



T.C.  
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

TÜKETİME SUNULAN SALAM VE SOSİSLERDE NİTRİT DÜZEYLERİNİN  
ARAŞTIRILMASI

Kartal ÇETİNKAYA

DANIŞMAN  
Prof. Dr. Hilal ÇOLAK

II. DANIŞMAN  
Prof. Dr. Hamparsun HAMPIKYAN

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi, Tezli Yüksek Lisans Programı

Nisan, 2024

## TEZ KABUL VE ONAYI

**Kartal Çetinkaya** tarafından, **Prof. Dr. Hilal ÇOLAK** danışmanlığında hazırlanan "**TÜKETİME SUNULAN SALAM ve SOSİSLERDE NİTRİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**" başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından **30/04/2024** tarihinde yapılan sınav sonucunda **oy birliği** ile başarılı bulunarak **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

### Tez Jürisi

	İmza	Sonuç
<b>DANIŞMAN</b>	Prof. Dr. Hilal ÇOLAK İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Veterinerlik Besin Gıda Hijyeni Ve Teknolojisi Anabilim Dalı	<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>ÜYE</b>	Prof. Dr. Ömer ÇETİN Rumeli Üniversitesi Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı	<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
<b>ÜYE</b>	Prof. Dr. Enver Barış BİNGÖL İstanbul Üniversitesi- Cerrahpaşa Veterinerlik Besin Gıda Hijyeni Ve Teknolojisi Anabilim Dalı	<input type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

## **BEYAN**

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve bilimsel etik kuralları içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını ve her türlü hukuki sorumluluğu aldığımı kabul ederim.

Kartal ÇETİNKAYA

## **ITHAF**

Aileme ve öğretmenlerime ithaf ediyorum.

## **BÜTÇE DESTEKLERİ**

### **TÜKETİME SUNULAN SALAM ve SOSİSLERDE NİTRİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Bu tez çalışması için herhangi bir kurumdan bütçe desteği alınmamıştır.



## TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında ve tez sürecinde bana yardım eden hocalarım sayın Prof. Dr. Hilal ÇOLAK ve sayın Prof. Dr. Hamparsun HAMPİKYAN'a ve tüm diğer bölüm hocalarım ile desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Nisan 2024

Kartal ÇETİNKAYA



# İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa No</b>
TEZ KABUL VE ONAYI.....	ii
BEYAN .....	iii
BÜTÇE DESTEKLERİ .....	v
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ.....	xi
ÖZET .....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
1. GİRİŞ .....	1
2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE.....	4
2.1. SALAM - SOSİS ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİ .....	4
2.2. SALAM VE SOSİS ÜRETİMİNDE ET EMÜLSİYONLARI .....	5
2.2.1. Emülsiyon Stabilitesi.....	5
2.2.2. Emülsiyon Kapasitesi .....	6
2.2.3. Emülsiyon Viskozitesi.....	6
2.2.4. Emülsiyon Jel Kuvveti .....	6
2.2.5. Emülgatörler .....	6
2.3. SALAM VE SOSİS ÜRETİM TEKNOLOJİSİ .....	7
2.4. DÜNYA GENELİNDE TÜKETİLEN SALAM VE SOSİS ÇEŞİTLERİ.....	13
2.5. SALAM VE SOSİSTE BOZULMA .....	15
2.6. SALAM VE SOSİSTE PAKETLEME.....	18
2.7. SALAM VE SOSİSTE GIDA GÜVENLİĞİ TEHLİKELERİ .....	20
2.7.1. Biyolojik Tehlikeler .....	20
2.7.2. Kimyasal Tehlikeler .....	24
2.7.3. Fiziksel Tehlikeler.....	25
2.8. CLOSTRIDIUM BOTULINUM VE BOTULİZM.....	25
2.9. NİTRAT VE NİTRİT .....	30

2.9.1. Nitrat ve Nitritin Sağlığa Etkileri.....	34
2.9.2. Gıdalardaki Kalıntı Nitrit Seviyelerinin Yorumlanması .....	36
2.9.3. Nitrit-Nitrat Alternatifine Yönelik Çalışmalar .....	36
2.10. GIDALARDA NİTRAT-NİTRİT ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER .	40
3. YÖNTEM.....	40
3.1. GEREÇ .....	40
3.1.1. Et Ürünü Örnekleri.....	40
3.1.2. Laboratuvarlarda Kullanılan Alet-Ekipman Ve Cihazlar.....	41
3.1.3. Analizde Kullanılan Solüsyonlar .....	41
3.2. YÖNTEM.....	41
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi.....	41
4. BULGULAR.....	42
5. TARTIŞMA.....	45
6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	49
KAYNAKLAR.....	50
İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI.....	54
ETİK KURUL İZİN YAZISI .....	55
KURUM İZİNİ YAZILARI .....	56
ÖZGEÇMİŞ.....	57

## ŞEKİL LİSTESİ

	<b>Sayfa No</b>
Şekil 2.1: Sosis üretim aşamaları .....	8
Şekil 2.2: Salam üretim aşamaları .....	12



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

Tablo 2.1: <i>Clostridium</i> spp. ve Ürettikleri Bilinen Botulinum Toksinler.....	27
Tablo 4.1: Salