çay kullanılmıştır. Havuç ve portakal İstanbul'da satışa sunulan marketin manav bölümünden taze şekilde satın alınmıştır. Yeşil çay ve beyaz çay satışa sunulan marketten ambalajlı poşet çay olarak satın alınmış ve “aromasız, sade” türü tercih edilmiştir. Analiz yapılan mevsimde taze nar olmadığından cam şişede satılan %100 sıkma nar suyu kullanılmıştır.

Tüm içeceklerin standart bir porsiyonları hazırlanmıştır [257]. Nar suyu ve havuç suyu 150 mL, portakal suyu 125 mL, yeşil ve beyaz çay 200 mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Havuç ve portakal suyunun hazırlanmasında katı meyve sıkacağı kullanılmıştır. Yeşil ve beyaz çaylar ise etiket bilgilerinde yazan demleme tarifesine uygun hazırlanmıştır. Poşet çaylar kaynamış 200 mL su içerisinde 2-3 dk bekletilerek hazırlanmıştır. Tüm içecekler analizlerin yapılacağı an hazır hale getirilmiştir. İçeceklerin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik değerleri incelenmiştir (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. İçeceklerin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik değerleri

İçecekler	Askorbik asit değeri**		Toplam antioksidan kapasite**		Toplam fenolik içerik**	
	$\bar{X} \pm SS$	P	$\bar{X} \pm SS$	P	$\bar{X} \pm SS$	P
Nar suyu	0,3±0,03	0,368	89888,1±0,00	0,406	199125,1±0,00	0,406
Havuç suyu	0,1±0,02		625274,2±0,00		1428089,0±0,00	
Portakal suyu	82,8±2,71		87224,4±0,00		183739,0±0,00	
Yeşil çay	-		157144,3±0,00		129887,7±0,00	
Beyaz çay	-		208418,8±0,00		759755,9±0,00	

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. **Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg galik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir.

3.6. *In vitro* Sindirim Sistemi Koşulları ve *In vitro* Sindirim

Bu çalışmada statik sindirim sistemi modeli kullanılmıştır. *In vitro* sindirim sistemi koşulları için Lee ve arkadaşları (2016) tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır [262]. Bu yöntemde göre *in vitro* sindirim sistemi ağız, mide, safra ve ince bağırsak ortamlarından oluşmaktadır (Şekil 3.2). İlk önce bu sindirim ortamları hazırlanmış, daha sonra sindirilecek örneklere (falkon tüplere) sindirim solüsyonları eklenmiştir.

Sindirim öncesinde falkon tüplerine konulan 2 g et örneklerinin üzerine 7.5 mL distile su konularak homojenizatör ile homojen hale getirilmiştir. Her bir et örnekleri ile eşleştirilen miktardaki içecekler eklenmiştir. Daha sonra simüle edilmiş sindirim ortamları falkon tüplere eklenerek sindirim tamamlanmıştır.

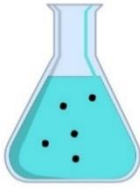
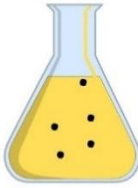
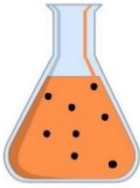
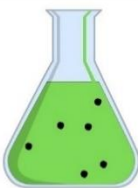
Ağız ortamı: Bu aşamada tükürük solüsyonu hazırlanmıştır. Sodyum klorür (175.3 g/L) çözeltisinden 17 mL ve üre (25 g/L) çözeltisinden 8 mL alınmış ve 500 mL’lik erlen içerisine konulmuştur. Üzerine 400 mL deiyonize ilave edilmiştir. Hazırlanan bu karışıma önce 15 mg ürik asit, sonra 25 mg musin ve 290 mg α -amilaz eklenerek son hacim 500 mL’ye tamamlanmıştır.

Mide ortamı: Mide solüsyonu hazırlamak amacıyla HCl (37 g/L) çözeltisinden 6.5 mL ve kalsiyum klorür dihidrat ($\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 22.2 g/L) çözeltisinden 18 mL alınmıştır. Bu iki çözelti 500 mL’lik erlene konulmuş ve son hacim 500 mL olacak şekilde deiyonize su ile tamamlanmıştır. Daha sonra bu karışıma 1 g sığır serum albümini, 3 g musin ve 2.5 g pepsin

eklenerek çözünmeleri sağlanmıştır. Çözelti pH'sının 1.5 ± 0.1 olması için 1 M hidroklorik asit (HCl) asit ya da 0.2 M sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır. Mide ortamı sindirim çalkalamalı su banyosu simüle edilerek oluşturulmuştur. Buradaki sindirim yaklaşık $37-38.6^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dk sürmüştür.

İnce bağırsak ortamı: Duodenum solüsyonu için 6.3 mL potasyum klorür (KCl, 89.6 g/L) çözeltisi, 9 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22.2 g/L) çözeltisi kullanılmış ve 500 mL'lik erlene konulmuştur. Bu karışım deiyonize su ile son hacmi 500 mL'ye tamamlanmıştır. Daha sonra 1 g sığır serum albümini, 1.5 g lipaz ve 9 g pankreatin ilave edilmiş ve çözdürülmüştür. Çözelti pH'sı (7.0 ± 0.2) 1 M HCl asit ya da 0.2 M NaOH kullanılarak ayarlanmıştır. İnce bağırsak ortamı sindirim çalkalamalı su banyosu simüle edilerek oluşturulmuştur. İnce bağırsak ortamında sindirim yaklaşık $37-44^{\circ}\text{C}$ 'de 2 saat sürmüştür.

Safra: Bu solüsyon için 500 mL'lik erlene sodyum bikarbonat (84.7 g/L) çözeltisinden 68 mL ve $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (22.2 g/L) çözeltisinden 10 mL hazırlanmış ve üzerine 400 mL deiyonize su ilave edilmiştir. Üzerine 1.8 g sığır serum albümini ve 30 g safra ilave edilerek çözdürülmüştür. Son hacim 500 mL'ye tamamlanmıştır. Çözelti pH'sı (7.0 ± 0.2) 1 M HCl ya da 0.2 M NaOH kullanılarak ayarlanmıştır.

AĞIZ ORTAMI	MİDE ORTAMI	İNCE BAĞIRSAK ORTAMI	SAFRA ORTAMI
			
500 mL erlen	500 mL erlen	500 mL erlen	500 mL erlen
17 mL NaCl çözeltisi 8 mL üre çözeltisi 15 mg ürik asit 25 mg müsin 290 mg α -amilaz	6.5 mL HCl çözeltisi 18 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi 1 g sığır serum albumini 3 g müsin 2.5 g pepsin pH 1.5 ± 0.1 için HCl veya NaOH	6.3 mL KCl çözeltisi 9 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi 1 g sığır serum albumini 1.5 g lipaz 9 g pankreatin pH 7.0 ± 0.2 için HCl veya NaOH	68 mL sodyum bikarbonat çözeltisi 10 mL $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltisi 1.8 g sığır serum albumini 30 g safra pH 7.0 ± 0.2 için HCl veya NaOH

Şekil 3.2. *In vitro* sindirim koşulları

3.7. Nitrozamin Analizi

Etlerde nitrozamin miktarlarının belirlenmesinde Cárdenes ve arkadaşları (2002) ile Komarova ve Velikanov (2001) tarafından uygulanan yöntem kullanılmıştır [258, 259].

Hazırlanan et örneklerinin sindirim öncesi ve sindirim sonrası nitrozamin miktarları analiz edilmiştir. Ayrıca etlerin farklı içeceklerle birlikte sindirimi sonrası da nitrozamin miktarları ölçülmüştür.

Et örneklerindeki nitrozamin miktarları ters fazlı HPLC kullanılarak ölçülmüştür. Örneklerin süpernatantları selüloz asetat (CA) filtresi (0.22 µm/0.45 µm) kullanılarak süzülüş ve HPLC tüplerine enjekte edilmiştir. Analiz 40°C’de Shimadzu SPD-20A UV/VIS dedektörü (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ve Shimadzu LC 20AT pompası kullanılarak yapılmıştır. Nitrozamin bileşiklerinin ayrılması için akış hızı 1.2 mL/dk olan paslanmaz çelik C18 kolonu (5µm, 250x4.6) (ACE, İskoçya) kullanılmıştır. Dalga boyu 254 nm olan dedektör kullanılmıştır. Etlerin nitrozamin miktarları µg/g olarak ifade edilmiştir.

3.8. Askorbik Asit Analizi

Askorbik asit analizi için önce içecekler hazırlanmıştır. İçeceklerin hazırlanmasında Gökmen ve arkadaşları (2000) tarafından uygulanan yöntem dikkate alınmıştır [263]. Bir porsiyon şeklinde hazırlanan içecekler falkon tüplerine konularak son hacim meta-fosforik asit (%3) ile 50 mL’ye tamamlanmıştır. İçecekler yaklaşık 1 dk boyunca homojenizatör ile (VELP Scientifica OV5 Homogenizer, homojenizasyon hızı 10000-30000 rpm) homojenize edilmiştir. Daha sonra 10000 rpm hızda 2 dakika santrifüj (HITACHI CR 22N High-Speed Refrigerated Centrifuge) edilmiştir.

İçeceklerdeki askorbik asit düzeylerinin ölçümünde Zhang ve Hamauzu (2004) tarafından uygulanan yöntem kullanılmıştır [264]. Askorbik asit düzeyleri ters fazlı HPLC yöntemiyle ölçülmüştür. Santrifüj edilen örneklerin süpernatant kısımları 0.45 µm’lik CA filtresi ile süzülerek HPLC viallerine konulmuş ve üzerine %3’lük 0.75 mL metafosforik asit ilave edilmiştir. Analizde Shimadzu SPD-20A UV/VIS dedektörü (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) ve Shimadzu LC 20AT pompası kullanılmıştır. Askorbik asitin ayrılması için akış hızı 0.5 mL/dk olan paslanmaz çelik C18 kolonu (5 µm, 4.6x250 mm) (ACE, İskoçya) ve dalga boyu 254 nm olan dedektör kullanılmıştır. İçeceklerin askorbik asit düzeyi mg/mL olarak ifade edilmiştir.

3.9. Toplam Antioksidan Kapasite Analizi

Toplam antioksidan kapasite analizi için önce içecekler hazırlanmıştır. İçeceklerin hazırlanmasında Gökmen ve arkadaşları (2000) tarafından uygulanan yöntem dikkate alınmıştır [263]. Bir porsiyon şeklinde hazırlanan içecekler falkon tüplerine konularak son hacim meta-fosforik asit (%3) ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. İçecekler yaklaşık 1 dk boyunca homojenizatör ile (VELP Scientifica OV5 Homogenizer, homojenizasyon hızı 10000-30000 rpm) homojenleştirilmiştir. Daha sonra 10000 rpm hızda 2 dakika santrifüj (HITACHI CR 22N High-Speed Refrigerated Centrifuge) edilmiştir.

İçeceklerdeki toplam antioksidan kapasite düzeylerinin ölçümünde Kumaran ve Karunakaran (2006) tarafından uygulanan yöntem kullanılmıştır [265]. Toplam antioksidan kapasite spektrofotometre yöntemiyle ölçülmüştür. Santrifüj edilen örneklerin süpernatant kısımları 0.45 µm'lik CA filtresi ile süzölmüştür. Bu süzöntüden 0.1 mL alınarak cam deney tüplerine konulmuş ve üzerine 2 mL 2,2-difenil-1-pikril-hidrazil-hidrat (DPPH) çözeltisi (20 mg DPPH / 500 mL metanol) eklenmiştir. Cam deney tüpleri karanlıkta 30 dk bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometre viallerine aktarılan örneklerin absorban durumları 517 nm'de Shimadzu UV-1800 US-VIS kullanılarak ölçölmüştür. Absorban değeri mmol TEAC/L olarak ifade edilmiştir.

3.10. Toplam Fenolik İçerik Analizi

Toplam fenolik içerik analizi için önce içecekler hazırlanmıştır. İçeceklerin hazırlanmasında Gökmen ve arkadaşları (2000) tarafından uygulanan yöntem dikkate alınmıştır [263]. Bir porsiyon şeklinde hazırlanan içecekler falkon tüplerine konularak son hacim meta-fosforik asit (%3) ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. İçecekler yaklaşık 1 dk boyunca homojenizatör ile (VELP Scientifica OV5 Homogenizer, homojenizasyon hızı 10000-30000 rpm) homojenleştirilmiştir. Daha sonra 10000 rpm hızda 2 dakika santrifüj (HITACHI CR 22N High-Speed Refrigerated Centrifuge) edilmiştir.

İçeceklerdeki toplam fenolik içerik düzeylerinin ölçümünde Folin-Ciocalteu prosedürü kullanılmıştır [266]. Toplam fenolik içerik spektrofotometre yöntemiyle ölçölmüştür. Santrifüj edilen örneklerin süpernatant kısımları 0.45 µm'lik CA filtresi ile süzölmüştür. Bu süzöntüden 0.1 mL alınarak cam deney tüplerine konulmuş ve üzerine %10'luk 0.75 mL

Folin reaktifi (2.5 mL Folin / 25 mL distile su) ve %6'lık 0.75 mL NaCO₃ (3 g NaCO₃ / 50 mL distile su) eklenmiştir. Cam deney tüpleri karanlıkta 90 dk bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometre viallerine aktarılan örneklerin absorban durumları 765 nm'de Shimadzu UV-1800 US-VIS kullanılarak ölçülmüştür. Absorban değerleri mg gallik asit eşdeğeri/mL olarak ifade edilmiştir.

3.11. Verilerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

İstatistiksel analizler SPSS 22.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Tüm analizler üç kez tekrarlanmış ve ortalama ($\bar{X}$) ve standart sapma (ss) değerleri kullanılmıştır. Normal dağılım göstermeyen üç veya daha fazla bağımsız gruplar arasındaki farklılıklarda Kruskal Wallis-H Testi, normal dağılım göstermeyen iki bağımsız gruplar arasındaki farklılıklarda Mann Whitney-U Testi ve normal dağılım göstermeyen bağımlı iki grup arasındaki farklılıkların değerlendirilmesinde Wilcoxon Testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık ve önemlilik derecesi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

Etlerin sindirim öncesi ve sonrası nitrozamin değerlerinin karşılaştırılmasında her bir et örnekleri kendi içerisinde karşılaştırılmıştır.

Etlerin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerlerinin karşılaştırılmasında kontrol grubu “her bir et örneğinin içeeksiz hali”dir.

Et örneklerinde çiğ ve farklı pişirme yöntemlerinin nitrozamin değişimleri ile karşılaştırılmasında tüm et örnekleri, işlenmiş et örnekleri ve işlenmemiş et örnekleri olarak kendi içerisinde değerlendirme yapılmıştır.

3.9. Çalışmanın Güçlü Yanları ve Sınırlılıklar

Literatürde genellikle işlenmiş et ürünlerin hamurlarına eklenen besinlerin nitrozamin değerleri üzerine etkileri incelenmektedir. Çalışmamızın güçlü yanı ise etlerin ve içeceklerin birlikte tüketimlerini değerlendiren az sayıda çalışmalardan birisidir. Etlerin ve içeceklerin birlikte sindiriminin *in vitro* sindirim sistemi kullanılarak incelenmesi önemlidir.

Çalışmanın kısıtlılığından birisi işlenmiş etler için tek markanın ürünleri kullanılmıştır. İleride yapılacak çalışmalarda farklı markaların örneklerinin kullanılması önemli olacaktır.

Etlerde nitrozaminlerin türünü ve miktarını etkileyen biyojen aminler, nitrit, nitrat, askorbik asit ve baharat miktarlarının bilinmesi veya değerlendirilmesi çalışma sonuçlarını değerlendirmede kısıtlılığa neden olmaktadır. Benzer şekilde içeceklerin nitrat ve nitrit içeriklerinin bilinmemesi nitrozamin oluşumuna katkısı göz ardı edilmiştir.

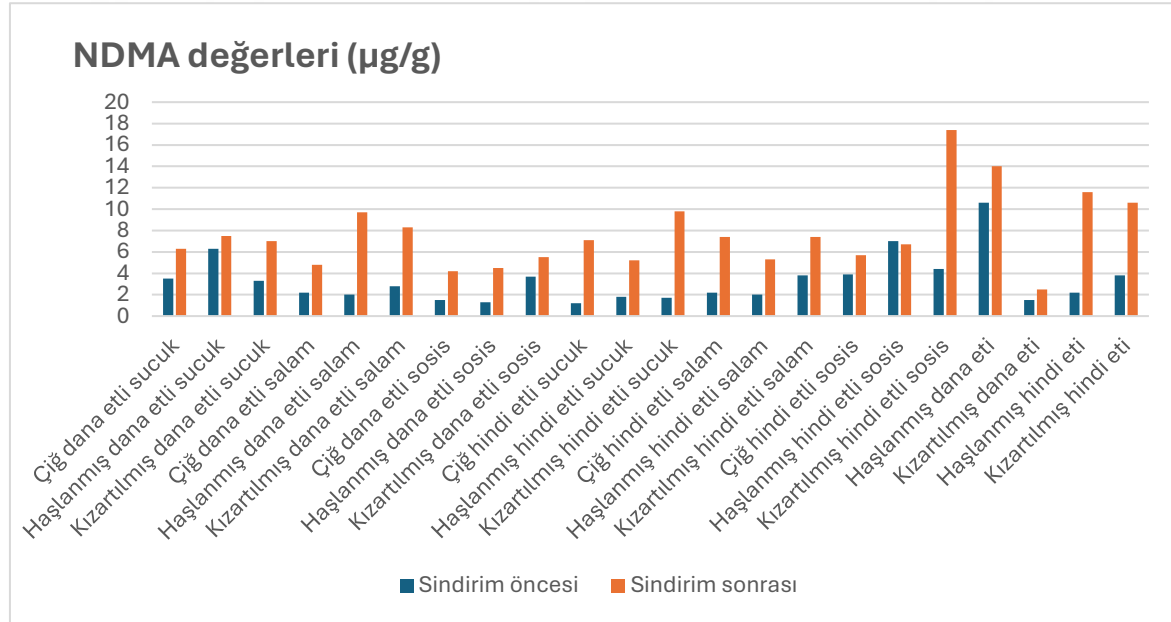




4. BULGULAR

4.1. Et Örneklerinin Sindirim Öncesi ve Sindirim Sonrası Oluşan Nitrozamin Değerleri

Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDMA değerleri ($\mu\text{g/g}$) Şekil 4.1’de ve NDMA değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} /1$ porsiyon) Çizelge 4.1’de verilmiştir. Haşlanmış hindi etli sosiste NDMA değerleri (100 gramda ve 1 porsiyonda) istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalırken ($p<0,005$), diğer etlerin hepsinde sindirimle beraber NDMA değerleri (100 gramda ve 1 porsiyonda) anlamlı olarak artmıştır ($p<0,005$).



Şekil 4.1. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDMA değerlerinin karşılaştırılması

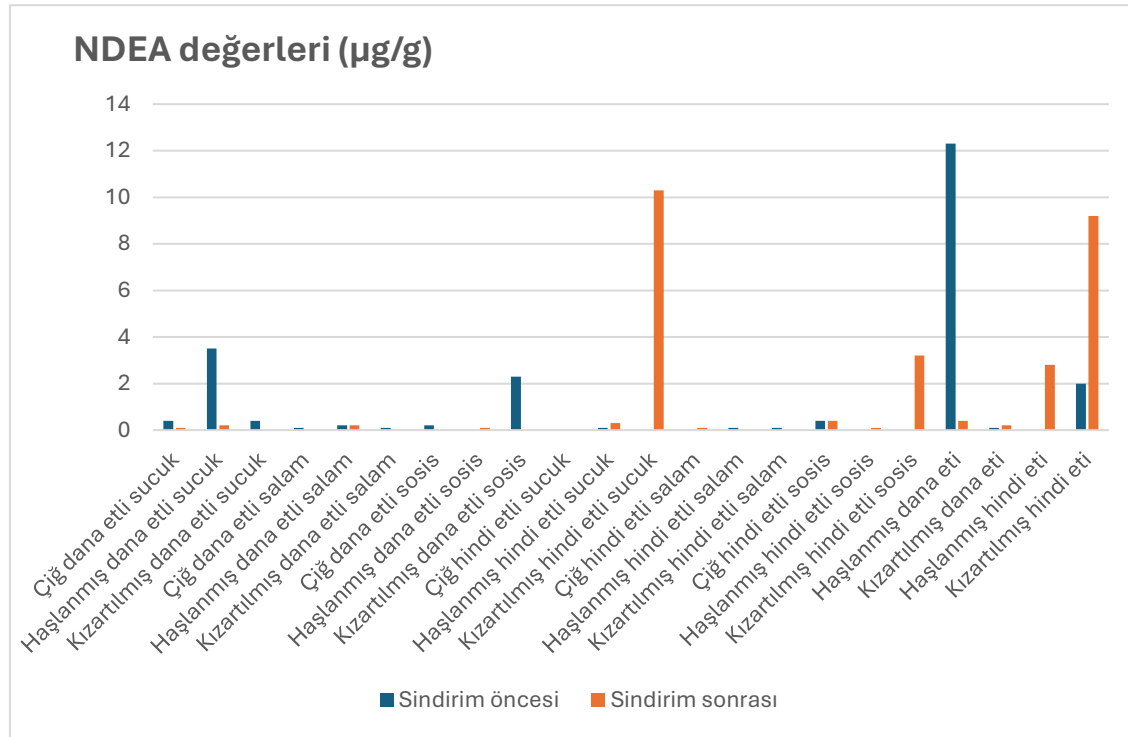
Çizelge 4.1. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDMA değerlerinin ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) karşılaştırılması

Et örnekleri**	NDMA ($\mu\text{g}/100$ g)		P	NDMA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)		P
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası		Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	
	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)		$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	
Çiğ dana etli sucuk	353,0 $\pm$ 8,19 (342,5-362,5)	633,3 $\pm$ 9,86 (621,7-645,8)	0,000	105,9 $\pm$ 2,46 (102,8-108,8)	190,0 $\pm$ 2,96 (186,5-193,7)	0,000
Haşlanmış dana etli sucuk	634,6 $\pm$ 9,14 (622,9-645,2)	746,9 $\pm$ 13,75 (732,1-765,2)	0,000	190,4 $\pm$ 2,74 (186,9-193,6)	224,1 $\pm$ 4,12 (219,6-229,6)	0,000
Kızartılmış dana etli sucuk	332,9 $\pm$ 97,00 (323,5-342,8)	699,5 $\pm$ 100,77 (685,4-722,5)	0,000	99,9 $\pm$ 29,10 (97,1-102,8)	209,9 $\pm$ 30,23 (205,6-216,8)	0,000
Çiğ dana etli salam	218,0 $\pm$ 103,00 (210,2-226,5)	480,0 $\pm$ 100,00 (472,6-486,5)	0,000	65,4 $\pm$ 30,90 (63,1-68,0)	144,0 $\pm$ 30,00 (141,8-146,0)	0,000
Haşlanmış dana etli salam	200,0 $\pm$ 11,00 (190,0-210,0)	970,0 $\pm$ 29,00 (940,0-998,6)	0,000	60,0 $\pm$ 3,30 (57,0-63,0)	291,0 $\pm$ 8,70 (282,0-299,6)	0,000
Kızartılmış dana etli salam	280,0 $\pm$ 11,00 (280,0-296,5)	830,0 $\pm$ 21,00 (810,0-850,0)	0,000	84,0 $\pm$ 3,30 (84,0-89,0)	249,0 $\pm$ 6,30 (243,0-255,0)	0,000
Çiğ dana etli sosis	154,4 $\pm$ 9,15 (145,2-163,5)	420,2 $\pm$ 12,87 (406,6-432,2)	0,000	46,3 $\pm$ 2,75 (43,6-49,1)	126,1 $\pm$ 3,86 (122,0-129,7)	0,000
Haşlanmış dana etli sosis	130,6 $\pm$ 7,55 (125,7-139,3)	447,9 $\pm$ 18,58 (432,4-468,5)	0,000	39,2 $\pm$ 2,27 (37,7-41,8)	134,4 $\pm$ 5,57 (129,7-140,6)	0,000
Kızartılmış dana etli sosis	373,4 $\pm$ 11,49 (362,5-385,4)	546,4 $\pm$ 19,53 (526,2-565,2)	0,000	112,0 $\pm$ 3,45 (108,8-115,6)	163,9 $\pm$ 5,86 (157,9-169,6)	0,000
Çiğ hindi etli sucuk	118,8 $\pm$ 6,34 (111,5-122,9)	706,5 $\pm$ 19,43 (687,7-726,5)	0,000	35,6 $\pm$ 1,90 (33,5-36,9)	211,9 $\pm$ 5,83 (206,3-218,0)	0,000
Haşlanmış hindi etli sucuk	175,4 $\pm$ 10,67 (165,8-186,9)	516,2 $\pm$ 19,37 (494,8-532,5)	0,000	52,6 $\pm$ 3,20 (49,7-56,1)	154,9 $\pm$ 5,81 (148,4-159,8)	0,000
Kızartılmış hindi etli sucuk	167,3 $\pm$ 9,58 (156,8-175,6)	978,3 $\pm$ 22,98 (956,8-1002,5)	0,000	50,2 $\pm$ 2,87 (47,0-52,7)	293,5 $\pm$ 6,89 (287,0-300,8)	0,000
Çiğ hindi etli salam	224,3 $\pm$ 8,43 (215,3-232,0)	741,5 $\pm$ 20,01 (719,6-758,8)	0,000	67,3 $\pm$ 2,53 (64,6-69,6)	222,5 $\pm$ 6,00 (215,9-227,6)	0,000
Haşlanmış hindi etli salam	201,3 $\pm$ 5,77 (195,8-207,3)	531,3 $\pm$ 13,40 (523,4-546,8)	0,000	60,4 $\pm$ 1,73 (58,7-62,2)	159,4 $\pm$ 4,02 (157,0-164,0)	0,000
Kızartılmış hindi etli salam	375,9 $\pm$ 8,25 (371,1-385,4)	737,9 $\pm$ 23,77 (711,2-756,7)	0,000	112,8 $\pm$ 2,48 (111,3-115,6)	221,4 $\pm$ 7,13 (213,4-227,0)	0,000
Çiğ hindi etli sosis	393,4 $\pm$ 8,51 (385,5-402,4)	574,5 $\pm$ 11,67 (566,8-587,9)	0,000	118,0 $\pm$ 2,55 (115,7-120,7)	172,3 $\pm$ 3,50 (170,0-176,4)	0,000
Haşlanmış hindi etli sosis***	698,2 $\pm$ 13,47 (685,2-712,1)	670,3 $\pm$ 18,19 (650,1-685,4)	0,000	209,5 $\pm$ 4,04 (205,6-213,6)	201,1 $\pm$ 5,46 (195,0-205,6)	0,000
Kızartılmış hindi etli sosis	444,9 $\pm$ 12,05 (432,7-456,8)	1737,1 $\pm$ 122,69 (1620,0-1864,7)	0,000	133,5 $\pm$ 3,62 (129,8-137,0)	521,1 $\pm$ 36,81 (486,0-559,4)	0,000
Haşlanmış dana eti	1056,0 $\pm$ 35,84 (1016,5-1086,4)	1404,5 $\pm$ 42,17 (1375,0-1452,8)	0,000	844,8 $\pm$ 28,67 (813,2-869,1)	1123,6 $\pm$ 33,74 (1100,0-1162,2)	0,000
Kızartılmış dana eti	147,2 $\pm$ 8,63 (139,8-156,7)	254,8 $\pm$ 9,48 (246,6-265,2)	0,000	117,8 $\pm$ 6,91 (111,8-125,4)	203,9 $\pm$ 7,59 (197,3-212,2)	0,000
Haşlanmış hindi eti	216,8 $\pm$ 6,51 (210,5 $\pm$ 223,5)	1159,3 $\pm$ 43,15 (1116,5-1202,8)	0,000	173,4 $\pm$ 5,21 (168,4-178,8)	927,5 $\pm$ 34,52 (893,2-962,2)	0,000
Kızartılmış hindi eti	375,1 $\pm$ 11,50 (365,2-387,7)	1063,7 $\pm$ 34,59 (1032,5-1100,9)	0,000	300,1 $\pm$ 9,20 (292,2-310,2)	851,0 $\pm$ 27,67 (826,0-880,7)	0,000

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımlı iki grubun karşılaştırılmasında “Wilcoxon” testi kullanılmıştır.

İşlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. *Anlamlı azalmıştır.

Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDEA değerleri ($\mu\text{g/g}$) Şekil 4.2’de ve NDEA değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} /1$ porsiyon) Çizelge 4.2’de verilmiştir. Sadece çiğ dana etli sucuk, haşlanmış dana etli sucuk, kızartılmış hindi etli salam ve haşlanmış dana etinin sindirim sonrası NDEA değerleri azalmıştır. Haşlanmış hindi etli sucuk, hindi etli sosis, hindi eti ve kızartılmış hindi etli sucuk, hindi etli sosis, dana eti, hindi etinin sindirim sonrası NDEA değerleri artmıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.2. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDEA değerlerinin karşılaştırılması

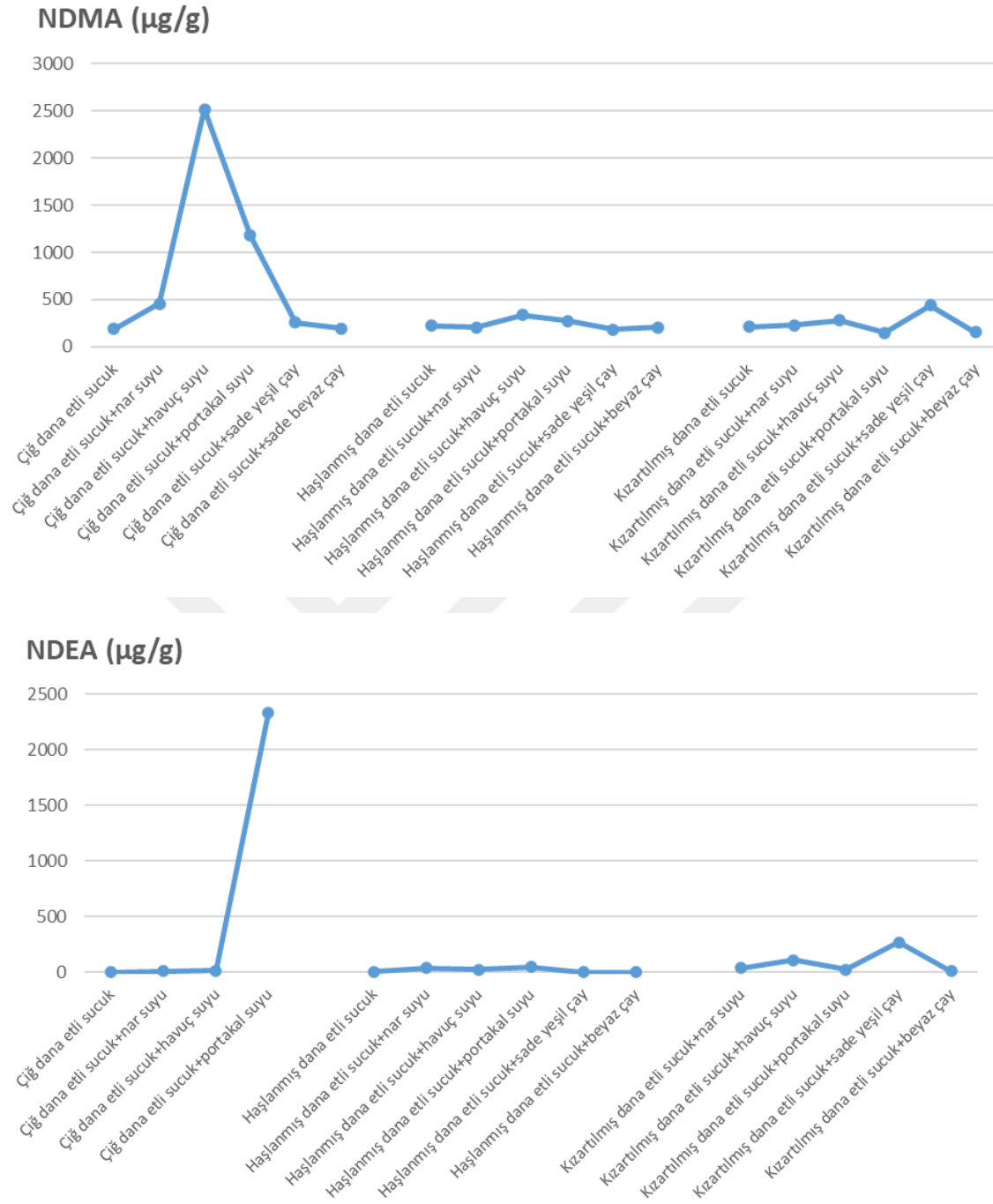
Çizelge 4.2. Etlerin tek başına sindirim öncesi ve sonrası NDEA değerlerinin karşılaştırılması

Et örnekleri	NDEA (µg/100 g)		P	NDEA (µg/1 porsiyon)		P
	Sindirim öncesi	Sindirim sonrası		Sindirim öncesi	Sindirim sonrası	
	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)		$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	
Çiğ dana etli sucuk	42,5±0,97 (41,2-43,5)	8,2±0,29 (7,8-8,5)	0,507	12,8±0,29 (12,4-13,1)	2,5±0,09 (2,3-2,6)	0,463
Haşlanmış dana etli sucuk	347,1±16,24 (324,7-362,7)	21,9±10,17 (7,5-29,6)	0,507	104,1±4,87 (97,4-108,8)	6,6±3,05 (2,3-8,9)	0,463
Kızartılmış dana etli sucuk	39,5±81,66 (35,2-45,8)	-	-	11,9±24,50 (10,6-13,7)	-	-
Çiğ dana etli salam	14,8±106,00 (14,4-15,3)	-	-	4,4±31,80 (4,3-4,6)	-	-
Haşlanmış dana etli salam	21,0±0,00 (21,0-21,0)	20,0±1,00 (19,5-20,0)	0,507	6,3±0,00 (6,3-6,3)	6,0±0,30 (5,9-6,0)	0,463
Kızartılmış dana etli salam	10,0±0,00 (10,0-10,0)	-	-	3,0±0,00 (3,0-3,0)	-	-
Çiğ dana etli sosis	19,6±0,44 (19,1-19,9)	-	-	5,9±0,13 (5,7-6,0)	-	-
Haşlanmış dana etli sosis	-	13,3±0,59 (12,6-13,7)	-	-	4,0±0,18 (3,8-4,1)	-
Kızartılmış dana etli sosis	231,1±12,79 (221,9-245,7)	-	-	69,3±3,84 (66,6-73,7)	-	-
Çiğ hindi etli sucuk	4,0±1,00 (3,0-5,0)	-	-	1,2±0,30 (0,9-1,5)	-	-
Haşlanmış hindi etli sucuk	8,6±0,56 (8,1-9,2)	31,9±0,60 (31,3-32,5)	0,507	2,6±0,17 (2,4-2,8)	9,6±0,18 (9,4-9,8)	0,463
Kızartılmış hindi etli sucuk	4,9±0,31 (4,6-5,2)	1032,9±28,60 (1014,3-1065,8)	0,507	1,5±0,09 (1,4-1,6)	309,9±8,58 (304,3-319,7)	0,463
Çiğ hindi etli salam	-	13,5±0,44 (13,0-13,8)	-	-	4,1±0,13 (3,9-4,1)	-
Haşlanmış hindi etli salam	7,7±0,32 (7,5-8,1)	-	-	2,3±0,10 (2,3-2,4)	-	-
Kızartılmış hindi etli salam	13,0±0,67 (12,4-13,7)	4,4±0,26 (4,2-4,7)	0,507	3,9±0,20 (3,7-4,1)	1,3±0,08 (1,3-1,4)	0,463
Çiğ hindi etli sosis	38,7±20,57 (26,1-62,4)	37,8±0,87 (37,2-38,8)	0,507	11,6±6,17 (7,8-18,7)	11,3±0,26 (11,2-11,6)	0,463
Haşlanmış hindi etli sosis	3,3±0,58 (3,0-4,0)	12,9±0,81 (12,2-13,8)	0,507	1,0±0,17 (0,9-1,2)	3,9±0,24 (3,7-4,1)	0,463
Kızartılmış hindi etli sosis	1,9±0,15 (1,8-2,1)	315,0±10,82 (303,9-325,5)	0,507	0,6±0,05 (0,5-0,6)	94,5±3,24 (91,2-97,7)	0,463
Haşlanmış dana eti	1225,3±55,59 (1175,0-1285,0)	44,0±0,46 (43,5-44,3)	0,507	980,3±44,47 (940,0-1028,0)	35,2±0,37 (34,8-35,4)	0,463
Kızartılmış dana eti	10,9±0,51 (10,5-11,5)	22,8±0,45 (22,4-23,3)	0,507	8,7±0,41 (8,4-9,2)	18,3±0,36 (17,9-18,6)	0,463
Haşlanmış hindi eti	5,0±6,09 (1,4-12,0)	282,1±5,98 (275,2-285,7)	0,507	4,0±4,87 (1,1-9,6)	225,7±4,78 (220,2-228,6)	0,463
Kızartılmış hindi eti	197,8±12,55 (185,4-210,5)	921,8±10,00 (910,4-929,2)	0,507	158,2±10,04 (148,3-168,4)	737,4±8,00 (728,3-743,4)	0,463

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımlı iki grubun karşılaştırılmasında “Wilcoxon” testi kullanılmıştır. **İşlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. (-): tespit edilememiştir.

4.2. Etlerin ve İçeceklerin Birlikte Sindirimi Sonrası Oluşan Nitrozaminlerin (NDMA ve NDEA) Değerlendirilmesi

Dana etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g/g}$) Şekil 4.3'te ve nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) Çizelge 4.3'te verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Haşlanmış dana etli sucukların nar suyu, yeşil çay ve beyaz çayla sindirimi ve kızartılmış dana etli sucukların portakal suyu ve beyaz çayla sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Haşlanmış dana etli sucuğun çaylar ile sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.3. Dana etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g/g}$)

Çizelge 4.3. Dana etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon)

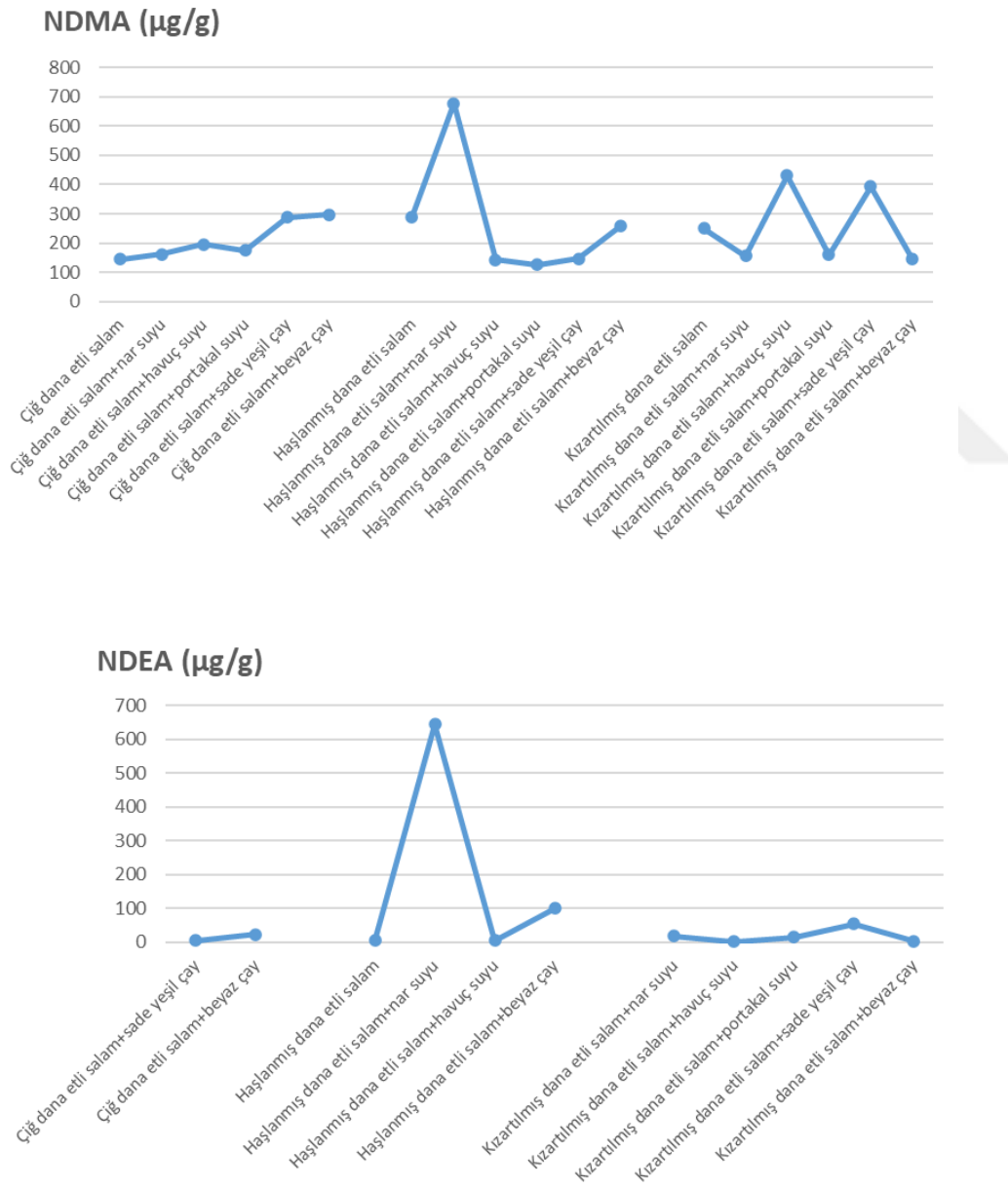
Et örnekleri	NDMA (µg/100 g)	NDMA (µg/1 porsiyon)	NDEA (µg/100 g)	NDEA (µg/1 porsiyon)
	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ dana etli sucuk (K)	633,3±33,33 (621,7-645,8)	190,0±10,00 (186,5-193,7)	8,2±108,97 (7,8-8,5)	2,5±32,69 (2,3-2,6)
Çiğ dana etli sucuk+nar suyu	1519,6±92,92 (1425,8-1624,0)	455,9±27,88 (427,7-487,2)	33,5±98,77 (32,1-35,8)	10,1±29,63 (9,6-10,7)
Çiğ dana etli sucuk+havuç suyu	8386,1±98,33 (8097-8826,7)	2515,8±29,50 (2429,1-2648,0)	47,8±113,88 (42,5-52,4)	14,3±34,16 (12,8-15,7)
Çiğ dana etli sucuk+portakal suyu	3924,7±94,48 (3799,0-4021,1)	1177,4±28,34 (1139,7-1206,3)	7786,6±92,82 (7458,6-8035,4)	2336±27,85 (2237,6-2410,6)
Çiğ dana etli sucuk+ yeşil çay	852,1±96,31 (801,7-922,2)	255,6±28,89 (240,5-276,7)	-	-
Çiğ dana etli sucuk+ beyaz çay	656,3±94,43 (637,6-675,2)	196,9±28,33 (191,3-202,6)	-	-
p	0,461	0,461	0,451	0,451
Haşlanmış dana etli sucuk (K)	746,9±101,53 (732,1-765,2)	224,1±30,46 (219,6-229,6)	21,9±394,67 (7,5-29,6)	6,6±118,40 (2,3-8,9)
Haşlanmış dana etli sucuk+nar suyu	692,2±110,41 (662,7-726,6)	207,7±33,12 (198,8-218,0)	127,4±110,41 (112,4-145,8)	38,2±33,12 (33,7-43,7)
Haşlanmış dana etli sucuk+havuç suyu	1123,1±107,38 (1040,8-1165,7)	336,9±32,21 (312,2-349,7)	89,8±107,38 (85,4-92,2)	26,9±32,21 (25,6-27,7)
Haşlanmış dana etli sucuk+portakal suyu	913,3±102,98 (901,5-932,7)	274,0±30,89 (270,5-279,8)	165,5±108,29 (160,4-173,7)	49,7±32,49 (48,1-52,1)
Haşlanmış dana etli sucuk+ yeşil çay	601,8±105,26 (585,2-623,7)	180,5±31,58 (175,6-187,1)	11,2±105,26 (10,2-12,0)	3,4±31,58 (3,1-3,6)
Haşlanmış dana etli sucuk+beyaz çay	692,9±95,17 (666,9-726,5)	207,9±28,55 (200,1-218,0)	13,5±95,17 (12,2-14,5)	4,1±28,55 (3,7-4,4)
p	0,461	0,461	0,461	0,461
Kızartılmış dana etli sucuk (K)	700,0±101,00 (685,4-722,5)	210,0±30,30 (205,6-216,8)	-	-
Kızartılmış dana etli sucuk+nar suyu	770,0±102,00 (754,7-789,9)	231,0±30,60 (226,4-237,0)	125,0±84,00 (110,8-132,7)	37,5±25,20 (33,2-39,8)
Kızartılmış dana etli sucuk+havuç suyu	923,0±107,00 (889,5-951,7)	276,9±32,10 (266,9-285,5)	367,0±97,00 (353,0-385,4)	110,1±29,10 (105,9-115,6)
Kızartılmış dana etli sucuk+portakal suyu	493,0±96,00 (481,8-501,1)	147,9±28,80 (144,5-150,3)	81,0±86,00 (73,2-85,6)	24,3±25,80 (22,0-25,7)
Kızartılmış dana etli sucuk+ yeşil çay	1461,0±106,00 (1367,8-1565,5)	438,3±31,80 (410,3-469,7)	900,0±104,00 (856,1-952,8)	270,0±31,20 (256,8-285,8)
Kızartılmış dana etli sucuk+beyaz çay	507,0±104,00 (485,6-532,9)	152,1±31,20 (145,7-159,9)	45,0±102,00 (42,8-49,5)	13,5±30,60 (12,8-14,9)
p	0,461	0,461	0,457	0,457

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg galik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Dana etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g)

Şekil 4.4’te ve nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon) Çizelge 4.4’te verilmiştir.

Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Haşlanmış dana etli salamların nar suyu dışındaki içeceklerle sindirimi ve kızartılmış dana etli salamların nar suyu, portakal suyu ve beyaz çayla sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Haşlanmış dana etli salamın sadece havuç suyu ile sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.4. Dana etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

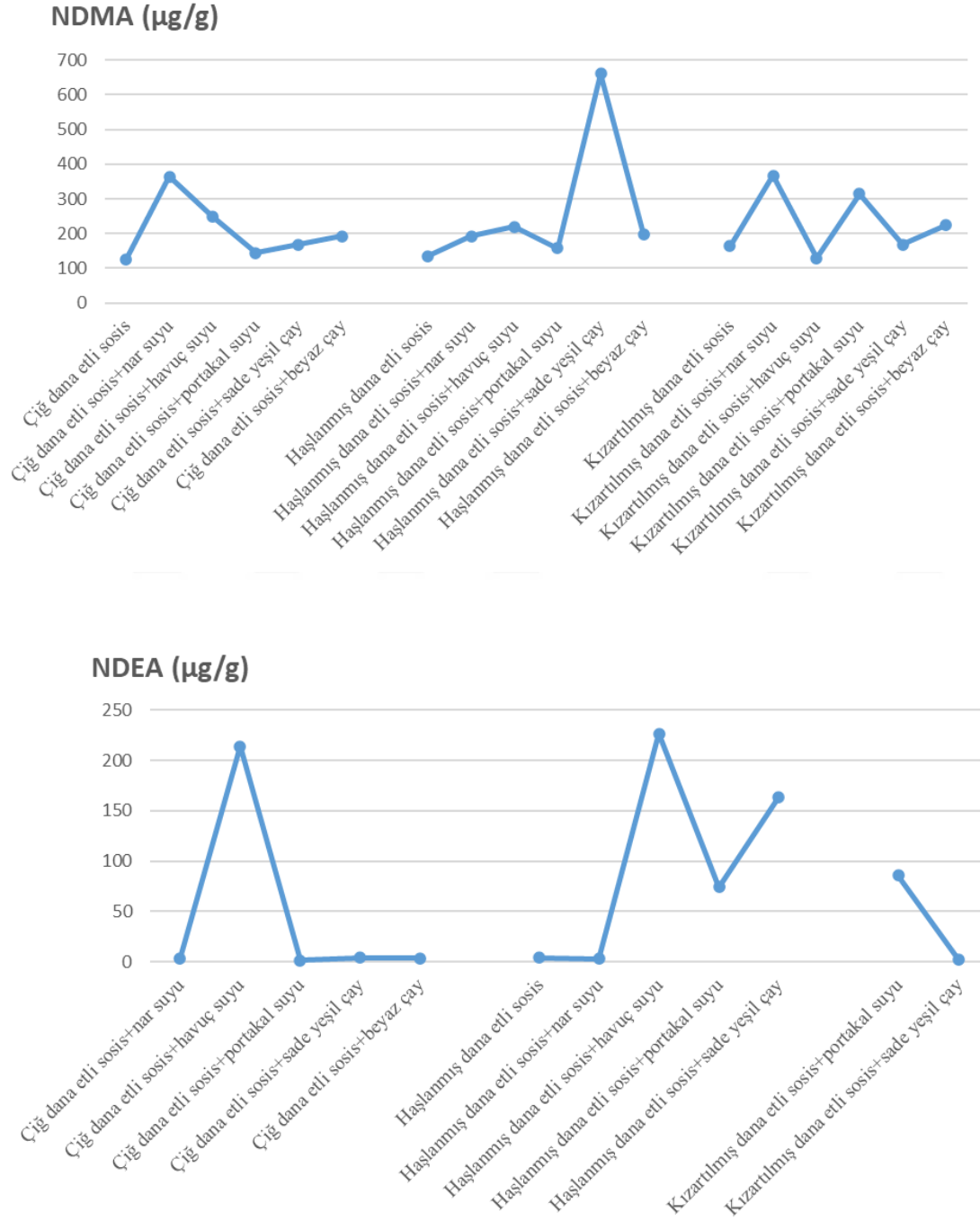
Çizelge 4.4. Dana etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon)

Et örnekleri	NDMA (µg/100 g)	NDMA (µg/1 porsiyon)	NDEA (µg/100 g)	NDEA (µg/1 porsiyon)
	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ dana etli salam (K)	480,0±100,00 (474,5-486,5)	144,0±30,00 (142,4-146,0)	-	-
Çiğ dana etli salam+nar suyu	540,0±96,00 (503,5-575,9)	162,0±28,80 (151,1-172,8)	-	-
Çiğ dana etli salam+havuç suyu	650,0±94,00 (626,5-669,5)	195,0±28,20 (188,0-200,9)	-	-
Çiğ dana etli salam+portakal suyu	580,0±94,00 (563,3-598,5)	174,0±28,20 (169,0-179,6)	-	-
Çiğ dana etli salam+yeşil çay	960,0±96,00 (910,9-1002,2)	288,0±28,80 (273,3-300,7)	20,0±110,00 (10,0-20,0)	6,0±33,00 (3,0-6,0)
Çiğ dana etli salam+beyaz çay	990,0±92,00 (938,8-1023,8)	297,0±27,60 (281,6-307,1)	80,0±90,00 (80,0-90,0)	24,0±27,00 (24,0-27,0)
p	0,461	0,461	0,317	0,317
Haşlanmış dana etli salam (K)	965,4±29,39 (942,8-998,6)	289,6±8,82 (282,8-299,6)	20,3±1,00 (19,5-21,4)	6,1±0,30 (5,9-6,4)
Haşlanmış dana etli salam+nar suyu	2259,6±106,68 (2151,4-2364,7)	677,9±32,01 (645,4-709,4)	2146,5±129,79 (2007,0-2263,7)	643,9±38,94 (602,1-679,1)
Haşlanmış dana etli salam+havuç suyu	476,0±17,05 (462,7-495,2)	142,8±5,12 (138,8-148,6)	15,8±1,08 (14,7-16,9)	4,7±0,32 (4,4-5,1)
Haşlanmış dana etli salam+portakal suyu	418,9±14,66 (403,5-432,7)	125,7±4,40 (121,1-129,8)	-	-
Haşlanmış dana etli salam+yeşil çay	490,9±38,13 (450,8-526,7)	147,3±11,44 (135,2-158,0)	-	-
Haşlanmış dana etli salam+beyaz çay	858,8±42,49 (817,5-902,4)	257,7±12,75 (245,3-270,7)	336,8±2,50 (334,4-339,4)	101,1±0,75 (100,3-101,8)
p	0,416	0,416	0,392	0,392
Kızartılmış dana etli salam (K)	834,3±20,80 (812,7-854,2)	250,3±6,24 (243,8-256,3)	-	-
Kızartılmış dana etli salam+nar suyu	521,0±22,00 (498,8-542,8)	156,3±6,60 (149,6-162,8)	59,1±7,65 (50,3-64,2)	17,7±2,30 (15,1-19,3)
Kızartılmış dana etli salam+havuç suyu	1433,1±70,13 (1352,7-1481,5)	429,9±21,04 (405,8-444,5)	7,5±0,15 (7,4-7,7)	2,3±0,05 (2,2-2,3)
Kızartılmış dana etli salam+portakal suyu	534,5±12,12 (521,7-545,8)	160,4±3,64 (156,5-163,7)	52,1±2,46 (49,5-54,4)	15,6±0,74 (14,9-16,3)
Kızartılmış dana etli salam+yeşil çay	1312,3±83,45 (1225,7-1392,2)	393,7±25,04 (367,7-417,7)	182,7±15,06 (168,5-198,5)	54,8±4,52 (50,6-59,6)
Kızartılmış dana etli salam+beyaz çay	478,7±17,15 (467,8-498,5)	143,6±5,15 (140,3-149,6)	11,5±0,93 (10,7-12,5)	3,4±0,28 (3,2-3,8)
p	0,416	0,416	0,406	0,406

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Dana etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g) Şekil 4.5’te ve nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon) Çizelge 4.5’te verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak alınmış,

içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Kızartılmış dana etli sosisin havuç suyuyla sindirimi NDMA ve haşlanmış dana etli sosisin nar suyu ile sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.5. Dana etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

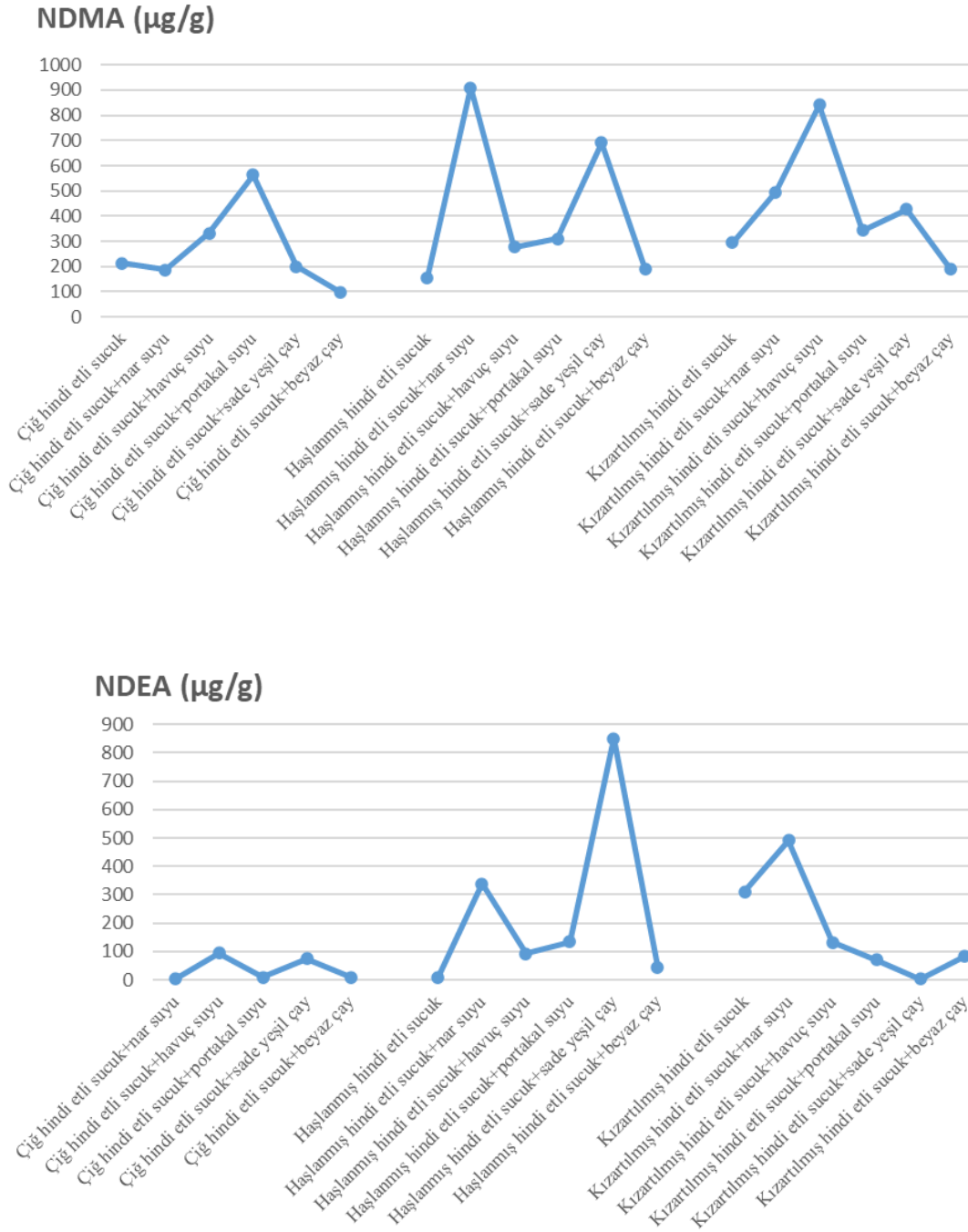
Çizelge 4.5. Dana etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon)

Et örnekleri	NDMA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDMA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)	NDEA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDEA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)
	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ dana etli sosis (K)	420,2 $\pm$ 12,87 (406,6-432,2)	126,1 $\pm$ 3,86 (122,0-129,7)	-	-
Çiğ dana etli sosis+nar suyu	1214,5 $\pm$ 100,01 (1100,1-1285,5)	364,3 $\pm$ 30,00 (330,0-385,7)	11,7 $\pm$ 1,31 (10,3-12,9)	3,5 $\pm$ 0,39 (3,1-3,9)
Çiğ dana etli sosis+havuç suyu	833,4 $\pm$ 24,32 (805,9-852,1)	250,0 $\pm$ 7,30 (241,8-255,6)	713,7 $\pm$ 16,82 (694,6-726,4)	214,1 $\pm$ 5,05 (208,4-217,9)
Çiğ dana etli sosis+portakal suyu	479,5 $\pm$ 15,08 (465,0-495,1)	143,9 $\pm$ 4,52 (139,5-148,5)	4,6 $\pm$ 0,32 (4,2-4,8)	1,4 $\pm$ 0,10 (1,3-1,4)
Çiğ dana etli sosis+yeşil çay	558,5 $\pm$ 16,58 (542,5-575,6)	167,5 $\pm$ 4,97 (162,8-172,7)	12,6 $\pm$ 0,53 (12,2-13,2)	3,8 $\pm$ 0,16 (3,7-4,0)
Çiğ dana etli sosis+beyaz çay	642,3 $\pm$ 18,46 (622,2-658,5)	192,7 $\pm$ 5,54 (186,7-197,6)	11,2 $\pm$ 0,44 (10,7-11,5)	3,4 $\pm$ 0,13 (3,2-3,5)
p	0,416	0,416	0,406	0,406
Haşlanmış dana etli sosis (K)	447,9 $\pm$ 18,58 (432,4-468,5)	134,4 $\pm$ 5,57 (129,7-140,6)	13,3 $\pm$ 0,59 (12,6-13,7)	4,0 $\pm$ 0,18 (3,8-4,1)
Haşlanmış dana etli sosis+nar suyu	640,1 $\pm$ 22,01 (619,4-663,2)	192,0 $\pm$ 6,60 (185,8-199,0)	9,4 $\pm$ 0,57 (8,9-10,0)	2,8 $\pm$ 0,17 (2,7-3,0)
Haşlanmış dana etli sosis+havuç suyu	730,7 $\pm$ 38,38 (689,7-765,8)	219,2 $\pm$ 11,52 (206,9-229,7)	754,1 $\pm$ 28,26 (730,5-785,4)	226,2 $\pm$ 8,48 (219,2-235,6)
Haşlanmış dana etli sosis+portakal suyu	524,0 $\pm$ 8,31 (516,0-532,6)	157,2 $\pm$ 2,49 (154,8-159,8)	246,6 $\pm$ 8,21 (241,0-256,0)	74,0 $\pm$ 2,46 (72,3-76,8)
Haşlanmış dana etli sosis+yeşil çay	2200,7 $\pm$ 151,81 (2059,7-2361,4)	660,2 $\pm$ 45,54 (617,9-708,4)	545,5 $\pm$ 34,36 (524,8 $\pm$ 585,2)	163,7 $\pm$ 10,31 (157,4-175,6)
Haşlanmış dana etli sosis+beyaz çay	659,7 $\pm$ 19,05 (638,5-675,4)	197,9 $\pm$ 5,72 (191,6-202,6)	-	-
p	0,416	0,416	0,406	0,406
Kızartılmış dana etli sosis (K)	546,4 $\pm$ 19,53 (526,2-565,2)	163,9 $\pm$ 5,86 (157,9-169,6)	-	-
Kızartılmış dana etli sosis+nar suyu	1222,0 $\pm$ 87,48 (1126,7-1298,7)	366,6 $\pm$ 26,25 (338,0-389,6)	-	-
Kızartılmış dana etli sosis+havuç suyu	428,8 $\pm$ 34,43 (397,2-465,5)	128,7 $\pm$ 10,33 (119,2-139,7)	-	-
Kızartılmış dana etli sosis+portakal suyu	1047,4 $\pm$ 20,69 (1027,5-1068,8)	314,2 $\pm$ 6,21 (308,3-320,6)	286,1 $\pm$ 10,85 (275,4-297,1)	85,8 $\pm$ 3,26 (82,6-89,1)
Kızartılmış dana etli sosis+yeşil çay	559,6 $\pm$ 21,40 (535,2-575,3)	167,9 $\pm$ 6,42 (160,6-172,6)	8,2 $\pm$ 0,46 (7,8-8,7)	2,5 $\pm$ 0,14 (2,3-2,6)
Kızartılmış dana etli sosis+beyaz çay	744,1 $\pm$ 24,82 (716,2-763,8)	223,2 $\pm$ 7,45 (214,9-229,1)	-	-
p	0,416	0,416	0,317	0,317

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Hindi etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$) Şekil 4.6’da ve nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) Çizelge 4.6’da verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak

alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çiğ hindi etli sucuğun nar suyu ve çaylarla sindirimi ve kızartılmış hindi etli sucuğun beyaz çay ile sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} /1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Kızartılmış hindi etli sucuğun nar suyu dışındaki içeceklerle sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} /1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.6. Hindi etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

Çizelge 4.6. Hindi etli sucuk örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon)

Et örnekleri	NDMA (µg/100 g) $\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	NDMA (µg/1 porsiyon) $\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	NDEA (µg/100 g) $\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	NDEA (µg/1 porsiyon) $\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ hindi etli sucuk (K)	706,5±19,43 (687,7-726,5)	211,9±5,83 (206,3-218,0)	-	-
Çiğ hindi etli sucuk+nar suyu	623,8±20,60 (601,7-642,5)	187,1±6,18 (180,5-192,8)	7,7±0,72 (7,2-8,5)	2,3±0,22 (2,2-2,6)
Çiğ hindi etli sucuk+havuç suyu	1107,3±50,56 (1063,6-1162,7)	332,2±15,17 (319,1-348,8)	311,8±15,01 (296,4-326,4)	93,5±4,50 (88,9-97,9)
Çiğ hindi etli sucuk+portakal suyu	1875,7±52,72 (1820,4-1925,4)	562,7±15,82 (546,1-577,6)	30,1±2,13 (28,2-32,4)	9,0±0,64 (8,5-9,7)
Çiğ hindi etli sucuk+yeşil çay	667,7±28,43 (642,5-698,5)	200,3±8,53 (192,8-209,6)	245,7±15,05 (233,2-262,4)	73,7±4,51 (70,0-78,7)
Çiğ hindi etli sucuk+beyaz çay	328,7±16,54 (313,3-346,2)	98,6±4,96 (94,0-103,9)	26,7±2,95 (23,8-29,7)	8,0±0,89 (7,1-8,9)
p	0,416	0,416	0,406	0,406
Haşlanmış hindi etli sucuk (K)	516,2±19,37 (494,8-532,5)	154,9±5,81 (148,4-159,8)	31,9±0,60 (31,3-32,5)	9,6±0,18 (9,4-9,8)
Haşlanmış hindi etli sucuk+nar suyu	3034,2±161,60 (2884,6-3205,6)	910,3±48,48 (865,4-961,7)	1127,0±93,96 (1020,6-1198,5)	338,1±28,19 (306,2-359,6)
Haşlanmış hindi etli sucuk+havuç suyu	922,4±38,93 (889,5-965,4)	276,7±11,68 (266,9-289,6)	308,4±16,16 (295,1-326,4)	92,5±4,85 (88,5-97,9)
Haşlanmış hindi etli sucuk+portakal suyu	1031,5±32,85 (1000,2-1065,7)	309,5±9,85 (300,1-319,7)	449,1±15,72 (431,9-462,7)	134,7±4,72 (129,6-138,8)
Haşlanmış hindi etli sucuk+yeşil çay	2307,4±99,19 (2202,4-2399,5)	692,2±29,76 (660,7-719,9)	2832,5±121,11 (2705,0-2946,0)	849,8±36,33 (811,5-883,8)
Haşlanmış hindi etli sucuk+beyaz çay	638,4±21,98 (613,1-652,4)	191,5±6,59 (183,9-195,7)	145,4±15,52 (132,7-162,7)	43,6±4,66 (39,8-48,8)
p	0,416	0,416	0,416	0,416
Kızartılmış hindi etli sucuk (K)	978,3±22,98 (956,8-1002,5)	293,5±6,89 (287,0-300,8)	1032,9±28,60 (1014,3-1065,8)	309,9±8,58 (304,3-319,7)
Kızartılmış hindi etli sucuk+nar suyu	1647,6±91,69 (1585,6-1752,9)	494,3±27,51 (475,7-525,9)	1640,3±117,74 (1524,4-1759,8)	492,1±35,32 (457,3-527,9)
Kızartılmış hindi etli sucuk+havuç suyu	2807,0±152,01 (2635,1-2923,6)	842,1±45,60 (790,5-877,1)	439,6±18,93 (419,3-456,8)	131,9±5,68 (125,8-137,0)
Kızartılmış hindi etli sucuk+portakal suyu	1143,6±49,20 (1103,5-1198,5)	343,1±14,76 (331,1-359,6)	237,1±10,41 (226,9-247,7)	71,1±3,12 (68,1-74,3)
Kızartılmış hindi etli sucuk+yeşil çay	1422,4±88,49 (1324,4-1496,5)	426,7±26,55 (397,3-449,0)	6,9±0,31 (6,6-7,2)	2,1±0,09 (2,0-2,2)
Kızartılmış hindi etli sucuk+beyaz çay	633,4±11,76 (622,4-645,8)	190,0±3,53 (186,7-193,7)	277,5±18,81 (262,8-298,7)	83,3±5,64 (78,8-89,6)
p	0,416	0,416	0,416	0,416

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Hindi etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g) Şekil 4.7’de ve nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon) Çizelge 4.7’de verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak

alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çiğ hindi etli salamın nar suyu dışındaki içeceklerle sindirimi, haşlanmış hindi etli salamın beyaz çayla sindirimi ve kızartılmış hindi etli salamın havuç suyu dışındaki içeceklerle sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Çiğ hindi etli salamın sadece beyaz çayla sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.7. Hindi etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

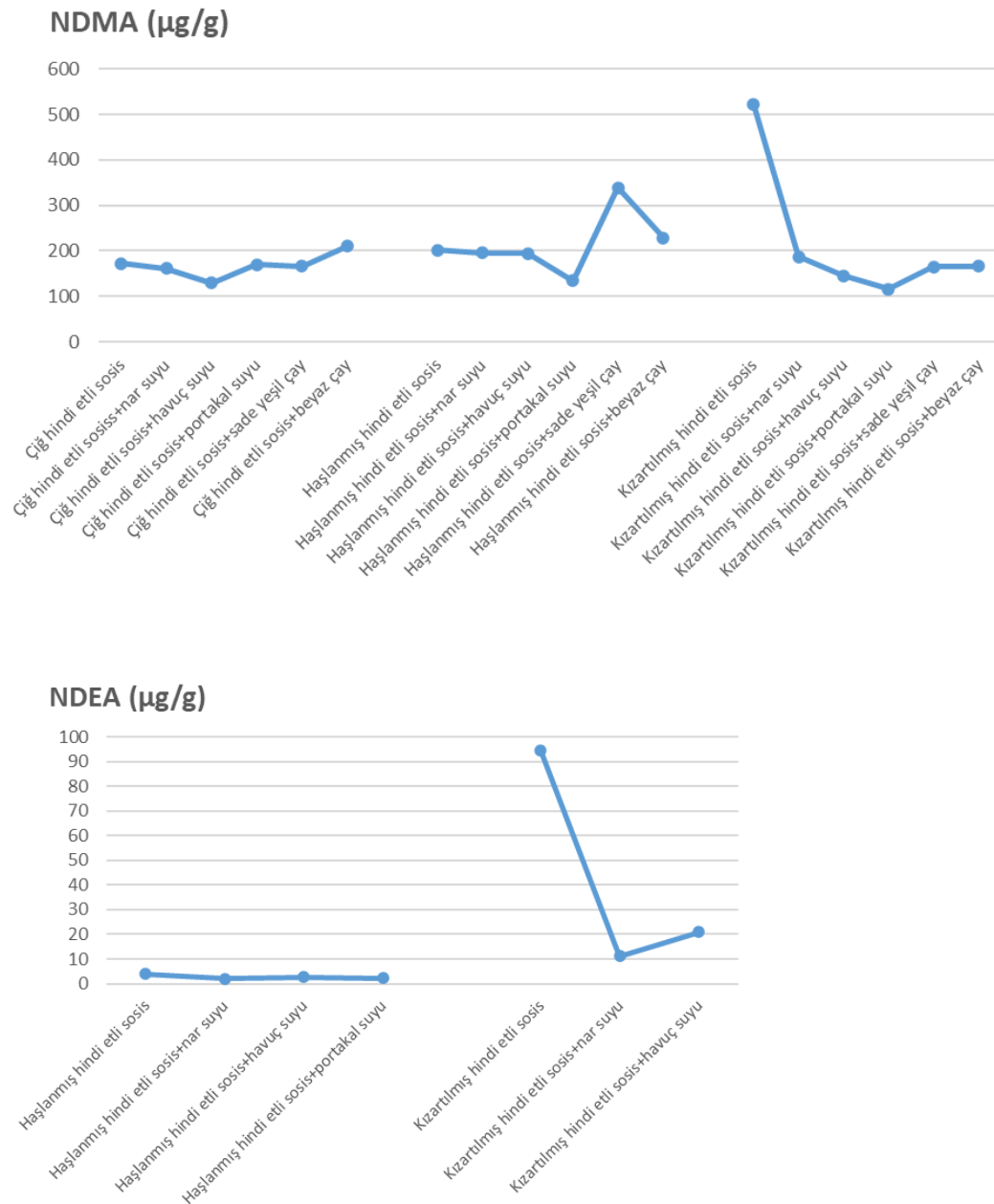
Çizelge 4.7. Hindi etli salam örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon)

	NDMA (µg/100 g)	NDMA (µg/1 porsiyon)	NDEA (µg/100 g)	NDEA (µg/1 porsiyon)
	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ hindi etli salam (K)	741,5±20,01 (719,6-758,8)	222,5±6,00 (215,9-227,6)	13,5±0,44 (13,0-13,8)	4,1±0,13 (3,9-4,1)
Çiğ hindi etli salam+nar suyu	772,0±31,23 (739,0-801,1)	231,6±9,37 (221,7-240,3)	332,4±13,70 (318,5-345,9)	99,7±4,11 (95,6-103,8)
Çiğ hindi etli salam+havuç suyu	600,6±22,67 (578,5-623,8)	180,2±6,80 (173,6-187,1)	21,2±1,12 (20,4-22,5)	6,4±0,33 (6,1-6,8)
Çiğ hindi etli salam+portakal suyu	563,7±11,23 (553,0-575,4)	169,1±3,37 (165,9-172,6)	45,9±3,46 (43,2-49,8)	13,8±1,04 (13,0-14,9)
Çiğ hindi etli salam+yeşil çay	558,3±38,28 (514,5-585,2)	167,5±11,48 (154,4-175,6)	-	-
Çiğ hindi etli salam+beyaz çay	532,8±13,56 (519,5-546,6)	159,8±4,07 (155,9-164,0)	10,5±0,61 (9,8-11,0)	3,1±0,18 (2,9-3,3)
p	0,416	0,416	0,406	0,406
Haşlanmış hindi etli salam (K)	531,3±13,40 (523,4-546,8)	159,4±4,02 (157,0-164,0)	-	-
Haşlanmış hindi etli salam+nar suyu	749,4±46,37 (698,7-789,7)	224,8±13,91 (209,6-236,9)	13,4±1,01 (12,5-14,5)	4,0±0,30 (3,8-4,4)
Haşlanmış hindi etli salam+havuç suyu	721,4±21,40 (700,1-742,9)	216,4±6,42 (210,0-222,9)	664,4±27,45 (633,4-685,6)	199,3±8,23 (190,0-205,7)
Haşlanmış hindi etli salam+portakal suyu	827,7±14,23 (814,0-842,4)	248,3±4,27 (244,2-252,7)	19,6±1,03 (18,5-20,5)	5,9±0,31 (5,6-6,2)
Haşlanmış hindi etli salam+yeşil çay	953,3±33,10 (915,9-978,8)	286,0±9,93 (274,8-293,6)	1173,1±51,69 (1141,0-1232,7)	351,9±15,51 (342,3-369,8)
Haşlanmış hindi etli salam+beyaz çay	422,4±22,99 (400,3-446,2)	126,7±6,90 (120,1-133,9)	23,5±0,98 (22,7-24,6)	7,1±0,30 (6,8-7,4)
p	0,416	0,416	0,406	0,406
Kızartılmış hindi etli salam (K)	737,9±23,77 (711,2-756,7)	221,4±7,13 (213,4-227,0)	4,4±0,26 (4,2-4,7)	1,3±0,08 (1,3-1,4)
Kızartılmış hindi etli salam+nar suyu	676,0±11,54 (663,4-686,1)	202,8±3,46 (199,0-205,8)	148,3±14,91 (131,4-159,7)	44,5±4,47 (39,4-47,9)
Kızartılmış hindi etli salam+havuç suyu	820,1±20,00 (797,8-836,4)	246,0±6,00 (239,3-250,9)	14,4±1,10 (13,2-15,3)	4,3±0,33 (4,0-4,6)
Kızartılmış hindi etli salam+portakal suyu	616,8±18,31 (596,8-632,7)	185,1±5,49 (179,0-189,8)	138,8±5,96 (131,9-142,6)	41,6±1,79 (39,6-42,8)
Kızartılmış hindi etli salam+yeşil çay	570,3±13,37 (562,1-585,7)	171,1±4,01 (168,6-175,7)	97,1±2,29 (95,4-99,7)	29,1±0,69 (28,6-29,9)
Kızartılmış hindi etli salam+beyaz çay	277,7±17,02 (263,3-296,5)	83,3±5,11 (79,0-89,0)	-	-
p	0,416	0,416	0,406	0,406

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Hindi etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/g) Şekil 4.8’de ve nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon) Çizelge 4.8’de verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak

alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çiğ hindi etli sosisin beyaz çay dışındaki içeceklerle sindirimi, haşlanmış hindi etli sosisin çaylar dışındaki içeceklerle sindirimi ve kızartılmış hindi etli sosisin tüm içeceklerle sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Haşlanmış hindi etli sosisin nar, havuç ve portakal suyuyla sindirimi ve kızartılmış hindi etli sosisin nar ve havuç suyu ile sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.8. Hindi etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

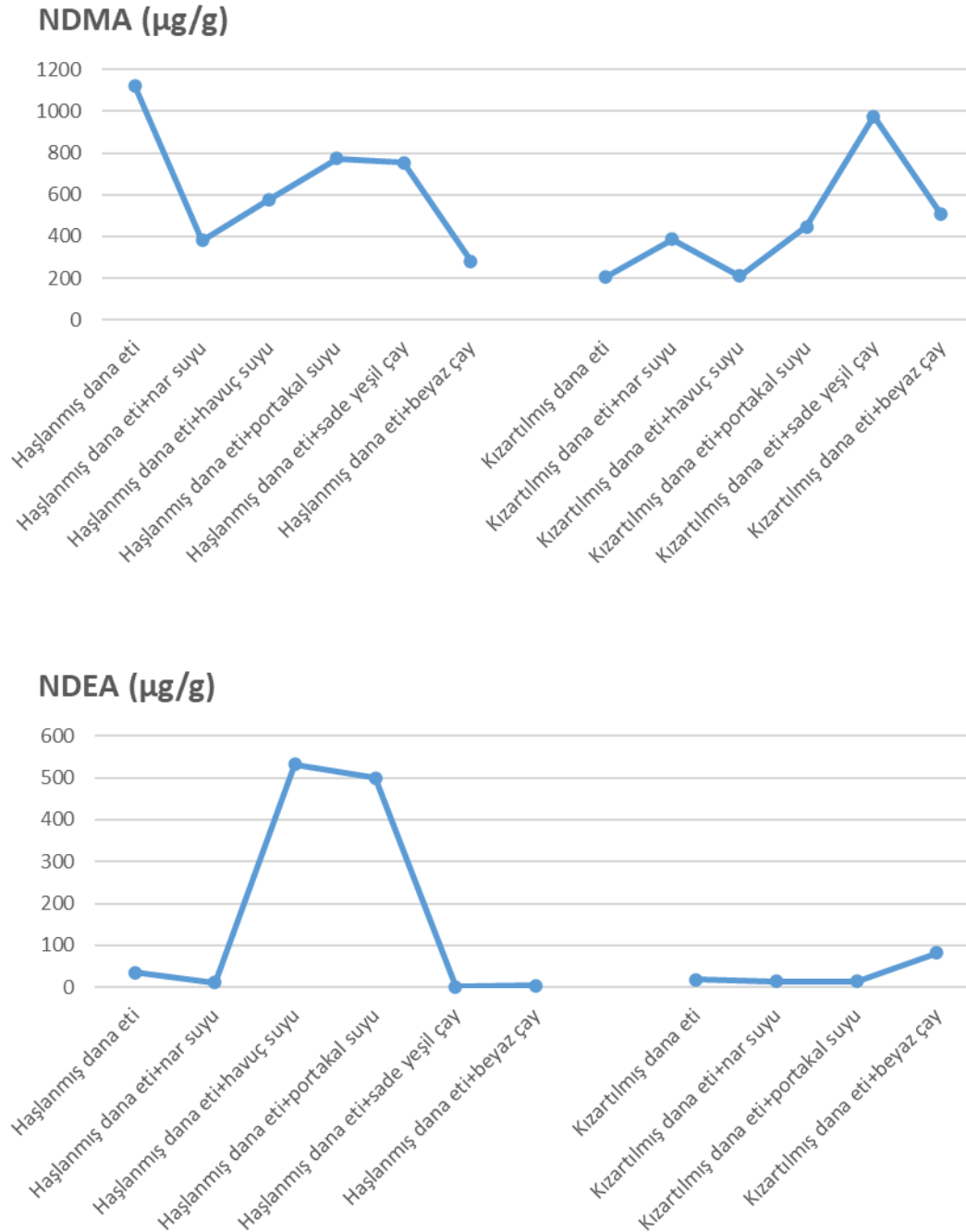
Çizelge 4.8. Hindi etli sosis örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon)

Et örnekleri	NDMA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDMA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)	NDEA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDEA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)
	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)
Çiğ hindi etli sosis (K)	574,5 $\pm$ 11,67 (566,8-587,9)	172,3 $\pm$ 3,50 (170,0-176,4)	37,8 $\pm$ 0,87 (37,2-38,8)	11,3 $\pm$ 0,26 (11,2-11,6)
Çiğ hindi etli sosis+nar suyu	538,3 $\pm$ 111,90 (402,1-723,8)	161,5 $\pm$ 33,57 (120,6-217,1)	-	-
Çiğ hindi etli sosis+havuç suyu	432,3 $\pm$ 30,35 (402,1-462,8)	129,7 $\pm$ 9,11 (120,6-138,8)	-	-
Çiğ hindi etli sosis+portakal suyu	564,6 $\pm$ 13,04 (550,2-575,6)	169,4 $\pm$ 3,91 (165,1-172,7)	-	-
Çiğ hindi etli sosis+yeşil çay	553,5 $\pm$ 27,45 (522,7-575,4)	166,1 $\pm$ 8,24 (156,8-172,6)	-	-
Çiğ hindi etli sosis+beyaz çay	702,2 $\pm$ 27,77 (670,9-723,8)	210,7 $\pm$ 8,33 (201,3-217,1)	-	-
p	0,416	0,416	-	-
Haşlanmış hindi etli sosis (K)	670,3 $\pm$ 18,19 (650,1-685,4)	201,1 $\pm$ 5,46 (195,0-205,6)	12,9 $\pm$ 0,81 (12,2-13,8)	3,9 $\pm$ 0,24 (3,7-4,1)
Haşlanmış hindi etli sosis+nar suyu	651,6 $\pm$ 27,03 (621,6-674,1)	195,5 $\pm$ 8,11 (186,5-202,2)	6,7 $\pm$ 0,47 (6,3-7,2)	2,0 $\pm$ 0,14 (1,9-2,2)
Haşlanmış hindi etli sosis+havuç suyu	645,8 $\pm$ 18,29 (632,1-666,6)	193,8 $\pm$ 5,49 (189,6-200,0)	9,1 $\pm$ 0,78 (8,5-10,0)	2,7 $\pm$ 0,23 (2,6-3,0)
Haşlanmış hindi etli sosis+portakal suyu	446,0 $\pm$ 19,75 (426,3-465,8)	133,8 $\pm$ 5,93 (127,9-139,7)	7,5 $\pm$ 0,35 (7,1-7,8)	2,2 $\pm$ 0,11 (2,1-2,3)
Haşlanmış hindi etli sosis+yeşil çay	1130,8 $\pm$ 71,10 (1060,2-1202,4)	339,3 $\pm$ 21,33 (318,1-360,7)	-	-
Haşlanmış hindi etli sosis+beyaz çay	762,3 $\pm$ 37,61 (723,5-798,6)	228,7 $\pm$ 11,28 (217,1-239,6)	-	-
p	0,416	0,416	0,392	0,392
Kızartılmış hindi etli sosis (K)	1737,1 $\pm$ 122,69 (1620,0-1864,7)	521,1 $\pm$ 36,81 (486,0-559,4)	315,0 $\pm$ 10,82 (303,9-325,5)	94,5 $\pm$ 3,24 (91,2-97,7)
Kızartılmış hindi etli sosis+nar suyu	622,3 $\pm$ 37,74 (582,6-657,7)	186,7 $\pm$ 11,32 (174,8-197,3)	36,9 $\pm$ 5,33 (31,9-42,5)	11,1 $\pm$ 1,60 (9,6-12,8)
Kızartılmış hindi etli sosis+havuç suyu	484,9 $\pm$ 34,82 (452,9-522,0)	145,5 $\pm$ 10,45 (135,9-156,6)	70,0 $\pm$ 8,28 (64,3-79,5)	21,0 $\pm$ 2,48 (19,3-23,9)
Kızartılmış hindi etli sosis+portakal suyu	384,5 $\pm$ 14,17 (368,5-395,4)	115,4 $\pm$ 4,25 (110,6-118,6)	-	-
Kızartılmış hindi etli sosis+yeşil çay	548,2 $\pm$ 26,19 (523,4-575,6)	164,5 $\pm$ 7,86 (157,0-172,7)	-	-
Kızartılmış hindi etli sosis+beyaz çay	552,2 $\pm$ 31,92 (523,2-586,4)	165,7 $\pm$ 9,58 (157,0-175,9)	-	-
p	0,416	0,416	0,368	0,368

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Dana eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$) Şekil 4.9’da ve nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) Çizelge 4.9’da verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak alınmış,

içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Haşlanmış dana etinin tüm içeceklerle sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Haşlanmış dana etinin nar suyu ve çaylarla sindirimi ve kızartılmış dana etinin nar ve portakal suyu ile sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g} / 1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



şekil 4.9. Dana eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$)

Çizelge 4.9. Dana eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon)

Et örnekleri	NDMA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDMA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)	NDEA ($\mu\text{g}/100$ g)	NDEA ($\mu\text{g}/1$ porsiyon)
	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm \text{SS}$ (Alt değer-Üst değer)
Haşlanmış dana eti (K)	1404,5 $\pm$ 42,17 (1375,0-1452,8)	1123,6 $\pm$ 33,74 (1100,0-1162,2)	44,0 $\pm$ 0,46 (43,5-44,3)	35,2 $\pm$ 0,37 (34,8-35,4)
Haşlanmış dana eti+nar suyu	476,3 $\pm$ 10,42 (465,0-485,5)	381,1 $\pm$ 8,34 (372,0-388,4)	13,5 $\pm$ 1,12 (12,3-14,5)	10,8 $\pm$ 0,90 (9,8-11,6)
Haşlanmış dana eti+havuç suyu	721,4 $\pm$ 21,40 (700,1-742,9)	577,1 $\pm$ 17,12 (560,1-594,3)	664,4 $\pm$ 27,45 (633,4-685,6)	531,5 $\pm$ 21,96 (506,7-548,5)
Haşlanmış dana eti+portakal suyu	965,8 $\pm$ 20,27 (945,1-985,6)	772,6 $\pm$ 16,21 (756,1-788,5)	625,1 $\pm$ 10,04 (613,7-632,7)	500,1 $\pm$ 8,03 (491,0-506,2)
Haşlanmış dana eti+yeşil çay	941,8 $\pm$ 30,39 (906,9-962,2)	753,5 $\pm$ 24,31 (725,5-769,8)	2,1 $\pm$ 0,15 (2,0-2,3)	1,7 $\pm$ 0,12 (1,6-1,8)
Haşlanmış dana eti+beyaz çay	350,2 $\pm$ 25,10 (326,1-376,2)	280,2 $\pm$ 20,08 (260,9-301,0)	4,6 $\pm$ 0,35 (4,2-4,9)	3,7 $\pm$ 0,28 (3,4-3,9)
p	0,416	0,416	0,416	0,416
Kızartılmış dana eti (K)	254,8 $\pm$ 9,48 (246,6-265,2)	203,9 $\pm$ 7,59 (197,3-212,2)	22,8 $\pm$ 0,45 (22,4-23,3)	18,3 $\pm$ 0,36 (17,9-18,6)
Kızartılmış dana eti+nar suyu	484,2 $\pm$ 17,51 (465,7-500,5)	387,4 $\pm$ 14,01 (372,6-400,4)	17,4 $\pm$ 1,21 (16,1-18,5)	13,9 $\pm$ 0,96 (12,9-14,8)
Kızartılmış dana eti+havuç suyu	261,1 $\pm$ 14,68 (245,9-275,2)	208,9 $\pm$ 11,74 (196,7-220,2)	-	-
Kızartılmış dana eti+portakal suyu	557,6 $\pm$ 24,36 (529,7-574,5)	446,1 $\pm$ 19,49 (423,8-459,6)	16,8 $\pm$ 0,66 (16,1-17,4)	13,4 $\pm$ 0,52 (12,9-13,9)
Kızartılmış dana eti+yeşil çay	1218,6 $\pm$ 56,25 (1162,7-1275,2)	974,9 $\pm$ 45,00 (930,2-1020,2)	-	-
Kızartılmış dana eti+beyaz çay	632,3 $\pm$ 24,86 (607,1-656,8)	505,8 $\pm$ 19,88 (485,7-525,4)	101,7 $\pm$ 76,39 (13,5-146,4)	81,4 $\pm$ 61,11 (10,8-117,1)
p	0,416	0,416	0,392	0,392

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

Hindi eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/\text{g}$) Şekil 4.10’da ve nitrozamin değerleri ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) Çizelge 4.10’da verilmiştir. Etlerin tek başına sindirim sonrası nitrozamin değerleri kontrol grubu (K) olarak alınmış, içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ile karşılaştırılmıştır. Haşlanmış ve kızartılmış hindi etinin tüm içeceklerle sindirimi NDMA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Haşlanmış hindi etinin nar suyu, portakal suyu ve yeşil çay ile sindirimi ve kızartılmış hindi etinin nar suyu, havuç suyu ve çaylarla sindirimi NDEA değerinde ($\mu\text{g}/100$ gram, $\mu\text{g}/1$ porsiyon) azalma sağlamıştır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.10. Hindi eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri ($\mu\text{g/g}$)

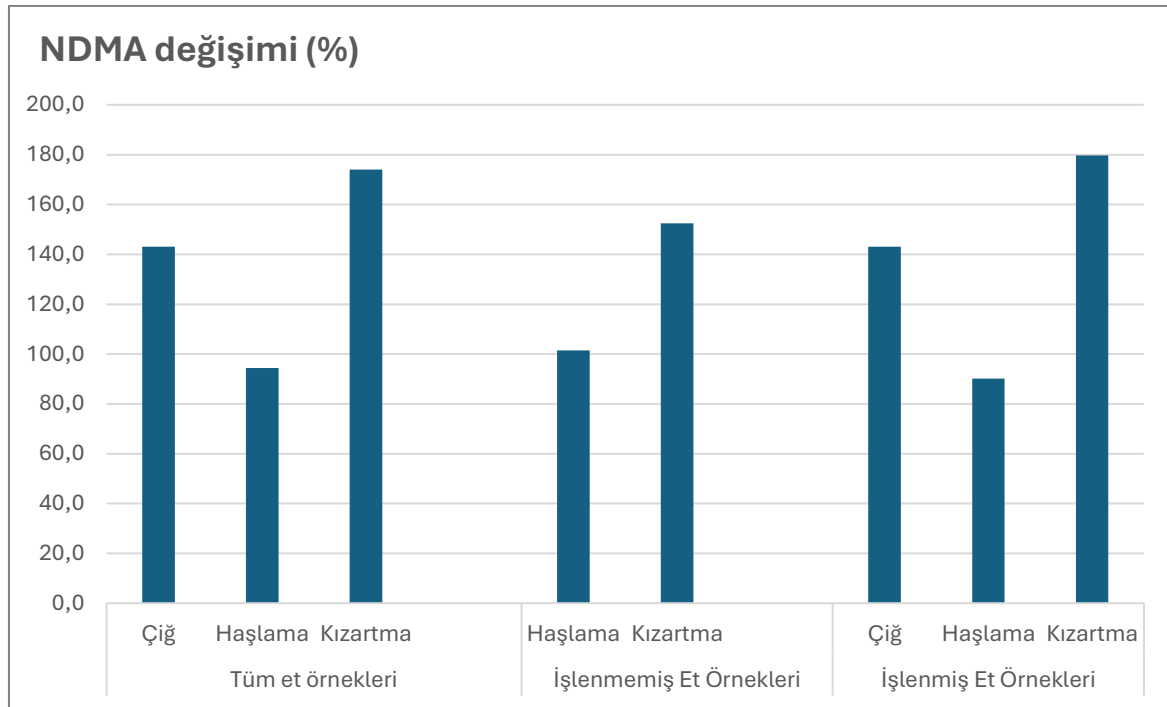
Çizelge 4.10. Hindi eti örneklerinin içeceklerle birlikte sindirimi sonrası nitrozamin değerleri (µg/100 gram, µg /1 porsiyon)

Et örnekleri	NDMA (µg/100 g)	NDMA (µg/1 porsiyon)	NDEA (µg/100 g)	NDEA (µg/1 porsiyon)
	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)	$\bar{X} \pm SS$ (Alt değer-Üst değer)
Haşlanmış hindi eti (K)	1159,3±43,15 (1116,5-1202,8)	927,5±34,52 (893,2-962,2)	282,1±5,98 (275,2-285,7)	225,7±4,78 (220,2-228,6)
Haşlanmış hindi eti+nar suyu	452,7±9,75 (442,9-462,4)	362,1±7,80 (354,3-369,9)	26,0±0,76 (25,3-26,8)	20,8±0,61 (20,2-21,4)
Haşlanmış hindi eti+havuç suyu	334,9±10,73 (325,9-346,8)	267,9±8,59 (260,7-277,4)	-	-
Haşlanmış hindi eti+portakal suyu	289,5±12,02 (275,9-298,7)	231,6±9,62 (220,7-239,0)	1,2±0,15 (1,1-1,4)	1,0±0,12 (0,9-1,1)
Haşlanmış hindi eti+yeşil çay	507,4±17,09 (488,4-521,5)	405,9±13,67 (390,7-417,2)	4,1±0,25 (3,8-4,3)	3,3±0,20 (3,0-3,4)
Haşlanmış hindi eti+beyaz çay	259,4±9,00 (252,0-269,4)	207,5±7,20 (201,6-215,5)	-	-
p	0,416	0,416	0,392	0,392
Kızartılmış hindi eti (K)	1063,7±34,59 (1032,5-1100,9)	851,0±27,67 (826,0-880,7)	921,8±10,00 (910,4-929,2)	737,4±8,00 (728,3-743,4)
Kızartılmış hindi eti+nar suyu	554,7±21,54 (532,4-575,4)	443,7±17,23 (425,9-460,3)	454,6±19,85 (435,6-475,2)	363,7±15,88 (348,5-380,2)
Kızartılmış hindi eti+havuç suyu	360,4±17,72 (341,4-376,5)	288,3±14,18 (273,1-301,2)	6,4±0,44 (6,1-6,9)	5,1±0,35 (4,9-5,5)
Kızartılmış hindi eti+portakal suyu	320,2±16,93 (301,2-333,7)	256,2±13,55 (241,0-267,0)	-	-
Kızartılmış hindi eti+yeşil çay	491,8±17,89 (475,3-510,8)	393,4±14,31 (380,2-408,6)	16,7±0,99 (16,0-17,8)	13,3±0,79 (12,8-14,2)
Kızartılmış hindi eti+beyaz çay	483,7±14,87 (467,2-496,1)	386,9±11,89 (373,8-396,9)	38,8±1,21 (37,5-39,9)	31,0±0,96 (30,0-31,9)
p	0,416	0,416	0,406	0,406

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır. **Beyaz ve yeşil çayın bir porsiyonu 200 mL; nar ve havuç suyunun bir porsiyonu 150 mL; portakal suyunun bir porsiyonu 125 mL, işlenmemiş etlerin bir porsiyonu 80 g, işlenmiş etlerin bir porsiyonu 30 g alınmıştır. Askorbik asit değerleri ise bir porsiyon başına mg/mL olarak ifade edilmiştir. Toplam antioksidan kapasite ise bir porsiyon başına mmol TEAC olarak ifade edilmiştir. Toplam fenolik içerik ise bir porsiyon başına mg gallik asit eş değeri olarak ifade edilmiştir. (-): tespit edilememiştir.

4.3. Et Örneklerinde Çiğ ve Farklı Pişirme Yöntemleri ile Nitrozamin (NDMA ve NDEA) Değişimlerinin Değerlendirilmesi

Çizelge 4.11 ve Şekil 4.11’de etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDMA değişimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tüm durumlar (çiğ hal, haşlama ve kızartma yöntemi) NDMA değerinde artışa neden olmaktadır. Bu değişimlere göre, tüm et çeşitlerinde haşlama yöntemi NDMA değişimlerini en az arttırırken, işlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde de haşlama yöntemi NDMA değişimleri üzerine en az artış sağlamaktadır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.11. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDMA değişimleri üzerine etkisi

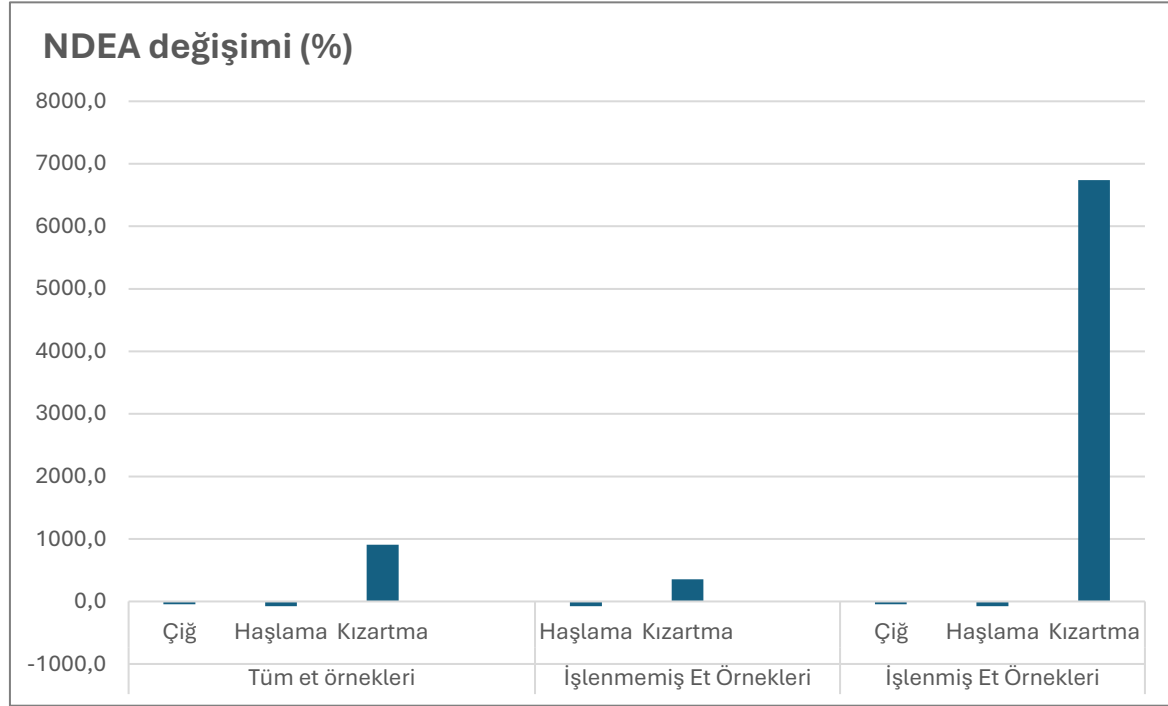
Çizelge 4.11. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDMA değişimleri üzerine etkisi

Et örnekleri	Çiğ ve farklı pişirme yöntemleri	Sindirim öncesi		Sindirim sonrası		NDMA değişimi (%)	p
		Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma		
Tüm et örnekleri	Çiğ	2,4	1,02	5,9	1,19	143,11	0,368
	Haşlama	4,1	3,25	8,1	3,27	94,42	
	Kızartma	3,1	1,02	8,6	4,19	173,97	
İşlenmemiş et örnekleri	Haşlama	6,4	4,60	12,8	1,40	101,43	0,317
	Kızartma	2,6	1,25	6,6	4,44	152,45	
İşlenmiş et örnekleri	Çiğ	2,4	1,02	5,9	1,19	143,11	0,368
	Haşlama	3,4	2,40	6,5	1,80	90,05	
	Kızartma	3,3	0,90	9,2	4,01	179,65	

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır.

Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12’de etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDEA değişimleri üzerine etkisi incelenmiştir. Tüm et örneklerinde haşlama yöntemi NDEA değerinde azalma sağlarken, kızartma yöntemi artışa neden olmaktadır. İşlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde

ise haşlama yöntemi NDEA değerinde azalma sağlamaktadır. Ancak elde edilen veriler istatistiksel olarak anlamlı değildir.



Şekil 4.12. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDEA değişimleri üzerine etkisi

Çizelge 4.12. Etlerin çiğ hali ve pişirme yöntemlerinin NDEA değişimleri üzerine etkisi

Et örnekleri	Çiğ ve farklı pişirme yöntemleri	Sindirim öncesi		Sindirim sonrası		NDEA değişimi (%)	p
		Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma		
Tüm et örnekleri	Çiğ	0,4	0,13	0,2	0,16	-43,39	0,368
	Haşlama	2,7	4,61	0,7	0,99	-74,04	
	Kızartma	0,5	0,79	4,6	4,54	905,36	
İşlenmemiş et örnekleri	Haşlama	6,2	6,69	1,6	1,30	-73,49	0,317
	Kızartma	1,0	1,03	4,7	4,92	352,61	
İşlenmiş et örnekleri	Çiğ	0,4	0,13	0,2	0,16	-43,39	0,368
	Haşlama	2,7	4,61	0,7	0,99	-74,04	
	Kızartma	0,4	0,13	0,2	0,16	-43,39	

*Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız üç veya daha fazla grubun karşılaştırılmasında “Kruskal Wallis” testi kullanılmıştır. Normal dağılıma sahip olmayan bağımsız iki grubun karşılaştırılmasında “Mann Whitney” testi kullanılmıştır.



5. TARTIŞMA

Bu çalışmada dana eti, hindi eti ve bunların işlenmiş ürünleri kullanılmıştır. Bu etlerin farklı pişirme yöntemleri ve farklı fonksiyonel içeceklerle birlikte *in vitro* sindirim öncesi ve sonrası nitrozamin oluşum miktarları değerlendirilmiştir.

5.1. Et Örneklerinde Nitrozaminlerin (NDMA ve NDEA) Değerlendirilmesi

Etler ve işlenmiş et ürünlerinde belirli miktarda ve halihazırda nitrozamin türleri görülmektedir [267]. İşlenmemiş etlerde var olan nitrozaminleri inceleyen Lee (2019) tarafından yazılan derlemede, kümes hayvanı ürünlerinde en sık görülen nitrozaminlerin NDMA, NPIP ve NPYR olduğu bildirilmiştir. Daha az miktarda ise NDEA (1.0 µg/kg) türüne rastlanmıştır [268]. Haşlama uygulanan dana etlerinde NDMA miktarı 10.560 µg/g iken, kızartma yapılan bu etlerde 1.472 µg/g'dır. Fristachi ve Rice (2007) tarafından yapılan bir incelemede, kırmızı ette NDMA miktarı 3.7×10^{-4} µg/g olarak belirtilmekte [149] ve bu çalışmadaki bulgulardan daha düşüktür. Penttilä ve arkadaşlarının (1990) yaptığı çalışmada ise, kırmızı etlerde NDMA miktarı daha fazla görülmüş olup 0.1-0.8 µg/kg olarak tespit edilmiştir [156]. Bu çalışmada ve Penttilä, Räsänen ve Kimppa (1990)'nın yaptığı çalışmada haşlama ve kızartma yöntemleri uygulaması belirtilirken, diğer bazı çalışmalarda ([149, 156]) herhangi bir pişirme yöntemine değinilmemiştir. Yapılan bir çalışmada sığır eti ve tavuk eti örneklerinde nitritin olmaması bu çalışmanın beklenen bulgusu olarak görülse de [67], işlenmemiş etlerde de nitrit bulunmaktadır. Bu çalışmada işlenmemiş kırmızı etlerde NDEA değeri haşlama ve kızartma yöntemlerinde sırasıyla 1225,3±55,59 µg/100g ve 10,9±0,51 µg/100g'dır (Çizelge 4.2). Fakat yapılan bir çalışmada incelenen tuzlanmış dana eti ve füme dana etlerinde NDEA değerine rastlanmamıştır [269]. Bunun nedeni dana etlerine uygulanan pişirme yöntemlerinin farklı olmasıdır. Ayrıca incelenen et türü kırmızı et olsa da etlerin başlangıçta yağ oranı, tazelik durumu, biyojen amin tür ve miktarları gibi etmenler de bu farklılıklara neden olabilir.

Stephany ve Schuller (1980) tarafından yapılan çalışmada işlenmiş et ürünlerinde NDMA (0-3.6 µg/kg) türü görülmüştür [142]. Li ve arkadaşlarının (2021) yaptığı literatür derlemesinde, işlenmiş etlerin ise NDEA türü (1.59 ng/g) görülmüştür [141]. Salam çeşitlerinde nitrozaminlerin araştırıldığı bir başka çalışmada, NDMA ve NDEA miktarları farklı seviyelerde ölçülmüştür (sırasıyla 0.09-3.56 ppb ve 0-0.81 ppb) [270]. Salam türlerinin

spesifik incelendiği bir çalışmada ise, dana etli salamlarda NDMA miktarı 0.4 ng/kg iken NDEA miktarı <0.3 ng/kg'dır [271]. Bir diğer işlenmiş et ürünü sosislerde de genellikle NDMA ve NDEA türlerine rastlanmaktadır [272]. Penttilä, Räsänen ve Kimppa (1990)'nın sosislerde yaptığı çalışmada NDMA miktarı 0.1-0.9 µg/kg olarak tespit edilmiştir [156]. Wang ve arkadaşlarının (2023) yaptığı çalışmada sosislerde NDEA ve NDMA tespit edilmiş olup, ortalama değerleri sırasıyla 1.54 ve 6.96 µg/kg'dır [273]. Bu çalışmada ise NDMA miktarı çiğ dana etli sosislerde 154,4±9,15 µg/100g iken, çiğ hindi etli sosislerde 393,4±8,51 µg/100g'dir (Çizelge 4.1). Ayrıca haşlama yöntemi uygulanmış hindi etinde NDMA miktarı 216,8±6,51 µg/100g iken kızartılmış hindi etlerinde ise NDMA ve NDEA değerleri sırasıyla 375,1±11,50 µg/100g ve 197,8±12,55 µg/100g'dır (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Bu çalışmada, Bianco ve arkadaşlarının (2022) [67] yaptığı çalışmanın aksine bir yargıya varılmıştır. Bianco ve arkadaşları sığır eti ve tavuk eti örneklerinde nitritin olmaması kendi çalışmalarının beklenen bulgusu olarak görürken, bu çalışmada işlenmemiş etlerde de bir miktar nitrat ve nitritin bulunduğu ve nitrozamin oluşturabileceği tespit edilmiştir. Bu çalışmada incelenen et ürünlerindeki başlangıç nitrit veya nitrat miktarlarının bilinmemesi diğer çalışmalardan farklı sonuçlar bulunmasına neden olabilir. Ayrıca işlenmiş et ürünlerinin hamur bileşenlerinin (kullanılan baharatlar, et türleri ve karışım oranları) diğer çalışmalardan farklılık göstermesi, nitrozamin oluşumunda etkili olabilecek kullanılan askorbik asit gibi antioksidanların türü ve miktarı vb. gibi özelliklerinin detaylı şekilde belirtilmemesi, biyojen amin tür ve miktarlarının bilinmemesi farklılıkların ortaya çıkmasına neden olabilir. Hindi eti ve hindi etli işlenmiş et ürünleri ile ilgili yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bununla birlikte literatürde kümes hayvanlarının yer aldığı çalışmalarda işlenmiş et ürünlerinin hayvansal kökeninin tam olarak belirtilmemesi ve uygulanan pişirme yöntemleri konusunda açıklamaların yetersiz olması çalışmaları karşılaştırma konusunda standardizasyona engel teşkil etmektedir. Ayrıca literatürde tek başına etlerin sindiriminin değerlendirildiği *in vitro sindirim* çalışmaların yetersiz olması ve hindi eti ile yapılan çalışmaların yetersiz olması sindirim sonrası etlerde oluşabilecek nitrozaminlerin değerlendirilmesini zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada haşlanmış hindi etli sosislerin sindirimle beraber NDMA değeri istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır (Çizelge 4.1). Bu çalışmadaki NDMA değerindeki azalma haşlama yönteminin etkisi ile etteki nitrat düzeyinin azalması ve NDMA'nın uçucu nitrozamin türü olmasından dolayı ısıyla birlikte ortamdan uzaklaşması gibi etkilerle olduğu düşünülmektedir.

5.2. Et ve İçecek Örneklerinin Birlikte Sindiriminin Nitrozamin Miktarı Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi

Literatür taraması yapıldığında genellikle işlenmiş et ürünlerinin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite, toplam fenolik içeriğinin nitrozaminler üzerine etkisi, işlenmiş et ürünlerinin hamurlarına eklenen fonksiyonel besinlerin etkisi üzerinden incelenmiştir. Gıda sanayinde özellikle işlenmiş et ürünlerinde antioksidan olarak askorbik asit (askorbat) kullanılmaktadır [274]. Askorbik asit ve sodyum askorbat eklenen işlenmiş et ürünlerinde nitrozasyonun önlendiği görülmektedir. Askorbat (0, 550, 5500 µg/kg) eklenen sosislerde NDMA oluşumu (sırasıyla 22, 7, 4 µg/kg) azalmıştır [275]. Özbay ve Şireli (2022)'nin yaptığı bir çalışmada işlenmiş sosislerde yedi tane nitrozamin türü incelenmiştir. Sosis hamuruna eklenen askorbik asitin nitrozamin türlerinin NDEA miktarlarına etkisi de değerlendirilmiş ve askorbik asit miktarı fazla olan sosislerde NDEA miktarı daha az oluşmuştur. Askorbik asit miktarı 500 ppm eklenen sosislerde NDEA miktarı 0.25 ppb iken, 1000 ppm askorbik asit eklenen sosislerde ise bu değer 0.02 ppb olarak tespit edilmiştir [189]. Li, Shao, Zhu, Zhou ve Xu (2013)'nin domuz etli kuru kürlenmiş sosislerle yaptığı çalışmada, askorbik asit (500 mg/kg), yeşil çay polifenoller veya üzüm çekirdeği polifenollerinin eklendiği kuru kürlenmiş sosislerde olgunlaşma (7, 14, 21 ve 28 gün) ile beraber NDMA miktarı (0.21 ± 0.08 µg/kg'dan 0.56 ± 0.20 µg/kg'a artış) artış gösterirken, NDEA miktarı (0.13 ± 0.05 µg/kg'dan daha az miktara azalış) azalmıştır [276].

Diyet antioksidanlarının varlığı nitrozaminlerin oluşumunu engellemektedir [86]. Portakal ve sularının askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik yönünden zengin olması rezidü nitrit miktarında azalma sağlamaktadır [218, 223-225]. Askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik yönünden zengin olması ise rezidü nitrit düzeyindeki azalma besinlerde nitrozamin oluşumunu azaltacaktır [221, 222]. Fernández-López, Sendra, Sayas-Barberá, Navarro ve Pérez-Alvarez (2008) tarafından yapılan çalışmada, farklı konsantrasyonlarda (%0.1 ve %2) portakal lifi (meyve suyu endüstrisi yan ürünü) içeren İspanyol kuru fermente sosislerinde rezidü nitriti azaltarak nitrozamin oluşum riskini azaltacağı düşünülmüştür [277]. Kök sebzelerin en önemli özelliklerinden biri polifenoller, fenoller, flavonoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşiklerin yüksek içeriğidir. Bu bileşikler antioksidan ile anılan önemli bileşikler arasında yer alır [278]. Havuç ve havuç suyu askorbik asit, toplam fenolik içerik ve toplam antioksidan kapasite yönünden zengindir [226-231]. Güçlü antioksidana sahip bir diğer besin olan nar işleme sırasında etlere

eklenmesi (kabuk, toz şeklinde) rezidü nitrit düzeylerinde azalma sağlamaktadır [238-240]. Antioksidan kapasite ve fenolik içerik yönünden öne çıkan çaylar ise rezidü nitrit ve nitrozamin (NDMA, NMPhA) düzeylerinde azalma sağlamaktadır [214, 217]. C vitaminin antioksidan etkisi etlerde nitrozamin oluşumunda azaltıcı etkisi görülmektedir. C vitamini; dinitorjen trioksit ile aminden daha hızlı reaksiyona girdiğinden nitrozasyon sürecini engelleyebilir. C vitamini nitroz asiti nitrik oksite indirger ve kendisi de dehidroaskorbik asite oksitlenir. Bu, oluşabilecek N-nitrozo bileşiklerinin miktarını azaltacaktır [279]. Bu çalışmada ise işlenmiş et ürünlerine eklenen hiçbir askorbik asit miktarı etikette belirtilmemektedir. Aynı zamanda Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde işlenmiş et ürünlerine eklenecek askorbik asit miktarları için kesin değer verilmemiş olup “yeterli miktarda” olarak belirtilmektedir [280].

Fenolik bileşenler besinlerde nitrozamin oluşumunda etkili bir diğer gruptur. Çay kateşinleri, kafeik asit, klorojenik asit ve biberiye, meyan kökü ve diğer bitkisel malzemelerden elde edilen karışık polifenoller gibi fenolik asitler ve flavonoidler, antiradikal yapıları nedeniyle oksitlenmiş lipitler ve proteinlerden zararlı ikincil ürünlerin oluşumunu inhibe edebilir. Fitofenoller tarafından bazı nitritle kürlenmiş ve yüksek sıcaklıkta işlenmiş etlerde (örneğin, nitrozaminler ve aromatik aminler) üretilen kanserojen bileşiklerin inaktivasyonunu sağlayabilir [195]. Yang ve arkadaşlarının (2013) yaptığı çalışmada besin bileşenlerinin nitrozamin üzerine etkisinin incelendiği çalışmaya göre, çay polifenollerinin (0.3 g/kg) veya α - tokoferol (0.7 g/kg) bileşenlerinin eklendiği pişmiş domuz etli köftelerde NDEA oluşumunu engellemiştir [23]. Zhou ve Wang (2020) tarafından yapılan çalışmada, biberiye özütü, üzüm çekirdeği özütü ve yeşil çay polifenollerinin tütsülenmiş sosislerdeki rezidü nitrit ve nitrozamin içeriğini azaltma yeteneği bildirilmiştir [196]. Gao ve arkadaşlarının (2022) yaptığı çalışmada ise theaflavinler, çay polifenoller ve C vitamininin rezidü nitrit ve nitrozamin üzerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca sadece sodyum nitrit (150 mg/kg) içeren gruba göre theaflavin (300 mg/kg) ve sodyum nitrit (150 mg/kg) içeren grupta rezidü nitrit miktarı daha az bulunmuştur. Fenoller, ette bulunan (rezidü) nitriti hidroksil gruplarına indirgeyerek hidrojen açığa çıkarmakta, serbest radikallerle reaksiyona girebilmekte ve böylece serbest radikallerin zincir reaksiyonunu bloke ederek N-nitrozamin oluşumunu azaltmaktadır [215]. Nar kabuğu özütünün incelendiği bir çalışmada, nar kabuğundaki polifenollerin simüle edilmiş mide koşulları altında nitrit ile reaksiyona girebileceğini göstermiştir [281]. Narda bulunan α -punicalagin ve β -punicalagin bileşiklerinin nitrit ile daha hızlı ve kolay reaksiyona girmektedir [282]. İşlenmiş etlerin hamur formülasyonlarına

nar kabuğunun eklenmesi nitrozamin oluşumunu etkileyebilecek olan lipit oksidasyonunu ve renk bozulmasını kademeli olarak erteleyebilir. Eklenen nar ve yan ürünleri yüksek antimikrobiyal ve antioksidan özellikleri üzerinden etki edebilir. Et çeşitlerimizdeki ilk nitrat ve nitrit içeriğinin bilinmemesinin yanı sıra eklenen sodyum nitrit miktarı Türk Gıda Kodeksi'nde belirtilse de (en üst değer şeklinde), bu eklenen net miktar da bilinmemektedir. Ayrıca üretim sırasında kullanılan baharatlar ve miktarları farklı olabilir ki bu durum nitrozamin türleri ve miktarlarının farklı elde edilmesine neden olabilir. Çalışmalarda kullanılan özütlerin fenolik içerikleri bir besine göre daha yüksektir. Diyetle tüketimle buna ulaşım olmayabilir.

Bu çalışmada farklı et örneklerindeki nitrozamin miktarlarına farklı içeceklerin etkili olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3-4.10). Tüm içecekler değerlendirildiğinde, kızartılmış hindi etli sosislerin tüm içecekler ile sindirimi de NDMA değerini azaltırken, en fazla azalma portakal suyu grubunda görülmüştür. Haşlanmış dana etin tüm içecekler ile sindirimi NDMA değerini azaltırken, beyaz çay grubunda en fazla azalma görülmüştür. Haşlanmış dana etin tüm içecekler ile sindirimi NDMA değerini azaltırken, beyaz çay grubunda en fazla azalma görülmüştür. Aynı zamanda sınırlı olsa da içeceklerin etlerdeki NDEA miktarı üzerine azaltıcı etkisi görülmüştür. Sonuçlara göre kızartılmış hindi etli sucuğun havuç suyu, portakal suyu ve çaylar ile sindirimi; kızartılmış hindi etli sosislerin nar suyu ve havuç suyu ile sindirimi; haşlanmış dana etin nar suyu ve çaylar ile sindirimi; haşlanmış dana etin nar suyu, havuç suyu ve çaylar ile sindirimi NDEA değerini azaltmıştır.

Bu çalışmada kullanılan içeceklerin askorbik asit, toplam antioksidan kapasite ve toplam fenolik içerik değerleri incelenmiştir (Çizelge 3.3). Sonuçlara göre havuç suyunun diğer içeceklere göre hem yüksek antioksidan kapasite hem de fenolik içeriğe sahip olması kızartılmış dana etli sucuk ve kızartılmış dana etli sosislerde *in vitro* sindirim sonrası daha düşük NDMA miktarı oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Portakal suyunun yüksek askorbik asit değeri ise kızartılmış dana etli sucuk, haşlanmış dana etli salam, haşlanmış ve kızartılmış hindi etli sosis ve kızartılmış hindi etinde daha düşük NDMA miktarı oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Bununla birlikte, içeceklerden havuç suyunun diğer içeceklere göre hem yüksek antioksidan kapasite hem de fenolik içeriğe sahip olması haşlanmış dana etli salam ve kızartılmış hindi etinde daha düşük NDEA miktarı oluşumu ile ilişkilendirilebilir. Farklı olarak nar suyunun çaylara göre yüksek fenolik içeriği ise haşlanmış dana etli sosis,

haşlanmış ve kızartılmış hindi etli sosislerde daha düşük NDEA miktarı oluşumu ile ilişkilendirilebilir.

Meyve ve sebzelerin C vitamini ve polifenol yönünden zengin olması toksik nitritin enzimatik olmayan şekilde yararlı nitrik okside indirgenmesini kolaylaştırmakta ve böylece nitritin ikincil aminlerle reaksiyona girerek nitrozamin oluşturma olasılığını azalmaktadır. Sindirim öncesi ve sonrası beyaz çayın fenolik içeriği yeşil çaydan fazladır. Ama genelde beyaz çayın toplam fenolik içerik değeri sindirim ile azalmıştır. Bunun yanı sıra sindirim sırasında sağlanan fenolik bileşiklerin nitrik oksit ve reaktif aminler arasındaki reaksiyonu engelleyebileceği ancak bu etkinin düşük olabileceği düşünülebilir. Fenolik bileşikler yönünden zengin olduğu düşünülen sebze ve meyvelerin sahip oldukları nitrat ve nitritler bu çalışma kapsamında değerlendirilmemiştir. Bu durum nitrozamin oluşumu üzerine etki gösterecektir. Ancak bu çalışmada, kullanılan içeceklerin nitrozamin oluşumunda etkili olabilecek nitrat ve nitrit içerikleri değerlendirilmemiştir.

Bu çalışmada et çeşitlerinin farklı içeceklerle *in vitro* sindirimi sonrası oluşan nitrozaminlerin tür ve miktar karşılaştırmaları yapıldı. Aynı zamanda içeceklerle birlikte sindirim sonrası nitrozamin miktarları değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonuçları diğer çalışmalar için ilham verebilecek bir ön çalışma niteliği taşımaktadır.

5.3. Et Örneklerinde Pişirme Yönteminin Nitrozamin Miktarlarına Etkisinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada pişirme yöntemlerinin et örneklerindeki NDMA değişimi (Çizelge 4.11) ve NDEA değişimi (Çizelge 4.12) ile ilişkisi incelenmiştir. Tüm et örneklerinde haşlama yöntemi NDMA oluşumunda artışına neden olsa da en az neden olan pişirme yöntemidir. İşlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde de NDMA oluşumunda haşlama yöntemi benzer etki göstermiştir. Bunun yanı sıra, tüm et örneklerinde, işlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde NDEA oluşumunda haşlama yöntemi için en az etki göstermiştir. Tüm et örneklerinde, işlenmemiş etlerde ve işlenmiş etlerde haşlama yöntemi NDEA düzeyinde sırasıyla %74,04, %73,49 ve %74,04 kadar azalma sağlamıştır (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12).

Niklas ve arkadaşlarının (2023) analiz ettiği sosis örneklerinin hiçbirinde NDEA, NDPA ve NMEA tespit edilmezken, NDMA sık görülen ve oluşan uçucu nitrozaminlerdendir. NDMA sosis üretiminde (0.2-0.3 µg/kg) ve kızartma (0.5-0.6 µg/kg, 160°C 30 dakika)

sırasında olduğu belirtilmiştir [198]. Nitrit içeren sosislerin incelendiği bir çalışmada, çiğ sosisin NDMA miktarı, kızartılmış sosislere (160°C 30 dakika) göre daha az bulunmuştur. Ayrıca çiğ sosisin sindirimi sonucu oluşan NDMA miktarı, kızartma uygulananlara göre daha fazla olduğu görülmüştür [198]. Dich, Järvinen, Knekt ve Penttilä (1996) tarafından yapılan çalışmada ise pişirilmiş sosislere NDMA değeri (0-0.021 µg/kg) daha yüksek belirtilmekte [157], ancak pişirme yöntemi belirtilmemiştir. Li, Wang, Xu ve Zhou (2012)'nin yaptığı çalışmada, bu çalışmaya benzer pişirme yöntemleri kullanılmıştır (*kızartma*, yağ veya yağ içermeyen önceden ısıtılmış teflon kaplı bir tavada 150 °C'de 5 dakika; *haşlama*, yaklaşık 500 mL taze su, 90°C'de 30 dakika). Li, Wang, Xu ve Zhou (2012)'nin yaptığı çalışmada, çiğ sosislerin NDMA miktarı (1.15±0.16 µg/kg) haşlama uygulananlara (1.41±0.26 µg/kg) göre daha az bulunmuştur. Yine çiğ sosislere NDEA miktarı (0.19±0.01 µg/kg), haşlama uygulananlara (0.20±0.04 µg/kg) göre daha az olduğu görülmüştür [283]. Yapılan bir çalışmada, tütülenen veya buharda pişirilen sosislere ise NDEA miktarı ortalama 1.57 µg/kg iken, NDMA için bu değer ortalama 3.22 µg/kg olarak bulunmuştur. Çiğ ve pişmiş sosisler arasında NDEA değeri yönünden önemli bir fark gözlenmemiştir [273].

Çalışmalarda kullanılan yöntemler benzer olsa da farklılıklar söz konusudur. Çalışmalarda kullanılan sosis hamurlarının içeriğinin farklı olması sonuçların birbirinden farklı olmasına neden olabilir. Sosis hamurlarında yer alan başlangıç yağ oranlarının, baharat türlerinin, biyojen amin miktarlarının belirtilmemesi veya çalışılmamış olması bu farklılıklara nedenleri olabilir. Ayrıca çalışmalarda sosis hamurlarının nitrat ve nitrit miktarları belli iken, bu çalışmada kullanılan sosis örneklerinde miktar yazmamaktadır. Pişirme derece ve sürelerinin farklılıkları gibi yöntemlerdeki farklılıklar da elde edilecek sonuçları değiştirebilir. Yine, haşlama sırasında kullanılan su miktarı önemlidir. Çünkü nitrit suda çözünen bir bileşendir ve elde edilecek nitrozamin miktarını etkileyebilir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma farklı et örneklerinin (sucuk, salam, sosis, dana eti, hindi eti) beş farklı içecek türleri (nar suyu, portakal suyu, havuç suyu, beyaz çay, yeşil çay) ile *in vitro* sindirimde nitrozamin miktarlarındaki değişimleri inceleyen bir çalışmadır.

Bu çalışmanın sonuçları;

1. Haşlanmış hindi etli sosislerin sindirimle beraber NDMA değeri istatistiksel olarak anlamlı şekilde azalmıştır ($p<0,001$).

İstatistiksel olarak önemli fark bulunmamakla birlikte aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

2. Çiğ dana etli sucuk, haşlanmış dana etli sucuk, kızartılmış hindi etli salam ve haşlanmış dana etinin sindirim sonrası NDEA değerleri azalmıştır.
3. Et ve içecek örneklerinin birlikte sindiriminin NDMA değişimi üzerine etkisi:
 - a) Kızartılmış hindi etli sosislerin tüm içecekler ile sindirimi de NDMA değerini azaltırken, en fazla azalma portakal suyu grubunda görülmüştür.
 - b) Haşlanmış dana etin tüm içecekler ile sindirimi NDMA değerini azaltırken, beyaz çay grubunda en fazla azalma görülmüştür.
 - c) Haşlanmış dana etin tüm içecekler ile sindirimi NDMA değerini azaltırken, beyaz çay grubunda en fazla azalma görülmüştür.
4. Pişirme yöntemlerinin NDMA değeri üzerine etkisi:
 - a) Tüm durumlar (çiğ hal, haşlama ve kızartma yöntemi) NDMA değerinde artışa neden olmaktadır.
 - b) Tüm et çeşitlerinde haşlama yöntemi NDMA değişimlerini en az arttırırken, işlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde de haşlama yöntemi NDMA değişimleri üzerine en az artış sağlamaktadır.
5. Pişirme yöntemlerinin NDEA değeri üzerine etkisi:
 - a) Tüm et örneklerinde haşlama yöntemi NDEA değerinde azalma sağlarken, kızartma yöntemi artışa neden olmaktadır.
 - b) İşlenmiş ve işlenmemiş et örneklerinde ise haşlama yöntemi NDEA değerinde azalma sağlamaktadır.

Bu çalışma doğrultusunda şu öneriler söylenebilir:

Bazı ülkelerde, işlenmiş et ürünleri için N-nitrozamin sınırlamalarına ilişkin düzenlemeler ve hükümler bulunurken, bazı ülkelerde de sadece işlenmiş et ürünlerinde nitrit ve nitrat kullanımına ilişkin düzenlemeler vardır. Bu düzenlemelerin genelleştirilebilmesi için et üretim sistemlerinin standardize edilmesi ve üretim sonrası ve tüketim düzeninin izlenmesi ve kontrol edilmesi önemlidir. Ülkemizde N-nitrozaminlerin kontrolünün ve N-nitrozamin türlerine göre miktar sınırlamasına yönelik bir düzenleme bulunmamaktadır. Ayrıca nitrozamin oluşumunu azaltacak yeni teknolojilerin geliştirilmesi de önemli olacaktır.

İşlenmiş et ürünleri nitrit ve nitratların tek besin kaynağı değildir. İlaçlar, sebzeler ve su da nitrit ve nitratın diğer kaynaklarıdır. Nitrozaminler ve öncülleri gıdalarda bulunduğu için nitrozaminlere maruziyet kaçınılmazdır. Buna rağmen nitrozamin alımını azaltmada aşağıdaki önerilere dikkat edilmelidir.

İlk olarak işlenmiş et ürünlerinin tüketiminin ve miktarının azaltılması önemlidir. Tüketim miktarı ve sıklığı (günlük tüketim, atıştırılabilir olarak tüketim gibi) vücuda alınacak nitrit, nitrat ve nitrozamin yükünü artıracaktır. Tüketimle birlikte vücutta gerçekleşen fizyolojik dönüşüm de önemlidir. Türkiye Beslenme Rehberi'nde (2022) işlenmiş et tüketiminin azaltılması üzerinde durulmaktadır [257]. İşlenmiş et tüketiminin azaltılmasının yanında, çalışma sonuçlarına göre farklı içeceklerle tüketiminin de nitrozaminleri azaltma yönünde olumlu etkileri saptandığından öneriler dahiline alınabilir. Ancak bunun diğer çalışmalar ile desteklenmesi yararlı olacaktır.

Diğer bir öneri gıda endüstrisinde üretim aşamasına yöneliktir. Hem üretim sırasında hem de üretim sonrasında N-nitrozamin miktarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu durumda yasal miktar sınır aralıklarının kullanılması için yeni yasal düzenlemelere ihtiyaç duyulabilir.

İşlenmiş et ürünlerindeki sentetik nitrit ve nitrat kaynağını sebze ve meyvelere dayalı doğal nitrit ve nitratla değiştirilmektedir. Ancak nitrit nitrittir ve nitrat nitrattır. Bu nedenle doğal ve sentetik nitrit ve nitratın nitrozamin oluşumu üzerindeki etkisinin karşılaştırılması önemlidir. Bunun için nitrozamin oluşumunu kontrol edebilen yeni teknolojilere yönelik çalışmaların artırılması yararlı olacaktır.

Bu çalışma sonucu doğrultusunda farklı içeceklerin (nar suyu, havuç suyu, portakal suyu, beyaz çay ve yeşil çay) farklı pişirme yöntemleri uygulanan (haşlama ve kızartma) et türlerinde (dana ve hindi etli sucuk, salam ve sosisler, dana eti, hindi eti) nitrozamin (NDMA ve NDEA) düzeylerinde azaltıcı etkileri görülmüştür. Bununla birlikte işlenmiş et ürünlerinde nitrozamin oluşumunu ve miktarını etkileyebilecek tüm faktörleri değerlendirecek yeni çalışmalara ihtiyaç vardır.





KAYNAKLAR

1. Toldrá, F., and Reig, M. (2011). Innovations for healthier processed meats. *Trends in Food Science & Technology*, 22(9), 517-522.
2. Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., and Straif, K. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599-1600.
3. Majou, D., and Christieans, S. (2018). Mechanisms of the bactericidal effects of nitrate and nitrite in cured meats. *Meat Science*, 145, 273-284.
4. Bedale, W., Sindelar, J. J., and Milkowski, A. L. (2016). Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions. *Meat Science*, 120, 85-92.
5. Larsson, S. C., Orsini, N., and Wolk, A. (2006). Processed meat consumption and stomach cancer risk: a meta-analysis. *Journal of the National Cancer Institute*, 98(15), 1078-1087.
6. Larsson, S. C., Bergkvist, L., and Wolk, A. (2006). Processed meat consumption, dietary nitrosamines and stomach cancer risk in a cohort of Swedish women. *International Journal of Cancer*, 119(4), 915-919.
7. Sorour, M. A., Mehanni, A. H. E., Mahmoud, E. S. A., and El-Hawashy, R. M. (2023). Nitrate, nitrite and N-nitrosamine in meat products. *Journal of Sohag Agriscience (JSAS)*, 8(1), 121-135.
8. Xie, Y., Geng, Y., Yao, J., Ji, J., Chen, F., Xiao, J., and Ma, L. (2023). N-nitrosamines in processed meats: Exposure, formation and mitigation strategies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 13, 100645.
9. Lee, H. J., Jung, Y. S., Seo, D., Kim, E., and Yoo, M. (2024). Development and validation of QuEChERS-based LC-MS/MS method for simultaneous quantification of eleven N-nitrosamines in processed fish meat, processed meat, and salted fish products. *Food Chemistry*, 459, 140281.
10. Nabizadeh, S., Barzegar, F., Arabameri, M., Babaei, M., and Mohammadi, A. (2025). Chronic daily intake, probabilistic carcinogenic risk assessment and multivariate analysis of volatile N-nitrosamines in chicken sausages. *International Journal of Environmental Health Research*, 35(5), 1194-1203.
11. Fernández, M., Morales, P., Alba, C., Haza, A. I., and Hierro, E. (2024). Volatile N-nitrosamines in Spanish commercial meat products and in fermented sausages prepared with different ingoing amounts of nitrate and nitrite. *Heliyon*, 10(17).
12. Gilani, P. S., Fesahat, M., and Shariatifar, N. (2023). Nitrosamine in meat and meat products: a review. *Journal of Food Safety and Hygiene*, 9(4), 217-226.
13. Lu, J., Li, M., Shen, M., Xie, J., and Xie, M. (2023). Advanced glycation end products and nitrosamines in sausages influenced by processing parameters, food additives and fat during thermal processing. *Foods*, 12(2), 394.

14. Lee, I. K., Park, N. Y., Park, S. Y., Jeong, J., Lee, J., Moon, B., and Kho, Y. (2024). Assessment of nitrosamine exposure in Korean foods: analysis, risk evaluation, and implications. *Food Science and Biotechnology*, 33(10), 2417-2426.
15. Chih, P. S., Wang, W. R., Chen, H. L., Chen, C. Y., Yan, P. R., Mahmudiono, T., and Lee, C. C. Impact of Storage Time and Cooking Methods on Altering Nitrate, Nitrite, and N-Nitrosamine Levels in Processed Meats. *Nitrite, and N-Nitrosamine Levels in Processed Meats*, 117822.
16. Herrmann, S. S., Granby, K., and Duedahl-Olesen, L. (2015). Formation and mitigation of N-nitrosamines in nitrite preserved cooked sausages. *Food Chemistry*, 174, 516-526.
17. Li, D., and Zhang, W. (2023). Biogenic amines and volatile N-nitrosamines in Chinese smoked-cured bacon (Larou) from industrial and artisanal origins. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 16(2), 143-160.
18. Nabizadeh, S., Barzegar, F., Babaei, M., Kamankesh, M., and Mohammadi, A. (2023). New and efficient direct-SLM two-phase hollow fiber electromembrane extraction coupled to GC/MS for the analysis of nitrosamines in different types of sausage: investigation of meat type, meat percent and cooking methods. *Food Chemistry*, 416, 135759.
19. Flores, M., Mora, L., Reig, M., and Toldrá, F. (2019). Risk assessment of chemical substances of safety concern generated in processed meats. *Food Science and Human Wellness*, 8(3), 244-251.
20. Nardin, T., Franceschini, J., Martinelli, F., and Larcher, R. (2024, November 25-27). *Investigating nitrosamine formation in meat: effects of cooking, digestion, and preservatives*. 10th International Conference on Food Chemistry & Technology, Valencia, Spain, 51.
21. Zhu, J., Lu, Y., and He, Q. (2024). From detection methods to risk prevention: Control of N-nitrosamines in foods and the role of natural bioactive compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 23(5), e70000.
22. Li, K., Han, G., Lu, S., Xu, X., Dong, H., Wang, H., and Zhao, Y. (2024). Inhibition effect of non-contact biocontrol bacteria and plant essential oil mixture on the generation of N-nitrosamines in deli meat during storage. *Food Chemistry*: 10, 24, 101897.
23. Yang, H., Meng, P., Xiong, Y. L., Ma, L., Wang, C., and Zhu, Y. (2013). Oxidation in HiOx-packaged pork Longissimus muscle predisposes myofibrillar and sarcoplasmic proteins to N-nitrosamine formation in nitrite-curing solution. *Meat Science*, 95(3), 465-471.
24. Jo, K., Lee, S., Jeon, H., Eom, J. U., Yang, H. S., and Jung, S. (2025). Reduction of N-nitrosamine in cured ham using atmospheric cold plasma-treated cauliflower powder. *Meat Science*, 219, 109649.
25. Yilmaz Oral, Z., and Kaban, G. (2023). The effect of the combination of rosemary extract and green tea extract on nitrosamine content, microbiological, physicochemical

- and sensorial properties of heat-treated sucuk. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 29(6), 705-715.
26. Sallan, S., Kaban, G., and Kaya, M. (2019). Nitrosamines in sucuk: Effects of black pepper, sodium ascorbate and cooking level. *Food chemistry*, 288, 341-346.
 27. Zhou, Q., Jiang, L., Zhu, J., Lu, Y., and He, Q. (2024). The metabolic regulation mechanism of gallic acid on biogenic amines and nitrosamines in reduced-nitrite Chinese fermented sausages: a perspective of metabolomics and metagenomics. *Food Chemistry*, 456, 139900.
 28. Akansel, B., Yılmaz Oral, Z. F., Sallan, S., Kaban, G., and Kaya, M. (2023). Effect of black garlic on microbiological properties, lipid oxidation, residual nitrite, nitrosamine formation and sensory characteristics in a semi-dry fermented sausage. *Foods*, 12(7), 1545.
 29. Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., Sendra, E., Navarro, C., and Pérez-Álvarez, J. A. (2009). Citrus co-products as technological strategy to reduce residual nitrite content in meat products. *Journal of Food Science*, 74(8), 93-100.
 30. Choi, J. H., Song, D. H., Hong, J. S., Ham, Y. K., Ha, J. H., Choi, Y. S., and Kim, H. W. (2019). Nitrite scavenging impact of fermented soy sauce in vitro and in a pork sausage model. *Meat Science*, 151, 36-42.
 31. Ergezer, H., Gökçe, R., Elgin, Ş., and Akcan, T. (2018). Kızılcık (*Cornus mas L.*) ekstraktı kullanımının sucuk kalite karakteristikleri üzerine etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(7), 1376-1381.
 32. Sindelar, J. J., and Milkowski, A. L. (2012). Human safety controversies surrounding nitrate and nitrite in the diet. *Nitric Oxide*, 26(4), 259-266.
 33. World Health Organization. (2011). *Nitrate and nitrite in drinking-water*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
 34. Moorcroft, M. J., Davis, J., and Compton, R. G. (2001). Detection and determination of nitrate and nitrite: a review. *Talanta*, 54(5), 785-803.
 35. Chamandoost, S., Fateh Moradi, M., and Hosseini, M. J. (2016). A review of nitrate and nitrite toxicity in foods. *Journal of Human Environment and Health Promotion*, 1(2), 80-86.
 36. Habermeyer, M., Roth, A., Guth, S., Diel, P., Engel, K. H., Epe, B., and Eisenbrand, G. (2015). Nitrate and nitrite in the diet: how to assess their benefit and risk for human health. *Molecular Nutrition & Food Research*, 59(1), 106-128.
 37. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information, *Nitrate*.
 38. Ziarati, P., Zahedi, M., Shirkhan, F., and Mostafidi, M. (2018). Potential health risks and concerns of high levels of nitrite and nitrate in food sources. *SF Pharma Journal*, 1(3), 1-13.

39. Swann, P. F. (1975). The toxicology of nitrate, nitrite and n-nitroso compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(11), 1761-1770.
40. National Library of Medicine National Center for Biotechnology Information, *Nitrite*.
41. Wu, L., Zhang, C., Long, Y., Chen, Q., Zhang, W., and Liu, G. (2022). Food additives: From functions to analytical methods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(30), 8497-8517.
42. Dejam, A., Hunter, C. J., Schechter, A. N., and Gladwin, M. T. (2004). Emerging role of nitrite in human biology. *Blood Cells, Molecules, and Diseases*, 32(3), 423-429.
43. Duncan, C., Dougall, H., Johnston, P., Green, S., Brogan, R., Leifert, C., and Benjamin, N. (1995). Chemical generation of nitric oxide in the mouth from the enterosalivary circulation of dietary nitrate. *Nature Medicine*, 1(6), 546-551.
44. Wierzbicka, E. (2020). Novel methods of nitrate and nitrite determination-a review. *Journal of Elementology*, 25(1), 98-103.
45. Wang, Q. H., Yu, L. J., Liu, Y., Lin, L., Lu, R. G., Zhu, J. P., and Lu, Z. L. (2017). Methods for the detection and determination of nitrite and nitrate: A review. *Talanta*, 165, 709-720.
46. Omar, S. A., Artime, E., and Webb, A. J. (2012). A comparison of organic and inorganic nitrates/nitrites. *Nitric Oxide*, 26(4), 229-240.
47. Lundberg, J. O., Weitzberg, E., and Gladwin, M. T. (2008). The nitrate–nitrite–nitric oxide pathway in physiology and therapeutics. *Nature reviews Drug Discovery*, 7(2), 156-167.
48. Gilchrist, M., Shore, A. C., and Benjamin, N. (2011). Inorganic nitrate and nitrite and control of blood pressure. *Cardiovascular Research*, 89(3), 492-498.
49. McKnight, G. M., Smith, L. M., Drummond, R. S., Duncan, C. W., Golden, M. I. N. H., and Benjamin, N. (1997). Chemical synthesis of nitric oxide in the stomach from dietary nitrate in humans. *Gut*, 40(2), 211-214.
50. Ma, L., Hu, L., Feng, X., and Wang, S. (2018). Nitrate and nitrite in health and disease. *Aging and Disease*, 9(5), 938-945.
51. Ellis, G., Adataia, I., Yazdanpanah, M., and Makela, S. K. (1998). Nitrite and nitrate analyses: a clinical biochemistry perspective. *Clinical Biochemistry*, 31(4), 195-220.
52. de Andrade Júnior, F. P., Sobreira de Cabral, A. L., Dantas de Araújo, J. M., Vilar Cordeiro, L., de Barros Cândido, M., Pontes da Silva, A., and Braga Dantas, B. (2021). Food nitrates and nitrites as possible causes of cancer: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 50(1), 269-291.
53. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Ghasemi, A., Kabir, A., Azizi, F., and Hadaegh, F. (2015). Is dietary nitrate/nitrite exposure a risk factor for development of thyroid abnormality? A systematic review and meta-analysis. *Nitric Oxide*, 47, 65-76.

54. Keshavarz, M., Barati-Boldaji, R., Mazloomi, S. M., and Yousefi, M. H. (2022). Effect of inoculation of *Lactobacillus acidophilus* on the level of nitrite and nitrate in yogurt containing spinach during refrigeration in 21 days. *Functional Foods in Health and Disease*, 12(4), 188-197.
55. Colla, G., Kim, H. J., Kyriacou, M. C., and Roupael, Y. (2018). Nitrate in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 237, 221-238.
56. Thomson, B. M., Nokes, C. J., and 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.
57. Kiani, A., Sharafi, K., Omer, A. K., Matin, B. K., Davoodi, R., Mansouri, B., and Ahmadi, E. (2022). Accumulation and human health risk assessment of nitrate in vegetables irrigated with different irrigation water sources-transfer evaluation of nitrate from soil to vegetables. *Environmental Research*, 205, 112527.
58. Sušin, J., Kmecl, V., and Gregorčič, A. (2006). A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996–2002. *Food Additives and Contaminants*, 23(4), 385-390.
59. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Jeddi, S., Azizi, F., Ghasemi, A., and Hadaegh, F. (2016). Nitrate and nitrite content of vegetables, fruits, grains, legumes, dairy products, meats and processed meats. *Journal of food Composition and Analysis*, 51, 93-105.
60. Sebaei, A. S., and Refai, H. M. (2021). Hazard index: probabilistic risk exposure of nitrate and nitrite in Egyptian fruits and vegetables. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 101(10), 1477-1484.
61. Matallana Gonzalez, M. C., Martínez-Tomé, M. J., and Torija Isasa, M. E. (2010). Nitrate and nitrite content in organically cultivated vegetables. *Food Additives and Contaminants: Part B*, 3(1), 19-29.
62. Zhong, L., Blekkenhorst, L. C., Bondonno, N. P., Sim, M., Woodman, R. J., Croft, K. D., and Bondonno, C. P. (2022). A food composition database for assessing nitrate intake from plant-based foods. *Food Chemistry*, 394, 133411.
63. Zendehbad, M., Mostaghelchi, M., Mojganfar, M., Cepuder, P., and Loiskandl, W. (2022). Nitrate in groundwater and agricultural products: intake and risk assessment in northeastern Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(52), 78603-78619.
64. Uddin, R., Thakur, M. U., Uddin, M. Z., and Islam, G. R. (2021). Study of nitrate levels in fruits and vegetables to assess the potential health risks in Bangladesh. *Scientific Reports*, 11(1), 4704.
65. Cao, M., Niu, W., and Liu, H. (2021). Changes in nitrate content during vegetable storage and assessment of food safety for human consumption environment. *Fresenius Environmental Bulletin*, 30, 1457-1464.

66. Sadighara, P., Akbari-Adergani, B., Shokri, E., Tabaraki, A., Mohamadi, S., and Zeinali, T. (2023). Evaluation of nitrite exposure from meat products supplied in Tehran, Iran. *Journal of Chemical Health Risks*, 14(1), 20-25.
67. Junior, A. B., Daguer, H., and Kindlein, L. (2022). Baseline sodium nitrate and nitrite concentrations in fresh and processed meats. *Journal of Food Composition and Analysis*, 105, 104227.
68. Bailey, J. C., Feelisch, M., Horowitz, J. D., Frenneaux, M. P., and Madhani, M. (2014). Pharmacology and therapeutic role of inorganic nitrite and nitrate in vasodilatation. *Pharmacology & Therapeutics*, 144(3), 303-320.
69. Hord, N. G., Tang, Y., and Bryan, N. S. (2009). Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context for potential health benefits. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(1), 1-10.
70. Garg, H. K., and Bryan, N. S. (2009). Dietary sources of nitrite as a modulator of ischemia/reperfusion injury. *Kidney International*, 75(11), 1140-1144.
71. Chaidoutis, E., Keramydas, D., Papalexis, P., Migdanis, A., Migdanis, I., Lazaris, A. C., and Kavantzaz, N. (2022). Foodborne botulism: A brief review of cases transmitted by cheese products. *Biomedical Reports*, 16(5), 41.
72. Wu, Y., Qin, L., Chen, J., Wang, H., and Liao, E. (2022). Nitrite, biogenic amines and volatile N-nitrosamines in commercial Chinese traditional fermented fish products. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 15(1), 10-19.
73. Berardi, G., Albenzio, M., Marino, R., D'Amore, T., Di Taranto, A., Vita, V., and Iammarino, M. (2021). Different use of nitrite and nitrate in meats: A survey on typical and commercial Italian products as a contribution to risk assessment. *Lwt*, 150, 112004.
74. Vranic, D., Koricanac, V., Milicevic, D., Djinovic-Stojanovic, J., Geric, T., Lilic, S., and Petrovic, Z. (2021, October). Nitrite content in meat products from the Serbian market and estimated intake. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 854(1), 12106.
75. de Oliveira, M. C., de Almeida, M. D., Osorio, A. C. P., de Sena, R. C., and Souza, V. (2023, October). Ensuring the validity of measurement results of nitrite and nitrate in meat products. *Journal of Physics: Conference Series*, 2606(1), 12015.
76. Schopfer, B., Mitrenga, S., Boulaaba, A., Roelfs, K., Plötz, M., and Becker, A. (2022). Red beet and Swiss chard juice extract as natural nitrate sources for the production of alternatively-cured emulsion-type sausages. *Meat Science*, 188, 108780.
77. Paudel, N., Subedi, D., Khanal, S., Acharya, D. R., and Bhattarai, S. (2021). Estimation of nitrite level and effect of processing on residual nitrite level in sausages marketed in Dharan, Nepal. *African Journal of Food Science*, 15(2), 67-71.

78. Nader, M., Hosseinienezhad, B., Berizi, E., Mazloomi, S. M., Hosseinzadeh, S., Zare, M., and Ferrante, M. (2022). The residual nitrate and nitrite levels in meat products in Iran: A systematic review, meta-analysis and health risk assessment. *Environmental Research*, 207, 112180.
79. Ledezma-Zamora, K., Sánchez-Gutiérrez, R., Ramírez-Leiva, A., and Mena-Rivera, L. (2021). Residual nitrite in processed meat products in Costa Rica: Method validation, long-term survey and intake estimations. *Food Chemistry*, 361, 130082.
80. Ledezma-Zamora, K., Sánchez-Gutiérrez, R., Ramírez-Leiva, A., and Mena-Rivera, L. (2021). Residual nitrite in processed meat products in Costa Rica: Method validation, long-term survey and intake estimations. *Food Chemistry*, 361, 130082.
81. Nikolova, A. S., and Belichovska, D. (2021). Application of natural sources of nitrite of plant origin in meat processing industry. *Knowledge-International Journal*, 45(3), 577-582.
82. Milkowski, A., Garg, H. K., Coughlin, J. R., and 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.
83. Sinha, R., Zhao, N., Goedert, J. J., Byrd, D. A., Wan, Y., Hua, X., and van Helvoirt, J. H. (2021). Effects of processed meat and drinking water nitrate on oral and fecal microbial populations in a controlled feeding study. *Environmental Research*, 197, 111084.
84. Song, P., Wu, L., and Guan, W. (2015). Dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines intake and the risk of gastric cancer: a meta-analysis. *Nutrients*, 7(12), 9872-9895.
85. Munekata, P. E., Pateiro, M., Domínguez, R., Santos, E. M., and Lorenzo, J. M. (2021). Cruciferous vegetables as sources of nitrate in meat products. *Current Opinion in Food Science*, 38, 1-7.
86. Ding, Z., Johanningsmeier, S. D., Price, R., Reynolds, R., Truong, V. D., Payton, S. C., and Breidt, F. (2018). Evaluation of nitrate and nitrite contents in pickled fruit and vegetable products. *Food Control*, 90, 304-311.
87. Brkić, M., Bošnjir, J., Brkić, D., Bevardi, M., Racz, A., Lasić, D., and Vlainić, M. (2022). Presence of nitrates and nitrites in fresh cow milk from milk machines during winter and summer period in the city Zagreb and Zagreb County area. *Journal of Health Sciences*, 12(2), 140-145.
88. Cressey, P., and Cridge, B. (2022). Exposure to nitrate from food and drinking-water in New Zealand. Can these be considered separately?. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 39(5), 838-852.
89. Skovgaard, N. (1992). Microbiological aspects and technological need: technological needs for nitrates and nitrites. *Food Additives & Contaminants*, 9(5), 391-397.
90. 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.

91. Bouvard, V., Loomis, D., Guyton, K. Z., Grosse, Y., El Ghissassi, F., Benbrahim-Tallaa, L., and Straif, K. (2015). Carcinogenicity of consumption of red and processed meat. *The Lancet Oncology*, 16(16), 1599-1600.
92. Zhang, Y., Zhang, Y., Jia, J., Peng, H., Qian, Q., Pan, Z., and Liu, D. (2023). Nitrite and nitrate in meat processing: Functions and alternatives. *Current Research in Food Science*, 6, 100470.
93. Govari, M., and Pexara, A. (2015). Nitrates and Nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 66(3), 127-140.
94. Kalaycıoğlu, Z., and Erim, F. B. (2019). Nitrate and nitrites in foods: worldwide regional distribution in view of their risks and benefits. *Journal of Agricultural and food Chemistry*, 67(26), 7205-7222.
95. Jukes, T. H. (1977). Food additives. *New England Journal of Medicine*, 297(8), 427-430.
96. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2018). *Türk gıda kodeksi Et, hazırlanmış et karışımları ve et ürünleri tebliği* (Tebliğ No: 2018/52). (Resmi Gazete, 29 Ocak 2019, Sayı: 30670).
97. Kuyumcu, A., and Yurttagül, M. (2000). Ankara piyasasında satılan salam, sucuk ve sosislerin nem, yağ, tuz, kül ve kalıntı nitrat, nitrit miktarlarının tayini üzerine bir araştırma. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 29(2), 14-24.
98. Fernández-Alba, A. R. and Agüera, A. (2005). Nitrosamines. *Encyclopedia of Analytical Science*, 197-202.
99. National Toxicology Program. (2021). 15th report on carcinogens. *Report on Carcinogens*, 15, roc15.
100. Crews, C. (2014). *Processing contaminants: n-nitrosamines*. *Encyclopedia of Food Safety*, 2, 409-415.
101. Gray, J. I., and Morton, I. D. (1981). Some toxic compounds produced in food by cooking and processing. *Journal of Human Nutrition*, 35(1), 5-23.
102. Pensabene, J. W., Doerr, R. C., and Fiddler, W. (1987). Determination By Liquid Chromatography With Electrochemical Detection Of Cysteamine And Cysteine, Possible Precursors Of/V-Nitrosothiazolidine. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 70(6), 1033-1035.
103. Frouin, A., Jondeau, D., Bidard, J. P., and Joannes, M. (1980). Determination of nitrates and nitrites in animal products. *Annales de la Nutrition et de L'alimentation*, 34(No. 5-6), 765-778.
104. Zhong, L., Liu, A. H., Blekkenhorst, L. C., Bondonno, N. P., Sim, M., Woodman, R. J., and Bondonno, C. P. (2022). Development of a food composition database for assessing nitrate and nitrite intake from animal-based foods. *Molecular Nutrition & Food Research*, 66(1), 2100272.

105. Eerola, S., Otegui, I., Saari, L., and Rizzo, A. (1998). Application of liquid chromatography-atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry and tandem mass spectrometry to the determination of volatile nitrosamines in dry sausages. *Food Additives & Contaminants*, 15(3), 270-279.
106. Herrmann, S. S., Duedahl-Olesen, L., and Granby, K. (2014). Simultaneous determination of volatile and non-volatile nitrosamines in processed meat products by liquid chromatography tandem mass spectrometry using atmospheric pressure chemical ionisation and electrospray ionisation. *Journal of Chromatography A*, 1330, 20-29.
107. Moradi, S., Shariatifar, N., Akbari-Adergani, B., Molaei Aghaei, E., and Arbameri, M. (2021). Analysis and health risk assessment of nitrosamines in meat products collected from markets, Iran: with the approach of chemometric. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 19(2), 1361-1371.
108. Havery, D. C., Fazio, T., and Howard, J. W. (1978). Survey of cured meat products for volatile N-nitrosamines: comparison of two analytical methods. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*, 61(6), 1374-1378.
109. Yuan, Y., Meng, W., Yutian, M., Fang, C., and Xiaosong, H. (2015). Determination of eight volatile nitrosamines in meat products by ultrasonic solvent extraction and gas chromatography-mass spectrometry method. *International Journal of Food Properties*, 18(6), 1181-1190.
110. Lehotay, S. J., Sapozhnikova, Y., Han, L., and Johnston, J. J. (2015). Analysis of nitrosamines in cooked bacon by QuEChERS sample preparation and gas chromatography-tandem mass spectrometry with backflushing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(47), 10341-10351.
111. Huang, S., Fu, W., Fang, Q., Ni, L., Zheng, R., Yong, L., and Dai, R. (2023). Occurrence and carcinogenic risk assessment of N-nitrosamines in some dried aquatic products in China. *Food Control*, 152, 109845.
112. Kosuri, E. R., Bhanti, M., Jaywant, M. A., Han, M., Wang, X., and Obeng, M. (2023). A GC-MS/MS method for trace level quantification of six nitrosamine impurities (NDMA, NDEA, NEIPA, NDIPA, NDPA, and NDBA) in commercially used organic solvents: Dichloromethane, ethyl acetate, toluene, and o-xylene. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 112(5), 1225-1230.
113. Ding, Z., Cai, M., Gan, W., Yuan, P., Wei, L., and Cheng, X. (2023). Studies on a novel method for the determination of nitrosamines in food by HPLC-UV-FLD coupling with terbium-doped carbon dots. *Food Chemistry*, 405, 134894.
114. Bryan, N. S., Alexander, D. D., Coughlin, J. R., Milkowski, A. L., and Boffetta, P. (2012). Ingested nitrate and nitrite and stomach cancer risk: an updated review. *Food and Chemical Toxicology*, 50(10), 3646-3665.
115. Lundberg, J. O., and Weitzberg, E. (2013). Biology of nitrogen oxides in the gastrointestinal tract. *Gut*, 62(4), 616-629.

116. Karwowska, M., and Kononiuk, A. (2020). Nitrates/nitrites in food—Risk for nitrosative stress and benefits. *Antioxidants*, 9(3), 241.
117. Kaur, N., Chopra, S., Singh, G., Raj, P., Bhasin, A., Sahoo, S. K., and Singh, N. (2018). Chemosensors for biogenic amines and biothiols. *Journal of Materials Chemistry B*, 6(30), 4872-4902.
118. Scanlan, R. A. (1983). Formation and occurrence of nitrosamines in food. *Cancer Research*, 43(5), 2435-2440.
119. Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., and Vander Heyden, Y. (2010). Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta*, 657(2), 123-130.
120. Klein, D., Klein, J., Poullain, B., and Debry, G. (1976). Les nitrosamines revue. *Annales de la Nutrition et de l'alimentation*, 30(1), 1-13.
121. Li, D., and Zhang, W. (2023). Biogenic amines and volatile N-nitrosamines in Chinese smoked-cured bacon (Larou) from industrial and artisanal origins. *Food Additives & Contaminants: Part B Surveill*, 16(2), 143-160.
122. Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Impens, S., Kowalska, T., Paelinck, H., and Vander Heyden, Y. (2010). Evaluation of the influence of proline, hydroxyproline or pyrrolidine in the presence of sodium nitrite on N-nitrosamine formation when heating cured meat. *Analytica Chimica Acta*, 657(2), 123-130.
123. Drabik-Markiewicz, G., Dejaegher, B., De Mey, E., Kowalska, T., Paelinck, H., and Vander Heyden, Y. (2011). Influence of putrescine, cadaverine, spermidine or spermine on the formation of N-nitrosamine in heated cured pork meat. *Food Chemistry*, 126(4), 1539-1545.
124. Domingo, J. L., and Nadal, M. (2017). Carcinogenicity of consumption of red meat and processed meat: A review of scientific news since the IARC decision. *Food and Chemical Toxicology*, 105, 256-261.
125. Niklas, A. A., Herrmann, S. S., Pedersen, M., Jakobsen, M., and Duedahl-Olesen, L. (2022). The occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in cured meat products from the Danish market. *Food Chemistry*, 378, 132046.
126. Zapico, A., Ruiz-Saavedra, S., Gómez-Martín, M., de Los Reyes-Gavilán, C. G., and González, S. (2022). Pilot study for the dietary assessment of xenobiotics derived from food processing in an adult Spanish sample. *Foods*, 11(3), 470.
127. Lee, H. S. (2019). Literature compilation of volatile N-nitrosamines in processed meat and poultry products-an update. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(10), 1491-1500.
128. Scheeren, M. B., Sabik, H., Gariépy, C., Terra, N. N., and Arul, J. (2015). Determination of N-nitrosamines in processed meats by liquid extraction combined with gas chromatography-methanol chemical ionisation/mass spectrometry. *Food*

- Additives & Contaminants: Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 32(9), 1436-1447.
129. Ologhobo, A. D., Adegede, H. I., and Maduagwu, E. N. (1996). Occurrence of nitrate, nitrite and volatile nitrosamines in certain feedstuffs and animal products. *Nutrition and Health*, 11(2), 109-114.
 130. Iko Afe, O. H., Kpoclou, Y. E., Douny, C., Anihouvi, V. B., Igout, A., Mahillon, J., and Scippo, M. L. (2021). Chemical hazards in smoked meat and fish. *Food Science & Nutrition*, 9(12), 6903-6922.
 131. Roasa, J., Liu, H., and Shao, S. (2019). An optimised HS-SPME-GC-MS method for the detection of volatile nitrosamines in meat samples. *Food Additives & Contaminants: Part A Chem Anal Control Expo Risk Assess*, 36(3), 396-404.
 132. Mortensen, A., Aguilar, F., Crebelli, R., Di Domenico, A., Dusemund, B., and Younes, M. (2017). Re-evaluation of potassium nitrite (E 249) and sodium nitrite (E 250) as food additives. *Efsa Journal*, 15(6), e04786.
 133. Li, L., Wang, P., Xu, X., and 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), 560-565.
 134. Sindelar, J. J., and Milkowski, A. L. (2011). Sodium nitrite in processed meat and poultry meats: a review of curing and examining the risk/benefit of its use. *American Meat Science Association White Paper Series*, 3, 1-14.
 135. Qiu, J., Zhang, Y., Craven, C., Liu, Z., Gao, Y., and Li, X. F. (2020). Nontargeted identification of an N-heterocyclic compound in source water and wastewater as a precursor of multiple nitrosamines. *Environmental Science & Technology*, 55(1), 385-392.
 136. Zapico, A., Ruiz-Saavedra, S., Gómez-Martín, M., de Los Reyes-Gavilán, C. G., and González, S. (2022). Pilot study for the dietary assessment of xenobiotics derived from food processing in an adult Spanish sample. *Foods*, 11(3), 470.
 137. Griesenbeck, J. S., Brender, J. D., Sharkey, J. R., Steck, M. D., Huber, J. C., Rene, A. A., and National Birth Defects Prevention Study jdbrender@srph.tamhsc.edu. (2010). Maternal characteristics associated with the dietary intake of nitrates, nitrites, and nitrosamines in women of child-bearing age: a cross-sectional study. *Environmental Health*, 9, 1-17.
 138. Sen, N. P., Seaman, S., and McPherson, M. (1980). Further studies on the occurrence of volatile and non-volatile nitrosamines in foods. *IARC Scientific Publications*, (31), 457-465.
 139. Song, P., Wu, L., and Guan, W. (2015). Dietary nitrates, nitrites, and nitrosamines intake and the risk of gastric cancer: a meta-analysis. *Nutrients*, 7(12), 9872-9895.
 140. Jakszyn, P., Agudo, A., Berenguer, A., Ibáñez, R., Amiano, P., Pera, G., and Gonzalez, C. A. (2006). Intake and food sources of nitrites and N-nitrosodimethylamine in Spain. *Public Health Nutrition*, 9(6), 785-791.

141. Li, X., Bei, E., Qiu, Y., Xiao, H., Wang, J., Lin, P., and Chen, C. (2021). Intake of volatile nitrosamines by Chinese residents in different provinces via food and drinking water. *Science of the Total Environment*, 754, 142121.
142. Stephany, R. W., and Schuller, L. (1980). Daily dietary intakes of nitrate, nitrite and volatile N-nitrosamines in the Netherlands using the duplicate portion sampling technique. *Oncology*, 37(4), 203-210.
143. Siddiqi, M. A., Tricker, A. R., Kumar, R., Fazili, Z., and Preussmann, R. (1991). Dietary sources of N-nitrosamines in a high-risk area for oesophageal cancer--Kashmir, India. *IARC Scientific Publications*, (105), 210-213.
144. Sang, C., An, W., Han, M., and Yang, M. (2019). Health risk assessment on N-nitrosodimethylamine in drinking water and food in major cities of China with disability-adjusted life years (DALYs). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 170, 412-417.
145. Niklas, A. A., Borge, G. I. A., Rødbotten, R., Berget, I., Müller, M. H., Herrmann, S. S., and Kirkhus, B. (2023). Levels of nitrate, nitrite and nitrosamines in model sausages during heat treatment and in vitro digestion—The impact of adding nitrite and spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Research International*, 166, 112595.
146. Sung, N. J., Klausner, K. A., and Hotchkiss, J. H. (1991). Influence of nitrate, ascorbic acid, and nitrate reductase microorganisms on N-nitrosamine formation during Korean-style soysauce fermentation. *Food Additives & Contaminants*, 8(3), 291-298.
147. Baxter, E. D., Slaiding, I. R., and Travers, V. (2007). Current incidence of N-nitrosodimethylamine in beers worldwide. *Food Additives and Contaminants*, 24(8), 807-811.
148. De Stefani, E., Deneo-Pellegrini, H., Carzoglio, J. C., Ronco, A., and Mendilaharsu, M. (1996). Dietary nitrosodimethylamine and the risk of lung cancer: a case-control study from Uruguay. *Cancer epidemiology, biomarkers & prevention: a publication of the American Association for Cancer Research, cosponsored by the American Society of Preventive Oncology*, 5(9), 679-682.
149. Fristachi, A., and Rice, G. (2007). Estimation of the total daily oral intake of NDMA attributable to drinking water. *Journal of Water and Health*, 5(3), 341-355.
150. Lijinsky, W. (1999). N-Nitroso compounds in the diet. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 443(1-2), 129-138.
151. Groenen, P. J., Luten, J. B., Dhont, J. H., de Cock-Bethbeder, M. W., Prins, L. A., and Vreeken, J. W. (1982). Formation of volatile N-nitrosamines from food products, especially fish, under simulated gastric conditions. *IARC Scientific Publications*, (41), 99-112.
152. Kong, X., Zhuang, L. L., Fang, E., Lin, P., Zheng, Z., Zheng, X., and Xu, D. (2021). Determination of nine N-nitrosamines in animal derived foods by QuEChERS-isotope dilution combined with gas chromatography-tandem mass spectrometry. *Se pu= Chinese Journal of Chromatography*, 39(1), 96-103.

153. Sun, Y., Jiang, B., Wang, X., Liu, N., Yang, M., Wang, S., and Zhou, D. (2023). Occurrence of N-nitrosodimethylamine in roasted Alaska pollock fillets during processing and storage and preliminary cancer risk assessment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(14), 6940-6946.
154. Shen, Q., Zeng, X., Kong, L., Sun, X., Shi, J., Wu, Z., and Pan, D. (2023). Research progress of nitrite metabolism in fermented meat products. *Foods*, 12(7), 1485.
155. La Vecchia, C., D'Avanzo, B., Airoidi, L., Braga, C., and Decarli, A. (1995). Nitrosamine intake and gastric cancer risk. *European Journal of Cancer Prevention*, 4(6), 469-474.
156. Penttilä, P. L., Räsänen, L., and Kimppa, S. (1990). Nitrate, nitrite, and N-nitroso compounds in Finnish foods and the estimation of the dietary intakes. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 190(4), 336-340.
157. Dich, J., Järvinen, R., Knekt, P., and Penttilä, P. L. (1996). Dietary intakes of nitrate, nitrite and NDMA in the Finnish Mobile Clinic Health Examination Survey. *Food Addit Contam*, 13(5), 541-52.
158. Dietrich, M., Block, G., Pogoda, J. M., Buffler, P., Hecht, S., and -Martin, S. P. (2005). A review: dietary and endogenously formed N-nitroso compounds and risk of childhood brain tumors. *Cancer Causes & Control*, 16(6), 619-635.
159. Chen, L., Liu, R., Wu, M., Yu, H., Ge, Q., and Zhang, W. (2021). Nitrosamines and polycyclic aromatic hydrocarbons in smoke-cured bacon (Larou) of artisanal and industrial origin. *Foods*, 10(11), 2830.
160. Abdullah, A. T. M., Khan, T. A., Sharif, M., Mazumdar, R. M., and Rahman, M. M. (2022). Determination of dietary exposure and extraction efficiency of nitrosamine from cooked meat. *Current Research in Food Science*, 5, 491-497.
161. Weitzberg, E., and Lundberg, J. O. (2013). Novel aspects of dietary nitrate and human health. *Annual Review of Nutrition*, 33(1), 129-159.
162. Özbay, S., and Şireli, U. T. (2021). Volatile N-nitrosamines in processed meat products and salami from Turkey. *Food additives & contaminants: Part B Surveill*, 14(2), 110-114.
163. Ozel, M. Z., Gogus, F., Yagci, S., Hamilton, J. F., and Lewis, A. C. (2010). Determination of volatile nitrosamines in various meat products using comprehensive gas chromatography–nitrogen chemiluminescence detection. *Food and Chemical Toxicology*, 48(11), 3268-3273.
164. Kızılkaya, M. F., Oral, Z. F. Y., Sallan, S., Kaban, G., and Kaya, M. (2023). Volatile nitrosamines in a dry fermented sausage" sucuk": occurrence and effect of cooking on their formation. *Journal of Food Composition and Analysis*, 119, 105284.
165. Çelik, Ş. (2021). Hanehalkları kırmızı et tüketim alışkanlıkları üzerine bir araştırma: Doğrusal olmayan kanonik korelasyon uygulaması. *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 158-169.

166. Kızılaslan, H., ve Nalinci, S. (2013). Amasya ili merkez ilçedeki hanehalkının kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve kırmızı et tüketimini etkileyen faktörler. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, (3), 76-99.
167. Alparslan, Ö. S., ve Demirbaş, N. (2019). Sağlık meslek mensuplarının kırmızı et ve işlenmiş kırmızı et tüketim tercihleri. *Hayvansal Üretim*, 60(2), 105-110.
168. Kibar, M., Mikail, N., ve Yılmaz, A. (2019). Siirt ili Merkez ilçede kırmızı et tüketim alışkanlıkları ve tüketimi etkileyen faktörler. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 720-728.
169. Cebioğlu, İ. K., ve Önal, A. E. (2018). Gıda katkı maddesi içeren bazı besinlerin tüketiminin ve sağlığa etkilerinin araştırılması: gıdaların risk analizi. *Online Turkish Journal of Health Sciences*, 3(1), 21-35.
170. T.C. Sağlık Bakanlığı. (2019). *Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA)*. Ankara: Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Yayın No: 1132,.
171. Bayram, H. M., and Ozturkcan, A. (2022). Intake and risk assessment of nine priority food additives in Turkish adults. *Journal of Food Composition and Analysis*, 114, 104710.
172. Tricker, A. R., and Preussmann, R. (1991). Carcinogenic N-nitrosamines in the diet: occurrence, formation, mechanisms and carcinogenic potential. *Mutation Research/Genetic Toxicology*, 259(3-4), 277-289.
173. Said Abasse, K., Essien, E. E., Abbas, M., Yu, X., Xie, W., Sun, J., and Cote, A. (2022). Association between dietary nitrate, nitrite intake, and site-specific cancer risk: a systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 14(3), 666.
174. Feskens, E. J., Sluik, D., and van Woudenberg, G. J. (2013). Meat consumption, diabetes, and its complications. *Current Diabetes Reports*, 13, 298-306.
175. Jakszyn, P., and González, C. A. (2006). Nitrosamine and related food intake and gastric and oesophageal cancer risk: a systematic review of the epidemiological evidence. *World Journal of Gastroenterology*, 12(27), 4296-4303.
176. World Health Organization. (2023). *ARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans*. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer, 132.
177. Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., and Grasl-Kraupp, B. (2023). Risk assessment of N-nitrosamines in food. *Efsa Journal*, 21(3), e07884.
178. European Medicines Agency. (2015). *Guideline ICH M7 (R1) - Assessment and Control of DNA Reactive (Mutagenic) Impurities in Pharmaceuticals to Limit Potential Carcinogenic Risk*. In International conference on harmonization of technical requirements for registration of pharmaceuticals for human use (ICH): Geneva.

179. Bercu, J. P., Masuda-Herrera, M., Trejo-Martin, A., Sura, P., Jolly, R., Kenyon, M., and Weaver, R. J. (2023). Acceptable intakes (AIs) for 11 small molecule N-nitrosamines (NAs). *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 142, 105415.
180. World Health Organization. (2019). *Information Note Nitrosamine Impurities*. World Health Organization, Geneva.
181. Baralić, K., Javorac, D., Antonijević, E., Buha-Đorđević, A., Ćurčić, M., Đukić-Ćosić, D., and Antonijević, B. (2020). Relevance and evaluation of the benchmark dose in toxicology. *Arhiv za Farmaciju*, 70(3), 130-141.
182. Hinojosa-Nogueira, D., Muros, J. J., Navajas-Porras, B., Delgado-Osorio, A., Pérez-Burillo, S., Pastoriza, S., and Rufián-Henares, J. Á. (2023). Development of a food composition database of different food contaminants CONT11 and estimation of dietary exposure in children of southern Spain. *Food and Chemical Toxicology*, 177, 113843.
183. Gushgari, A. J., and Halden, R. U. (2018). Critical review of major sources of human exposure to N-nitrosamines. *Chemosphere*, 210, 1124-1136.
184. Kaur, R., Kaur, L., Gupta, T. B., Singh, J., and Bronlund, J. (2022). Multitarget preservation technologies for chemical-free sustainable meat processing. *Journal of Food Science*, 87(10), 4312-4328.
185. Di Nunzio, M., Loffi, C., Montalbano, S., Chiarello, E., Dellaflora, L., Picone, G., and Bordoni, A. (2022). Cleaning the label of cured meat; Effect of the replacement of nitrates/nitrites on nutrients bioaccessibility, peptides formation, and cellular toxicity of in vitro digested salami. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(20), 12555.
186. Hammes, W. P. (2012). Metabolism of nitrate in fermented meats: The characteristic feature of a specific group of fermented foods. *Food Microbiology*, 29(2), 151-156.
187. Shakil, M. H., Trisha, A. T., Rahman, M., Talukdar, S., Kobun, R., Huda, N., and Zzaman, W. (2022). Nitrites in cured meats, health risk issues, alternatives to nitrites: A review. *Foods*, 11(21), 3355.
188. Shakil, M. H., Trisha, A. T., Rahman, M., Talukdar, S., Kobun, R., Huda, N., and Zzaman, W. (2022). Nitrites in cured meats, health risk issues, alternatives to nitrites: A review. *Foods*, 11(21), 3355.
189. Özbay, S., and Şireli, U. T. (2022). The effect of ascorbic acid, storage period and packaging material on the formation of volatile N-nitrosamine in sausages. *Journal of Food Science and Technology*, 59(5), 1823-1830.
190. Deng, S., Shi, S., and Xia, X. (2022). Effect of plant polyphenols on the physicochemical properties, residual nitrites, and N-nitrosamine formation in dry-fried bacon. *Meat Science*, 191, 108872.
191. Gao, X., Xia, L., Fan, Y., Jin, C., Xiong, G., Hao, X., and Lian, W. (2022). Evaluation of coloration, nitrite residue and antioxidant capacity of theaflavins, tea polyphenols in cured sausage. *Meat Science*, 192, 108877.

192. Keuleyan, E., Bonifacie, A., Gatellier, P., Ferreira, C., Blinet, S., Promeyrat, A., and Théron, L. (2021). Design of an in vitro model to screen the chemical reactivity induced by polyphenols and vitamins during digestion: an application to processed meat. *Foods*, 10(9), 2230.
193. Robach, M. C., and Sofos, J. N. (1982). Use of sorbates in meat products, fresh poultry and poultry products: A review. *Journal of Food Protection*, 45(4), 374-383.
194. Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., and Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón”(Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science*, 80(2), 410-417.
195. Xiong, Y. L. (2017). Inhibition of hazardous compound formation in muscle foods by antioxidative phytophenols. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1398(1), 37-46.
196. Zhou, Y., Wang, Q., and Wang, S. (2020). Effects of rosemary extract, grape seed extract and green tea polyphenol on the formation of N-nitrosamines and quality of western-style smoked sausage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6), e14459.
197. Lu, M. J., and Chen, C. (2007). Enzymatic tannase treatment of green tea increases in vitro inhibitory activity against N-nitrosation of dimethylamine. *Process Biochemistry*, 42(9), 1285-1290.
198. Niklas, A. A., Borge, G. I. A., Rødbotten, R., Berget, I., Müller, M. H., Herrmann, S. S., and Kirkhus, B. (2023). Levels of nitrate, nitrite and nitrosamines in model sausages during heat treatment and in vitro digestion—The impact of adding nitrite and spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food Research International*, 166, 112595.
199. Iwatani, S., and Yamamoto, N. (2019). Functional food products in Japan: A review. *Food Science and Human Wellness*, 8(2), 96-101.
200. Stein, A. J., and Rodríguez-Cerezo, E. (2008). *Functional food in the European Union, a report based on the ESTO study Functional Food in European Union*. European Commission JRC IPTS, Seville.
201. Food and Agriculture Organization of the United Nations, *FAO Terminology Portal*.
202. Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Functional foods*.
203. Rana, A., Samtiya, M., Dhewa, T., Mishra, V., and Aluko, R. E. (2022). Health benefits of polyphenols: A concise review. *Journal of Food Biochemistry*, 46(10), e14264.
204. Vardhan, P. V., and Shukla, L. I. (2017). Gamma irradiation of medicinally important plants and the enhancement of secondary metabolite production. *International Journal of Radiation Biology*, 93(9), 967-979.
205. Zeb, A. (2020). Concept, mechanism, and applications of phenolic antioxidants in foods. *Journal of Food Biochemistry*, 44(9), e13394.

206. Kim, H. H., Jeong, S. H., Park, M. Y., Bhosale, P. B., Abusaliya, A., Kim, H. W., and Kim, G. S. (2023). Antioxidant effects of phenolic compounds in through the distillation of *Lonicera japonica* & Chenpi extract and anti-inflammation on skin keratinocyte. *Scientific Reports*, 13(1), 20883.
207. Chen, X., Lan, W., and Xie, J. (2024). Natural phenolic compounds: Antimicrobial properties, antimicrobial mechanisms, and potential utilization in the preservation of aquatic products. *Food Chemistry*, 440, 138198.
208. Lobiuc, A., Pavăl, N. E., Mangalagiu, I. I., Gheorghită, R., Teliban, G. C., Amăriucăi-Mantu, D., and Stoleru, V. (2023). Future antimicrobials: Natural and functionalized phenolics. *Molecules*, 28(3), 1114.
209. Pasrija, D., Ezhilarasi, P. N., Indrani, D., and Anandharamakrishnan, C. (2015). Microencapsulation of green tea polyphenols and its effect on incorporated bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 64(1), 289-296.
210. Czajkowska-González, Y. A., Alvarez-Parrilla, E., del Rocío Martínez-Ruiz, N., Vázquez-Flores, A. A., Gaytán-Martínez, M., and de la Rosa, L. A. (2021). Addition of phenolic compounds to bread: antioxidant benefits and impact on food structure and sensory characteristics. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3(1), 25-37.
211. Maqsood, S., Benjakul, S., and Shahidi, F. (2013). Emerging role of phenolic compounds as natural food additives in fish and fish products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(2), 162-179.
212. Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Carocho, M., Oliveira, M. B. P., and Ferreira, I. C. (2016). Fortification of yogurts with different antioxidant preservatives: A comparative study between natural and synthetic additives. *Food Chemistry*, 210, 262-268.
213. Pillai, D. S., Prabhasankar, P., Jena, B. S., and Anandharamakrishnan, C. (2012). Microencapsulation of *Garcinia cowa* fruit extract and effect of its use on pasta process and quality. *International Journal of Food Properties*, 15(3), 590-604.
214. Deng, S., Shi, S., and Xia, X. (2022). Effect of plant polyphenols on the physicochemical properties, residual nitrites, and N-nitrosamine formation in dry-fried bacon. *Meat Science*, 191, 108872.
215. Gao, X., Xia, L., Fan, Y., Jin, C., Xiong, G., Hao, X., and Lian, W. (2022). Evaluation of coloration, nitrite residue and antioxidant capacity of theaflavins, tea polyphenols in cured sausage. *Meat Science*, 192, 108877.
216. Wang, Y., Li, F., Zhuang, H., Chen, X., Li, L., Qiao, W., and Zhang, J. (2015). Effects of plant polyphenols and α -tocopherol on lipid oxidation, residual nitrites, biogenic amines, and N-nitrosamines formation during ripening and storage of dry-cured bacon. *LWT-Food Science and Technology*, 60(1), 199-206.
217. Zhou, Q., Mo, M., Wang, A., Tang, B., and He, Q. (2023). Changes in N-nitrosamines, residual nitrites, lipid oxidation, biogenic amines, and microbiota in chinese sausages following treatment with tea polyphenols and their palmitic acid-modified derivatives. *Journal of Food Protection*, 86(5), 100072.

218. Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., and Pérez-Álvarez, J. A. (2010). Effect of adding citrus fibre washing water and rosemary essential oil on the quality characteristics of a bologna sausage. *LWT-Food Science and Technology*, 43(6), 958-963.
219. Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., Sayas, E., Viuda-Martos, M., and Alvarez, J. A. P. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(4), 748-756.
220. Fernández-López, J., Viuda-Martos, M., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., and Pérez-Alvarez, J. A. (2007). Orange fibre as potential functional ingredient for dry-cured sausages. *European Food Research and Technology*, 226, 1-6.
221. Sayas-Barberá, E., Viuda-Martos, M., Fernández-López, F., Pérez-Alvarez, J. A., and Sendra, E. (2012). Combined use of a probiotic culture and citrus fiber in a traditional sausage 'Longaniza de Pascua'. *Food Control*, 27(2), 343-350.
222. Garrote, G., Cruz, J. M., Moure, A., Dominguez, H., and Parajó, J. C. (2004). Antioxidant activity of byproducts from the hydrolytic processing of selected lignocellulosic materials. *Trends in Food Science & Technology*, 15(3-4), 191-200.
223. Mihaylova, D., Desseva, I., Stoyanova, M., Petkova, N., Terzyiska, M., and Lante, A. (2021). Impact of in vitro gastrointestinal digestion on the bioaccessibility of phytochemical compounds from eight fruit juices. *Molecules*, 26(4), 1187.
224. Karki, N., Achhami, H., Pachhai, B. B., Bhattarai, S., Shahi, D. K., Bhatt, L. R., and Joshi, M. K. (2024). Evaluating citrus juice: A comparative study of physicochemical, nutraceutical, antioxidant, and antimicrobial properties of citrus juices from Nepal. *Heliyon*, 10(23), e40773.
225. Yarkwan, B., and Oketunde, O. (2016). A study of the nutritional composition of freshly squeezed and processed orange juices. *Food Science and Quality Management*, 48, 126-132.
226. Raees-ul, H., and Prasad, K. (2015). Nutritional and processing aspects of carrot (*Daucus carota*)-A review. *South Asian Journal of Food Technology and Environment*, 1(1), 1-14.
227. Singh, B. K., Koley, T. K., Maurya, A., Singh, P. M., and Singh, B. (2018). Phytochemical and antioxidative potential of orange, red, yellow, rainbow and black coloured tropical carrots (*Daucus carota* subsp. *sativus* Schubl. & Martens). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 24(5), 899-907.
228. Kyslychenko, V., Protska, V., Horiacha, L., Liaudanskas, M., Zvikas, V., Trumbeckaite, S., and Filyanina, N. (2022). A Study of Phenolic Bioactive Compounds Of *Daucus Carota* Subsp. *Sativus* Fruits of Yaskrava, Nantska Kharkivska and Olenka Species and Of *Dauci Carotae* Subsp. *Sativi* Fructuum Extractum Siccum. *European Pharmaceutical Journal*, 69(1), 16-26.
229. Raczyk, M., Kruszewski, B., and Zachariasz, E. (2022). Effect of tomato, beetroot and carrot juice addition on physicochemical, antioxidant and texture properties of wheat bread. *Antioxidants*, 11(11), 2178.

230. Osmólska, E., Stoma, M., Sagan, A., Chudzik, B., and Starek-Wójcicka, A. (2022). Effect of Supplementation of Freshly Pressed Carrot Juice with *Rhus coriaria* L. on Changes in Juice Quality. *Sustainability*, 15(1), 719.
231. Frąckiewicz, J. (2021). The nutritional and health value of fruit, vegetable and fruit-vegetable juices®. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, (1), 112-119.
232. Vučić, V., Grabež, M., Trchounian, A., and Arsić, A. (2019). Composition and potential health benefits of pomegranate: a review. *Current Pharmaceutical Design*, 25(16), 1817-1827.
233. Yang, X., Niu, Z., Wang, X., Lu, X., Sun, J., Carpena, M., and Li, N. (2023). The nutritional and bioactive components, potential health function and comprehensive utilization of pomegranate: a review. *Food Reviews International*, 39(9), 6420-6446.
234. Badr, A. N., Ali, H. S., Abdel-Razek, A. G., Shehata, M. G., and Albaridi, N. A. (2020). Bioactive components of pomegranate oil and their influence on mycotoxin secretion. *Toxins*, 12(12), 748.
235. Opara, L. U., Al-Ani, M. R., and Al-Shuaibi, Y. S. (2009). Physico-chemical properties, vitamin C content, and antimicrobial properties of pomegranate fruit (*Punica granatum* L.). *Food and Bioprocess Technology*, 2, 315-321.
236. Tezcan, F., Gültekin-Özgüven, M., Diken, T., Özçelik, B., and Erim, F. B. (2009). Antioxidant activity and total phenolic, organic acid and sugar content in commercial pomegranate juices. *Food Chemistry*, 115(3), 873-877.
237. El Kar, C., Ferchichi, A., Attia, F., and Bouajila, J. (2011). Pomegranate (*Punica granatum*) juices: chemical composition, micronutrient cations, and antioxidant capacity. *Journal of food Science*, 76(6), 795-800.
238. Cava, R., and Ladero, L. (2023). Pomegranate peel as a source of antioxidants for the control of lipid and protein oxidation during the ripening of Iberian dry uncured sausages. *Meat Science*, 202, 109198.
239. Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Martín-Sánchez, A., Sánchez-Zapata, E., Fernández-López, J., Sendra, E., and Pérez-Álvarez, J. A. (2012). Chemical, physico-chemical and functional properties of pomegranate (*Punica granatum* L.) bagasses powder co-product. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 220-224.
240. Shaban, N. Z., El-Kersh, M. A., El-Rashidy, F. H., and Habashy, N. H. (2013). Protective role of *Punica granatum* (pomegranate) peel and seed oil extracts on diethylnitrosamine and phenobarbital-induced hepatic injury in male rats. *Food Chemistry*, 141(3), 1587-1596.
241. Ho, K. K., Haufe, T. C., Ferruzzi, M. G., and Neilson, A. P. (2018). Production and polyphenolic composition of tea. *Nutrition Today*, 53(6), 268-278.
242. Unachukwu, U. J., Ahmed, S., Kavalier, A., Lyles, J. T., and Kennelly, E. J. (2010). White and green teas (*Camellia sinensis* var. *sinensis*): variation in phenolic, methylxanthine, and antioxidant profiles. *Journal of Food Science*, 75(6), 541-548.

243. Carloni, P., Tiano, L., Padella, L., Bacchetti, T., Customu, C., Kay, A., and Damiani, E. (2013). Antioxidant activity of white, green and black tea obtained from the same tea cultivar. *Food Research International*, 53(2), 900-908.
244. Venditti, E., Bacchetti, T., Tiano, L., Carloni, P., Greci, L., and Damiani, E. (2010). Hot vs. cold water steeping of different teas: do they affect antioxidant activity?. *Food Chemistry*, 119(4), 1597-1604.
245. Yashin, A., Yashin, Y., and Nemzer, B. (2011). Determination of antioxidant activity in tea extracts, and their total antioxidant content. *American journal of biomedical sciences*, 3(4), 322-335.
246. Shannon, E., Jaiswal, A. K., and Abu-Ghannam, N. (2017). Polyphenolic content and antioxidant capacity of white, green, black, and herbal teas: a kinetic study. *Food Research* 2(1), 1-11.
247. Choi, S. Y., Chung, M. J., and Sung, N. J. (2002). Volatile N-nitrosamine inhibition after intake Korean green tea and Maesil (*Prunus mume* SIEB. et ZACC.) extracts with an amine-rich diet in subjects ingesting nitrate. *Food and Chemical Toxicology*, 40(7), 949-957.
248. Lucas-González, R., Viuda-Martos, M., Pérez-Alvarez, J. A., and Fernández-López, J. (2018). In vitro digestion models suitable for foods: Opportunities for new fields of application and challenges. *Food Research International*, 107, 423-436.
249. Li, C., Yu, W., Wu, P., and Chen, X. D. (2020). Current in vitro digestion systems for understanding food digestion in human upper gastrointestinal tract. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 114-126.
250. Alegría, A., Garcia-Llatas, G., and Cilla, A. (2015). Static digestion models: General introduction. K. Verhoeckx (Eds.). *The impact of food bioactives on health: In vitro and ex vivo models*. Cham: Springer International Publishing, 3-12.
251. Xin, M., Zhao, M., Tian, J., and Li, B. (2023). Guidelines for in vitro simulated digestion and absorption of food. *Food Frontiers*, 4(1), 524-532.
252. Lee, E. H., Cha, K. H., Vuong, T. T., Kim, S. M., and Pan, C. H. (2018). Comparison of static and dynamic in vitro digestion models to estimate the bioaccessibility of lutein in lutein-rich foods. *Applied Biological Chemistry*, 61(4), 441-447.
253. Brodkorb, A., Egger, L., Alminger, M., Alvito, P., Assunção, R., Ballance, S., and Recio, I. (2019). INFOGEST static in vitro simulation of gastrointestinal food digestion. *Nature Protocols*, 14(4), 991-1014.
254. Minekus, M., Alminger, M., Alvito, P., Ballance, S., Bohn, T., Bourlieu, C., and Brodkorb, A. (2014). A standardised static in vitro digestion method suitable for food—an international consensus. *Food & Function*, 5(6), 1113-1124.
255. Dima, C., Assadpour, E., Dima, S., and Jafari, S. M. (2020). Bioavailability and bioaccessibility of food bioactive compounds; overview and assessment by in vitro methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(6), 2862-2884.

256. Le Feunteun, S., Verkempinck, S., Floury, J., Janssen, A., Kondjoyan, A., Marze, S., and Grauwet, T. (2021). Mathematical modelling of food hydrolysis during in vitro digestion: From single nutrient to complex foods in static and dynamic conditions. *Trends in Food Science & Technology*, 116, 870-883.
257. T.C. Sağlık Bakanlığı. (2022). *Türkiye Beslenme Rehberi (TÜBER) 2022*. Ankara: Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü. Yayın No: 1031.
258. Komarova, N. V., and Velikanov, A. A. (2001). Determination of volatile N-nitrosamines in food by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Analytical Chemistry*, 56(4), 359-363.
259. Cardenes, L., Ayala, J. H., González, V., and Afonso, A. M. (2002). Fast microwave-assisted dansylation of N-nitrosamines: Analysis by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 946(1-2), 133-140.
260. Food Safety and Inspection Service (2020). *How Temperatures Affect Food*.
261. Food Safety and Inspection Service (2024). *Doneness Versus Safety*.
262. Lee, S. J., Lee, S. Y., Chung, M. S., and Hur, S. J. (2016). Development of novel in vitro human digestion systems for screening the bioavailability and digestibility of foods. *Journal of Functional Foods*, 22, 113-121.
263. Gökmen, V., Kahraman, N., Demir, N., and Acar, J. (2000). Enzymatically validated liquid chromatographic method for the determination of ascorbic and dehydroascorbic acids in fruit and vegetables. *Journal of Chromatography A*, 881(1-2), 309-316.
264. Zhang, D., and Hamauzu, Y. (2004). Phenolics, ascorbic acid, carotenoids and antioxidant activity of broccoli and their changes during conventional and microwave cooking. *Food Chemistry*, 88(4), 503-509.
265. Kumaran, A. (2006). Antioxidant and free radical scavenging activity of an aqueous extract of *Coleus aromaticus*. *Food Chemistry*, 97(1), 109-114.
266. Singleton, V. L., and Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
267. Herrmann, S. S., Duedahl-Olesen, L., Christensen, T., Olesen, P. T., and Granby, K. (2015). Dietary exposure to volatile and non-volatile N-nitrosamines from processed meat products in Denmark. *Food and Chemical Toxicology*, 80, 137-143.
268. Lee, H. S. (2019). Literature compilation of volatile N-nitrosamines in processed meat and poultry products-an update. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 36(10), 1491-1500.
269. Cintya, H., Silalahi, J., Putra, E. D. L., and Siburian, R. (2019). Analysis of nitrosamines in processed meat products in Medan city by liquid chromatography-mass spectrometry. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 7(8), 1382-1387.

270. Özbay, S., and Şireli, U. T. (2021). Volatile N-nitrosamines in processed meat products and salami from Turkey. *Food Additives & Contaminants: Part B*, 14(2), 110-114.
271. Niklas, A. A., Herrmann, S. S., Pedersen, M., Jakobsen, M., and Duedahl-Olesen, L. (2022). The occurrence of volatile and non-volatile N-nitrosamines in cured meat products from the Danish market. *Food Chemistry*, 378, 132046.
272. Sen, N. P., Iyengar, J. R., Miles, W. F., and Panalaks, T. (1976). Nitrosamines in cured meat products. *IARC Scientific Publications*, (14), 333-342.
273. Wang, W., Kou, Y., Du, Y., Li, M., Zhang, J., Yan, A., and Shen, M. (2023). Investigation on the contents of N ϵ -carboxymethyllysine, N ϵ -carboxyethyllysine, and N-nitrosamines in commercial sausages on the Chinese market. *Foods*, 12(4), 724.
274. Walters, C. L., Edwards, M. W., Elsey, T. S., and Martin, M. (1976). The effect of antioxidants on the production of volatile nitrosamines during the frying of bacon. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und-Forschung*, 162(4), 377-385.
275. Greenberg, R. A. (1973). Ascorbate and nitrosamine formation in cured meats. *Proceedings of the Second International Symposium on Nitrite in Meat Products*, 179-184.
276. Li, L., Shao, J., Zhu, X., Zhou, G., and Xu, X. (2013). Effect of plant polyphenols and ascorbic acid on lipid oxidation, residual nitrite and N-nitrosamines formation in dry-cured sausage. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(6), 1157-1164.
277. Fernández-López, J., Sendra, E., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., and Pérez-Alvarez, J. A. (2008). Physico-chemical and microbiological profiles of “salchichón”(Spanish dry-fermented sausage) enriched with orange fiber. *Meat Science*, 80(2), 410-417.
278. Knez, E., Kadac-Czapska, K., Dmochowska-Ślęzak, K., and Grembecka, M. (2022). Root vegetables—Composition, health effects, and contaminants. *International journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23), 15531.
279. Rosier, B. T., Takahashi, N., Zaura, E., Krom, B. P., Martínez-Espinosa, R. M., van Breda, S. G., and Mira, A. (2022). The importance of nitrate reduction for oral health. *Journal of Dental Research*, 101(8), 887-897.
280. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. (2013). *Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliği*. (Resmi Gazete, 30 Haziran 2013, Sayı: 28693).
281. Forgione, G., De Cristofaro, G. A., Sateriale, D., Pagliuca, C., Colicchio, R., Salvatore, P., and Pagliarulo, C. (2024). Pomegranate peel and olive leaf extracts to optimize the preservation of fresh meat: natural food additives to extend shelf-life. *Microorganisms*, 12(7), 1303.
282. Xie, Z., Li, X., Tang, R., Wang, G., Lu, Y., Li, X., and He, Q. (2019). Reactions of polyphenols in pomegranate peel with nitrite under simulated stomach conditions. *Food Science & Nutrition*, 7(9), 3103-3109.

283. Li, L., Wang, P., Xu, X., and 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), 560-565.





ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DEVECİ, Gülsüm
Uyruk : T.C.

Eğitim

Derece	Eğitim Yeri	Mezuniyet Bilgisi
Doktora	Gazi Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı	Devam Ediyor
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı	2018
Lisans	Erciyes Üniversitesi / Beslenme ve Diyetetik Bölümü	2014
Lise	Meram Anadolu Lisesi	2007

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2024-devam ediyor	Çankırı Karatekin Üniversitesi	Akademisyen
2016-2024	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi
2015-2016	Çankırı Karatekin Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

Projelerde Yaptığı Görevler

1. Ankara'da Satılan, Farklı Isıl İşlemler Uygulanmış Sütlerin Ph, Asitlik ve Kuru Madde Tayininin Değerlendirilmesi, TÜBİTAK PROJESİ, Danışman: GÜLSÜM DEVECİ, Yürütücü: Gamze Sezer, Araştırmacı: Deniz Çevik, 29/09/2023 (Devam Ediyor) (ULUSAL)
2. Bebek ve Devam Formüllerinde miR148a Ekspresyonunun Değerlendirilmesi, Yükseköğretim Kurumları tarafından destekli bilimsel araştırma projesi, Yürütücü: Duygu Ağagündüz, Araştırmacı: Gülsüm Deveci, Araştırmacı: Elif Çelik, Araştırmacı: Özge Cemali, Araştırmacı: İbrahim Murat Hırfanoğlu, Araştırmacı: Eray Esra Önal, 18/12/2023 – 30/10/2024 (ULUSAL)

Uluslararası Hakemli Dergilerde Yayımlanan Makaleler

1. Cemali Özge, Çelik Elif, Deveci Gülsüm, Hırfanoğlu İbrahim Murat, Önal Eray Esra, and Duygu Ağagündüz (2025). Detection and quantification of miRNA 148a expression in infant formulas. Journal of Food Science, 2025. 90(1): p. e17648. Doi: 10.1111/1750-3841.17648.

2. Deveci Gülsüm, and Acar Tek Nilüfer (2025). Review on Critical Factor in Monocyte Adhesion: Nutrients. *Cytokine*, 2025. 186: p. 156845. Doi: 10.1016/j.cyto.2024.156845.
3. Çelik Elif, Cemali Özge, Şahin Teslime Özge, Deveci Gülsüm, Çakır Biçer Nihan, Hırfanoğlu İbrahim Murat, Ağagündüz Duygu, Budán Ferenc (2024). Human Breast Milk Exosomes: Affecting Factors, Their Possible Health Outcomes, and Future Directions in Dietetics. *Nutrients*, 16(20), 3519, Doi: 10.3390/nu16203519 (Yayın No: 9133854)
4. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2023). N-Nitrosamines: a potential hazard in processed meat products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(5), 2551-2560., Doi: 10.1002/jsfa.13102 (Yayın No: 8926388).
5. Deveci Gülsüm, Çelik Elif, Ağagündüz Duygu, Bartkiene Elena, Rocha João Miguel F., ÖZOĞUL FATİH (2023). Certain Fermented Foods and Their Possible Health Effects with a Focus on Bioactive Compounds and Microorganisms. *Fermentation*, Doi: 10.3390/fermentation9110923 (Yayın No: 8926399)
6. Deveci Gülsüm, Çelik Elif, Cemali Özge, Şahin Teslime Özge, Bayazıt Ayşe Derya, Özbay Sena, Ağagündüz Duygu, Gezmen Karadağ Makbule (2023). Determination of Caffeine Amount of Organic and Conventional Coffees. *Records of Agricultural and Food Chemistry*, 3, 14-20., Doi: 10.25135/rfac.17.2305.2780 (Yayın No: 8473768)
7. Deveci Gülsüm, Capasso Raffaele, Ağagündüz Duygu (2023). Xeno-miRs and Circulating miRNAs as Novel Biomarkers in Certain Diseases. *Biologics*, 3(1), 1-10., Doi: 10.3390/biologics3010001 (Yayın No: 7996512)
8. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2019). A Mini Review of Astaxanthin and Oxidative Stress in Aging. *Journal of Aging ScienceOpen Access*, 7(3), 1-12. (Yayın No: 5507682)

Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitaplarında Basılan Bildiriler

1. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2022). Besinler ile Nitrozaminlerin İnhibisyonu. 4th INTERNATIONAL CONGRESS ON NUTRITION OBESITY AND COMMUNITY HEALTH (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8161128)
2. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2022). Besinler ile Nitrozaminlerin İnhibisyonu. 4.ULUSLARARASI TIP BİLİMLERİ VE MULTİDİSİPLİNER YAKLAŞIMLAR KONGRESİ / 4th INTERNATIONAL CONGRESS ON MEDICAL SCIENCES AND MULTIDISCIPLINARY APPROACHES (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 7656878)
3. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2022). Besin Öğelerinin Monosit Adezyonu Üzerine Etkisi. 4.ULUSLARARASI TIP BİLİMLERİ VE MULTİDİSİPLİNER YAKLAŞIMLAR KONGRESİ / 4th INTERNATIONAL CONGRESS ON MEDICAL SCIENCES AND MULTIDISCIPLINARY APPROACHES (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 7656879)

4. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2022). Besin Öğelerinin Monosit Adezyonu Üzerine Etkileri. 4th INTERNATIONAL CONGRESS ON MEDICAL SCIENCES AND MULTIDISCIPLINARY APPROACHES,, 706-711. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8059177)
5. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2023). Bebek Gıdalarında Patulin. 6.ULUSLARARASI TIP BİLİMLERİ VE MULTİDİSİPLİNER YAKLAŞIMLAR KONGRESİ / 6th International Congress on Medical Sciences and Multidisciplinary Approaches, 196-201. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8327142)
6. Deveci Gülsüm, Çelik Elif, Cemali Özge, Şahin Teslime Özge, Bayazıt Ayşe Derya, Özbay Sena, Ağagündüz Duygu, Gezmen Karadağ Makbule (2023). Determination of Caffeine Amount of Organic and Non-Organic Coffees. 2. International Food Chemistry Congress, Antalya, Türkiye, 3, Doi: 10.25135/rfac.16.2303.0001 (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8410678)
7. Deveci Gülsüm, Çelik Elif, Cemali Özge, Şahin Teslime Özge, Bayazıt Ayşe Derya, Özbay Sena, Ağagündüz Duygu, Gezmen Karadağ Makbule (2023). Organik ve Organik Olmayan Kahvelerin Kafein Miktarlarının Belirlenmesi. 2. Uluslararası Gıda Kimyası Kongresi, 3, Doi: 10.25135/rfac.2023.2nd.OP71 (Özet Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8262056)
8. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer (2023). Omentin, Glukoz Metabolizması ve İnsülin Direnci. 6.ULUSLARARASI TIP BİLİMLERİ VE MULTİDİSİPLİNER YAKLAŞIMLAR KONGRESİ / 6th International Congress on Medical Sciences and Multidisciplinary Approaches, 192-195. (Tam Metin Bildiri/Sözlü Sunum) (Yayın No: 8327136)
9. Deveci Gülsüm, Şanlıer Nevin (2018). Inverse Relationship Between Body Fat Percentage and Waist Circumference Serum IL-4 Levels in Colorectal Cancer Patients. 40th ESPEN Congress (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 4390385)
10. Deveci Gülsüm, Şanlıer Nevin (2018). Effect of Body Fat Percentage in Colorectal Cancer Patients on Cancer Stage. 40th ESPEN Congress (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 4390346)
11. Deveci Gülsüm, Şanlıer Nevin (2018). Sitting Time, Walking, Moderate and Intensity Exercise May Effect Serum IL-4 and IL-6 Levels in Colorectal Cancer Patients. 40th ESPEN Congress (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 4390376)
12. Deveci Gülsüm, Şanlıer Nevin (2017). Dietary Inflammatory Index in Patients With Colorectal Cancer. WORLD CONGRESS ON NUTRITION AND OBESITY PREVENION SOURCE (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 4390404)
13. Arslan Neslihan, Akbulut Gamze, Tek Nilüfer, Deveci Gülsüm (2017). Spirulina ve Sağlık Üzerine Etkileri. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3493638)
14. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer, Akbulut Gamze, Arslan Neslihan (2017). Potential Effects of Astaxanthin in The Prevention of Diseases. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3493868)

15. Arslan Neslihan, Akbulut Gamze, Tek Nilüfer, Deveci Gülsüm (2017). A Review of Dietary Total Antioxidant Capacity and Coronary Artery Disease. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3493642)
16. Deveci Gülsüm, Tek Nilüfer, Akbulut Gamze, Arslan Neslihan (2017). Astaxanthin, Oxidative Stress and Senescence. Uluslararası Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Kongresi (Özet Bildiri/Poster) (Yayın No: 3493866)

Hobiler

Keman çalmak, fotoğraf çekmek, tenis oynamak





GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR..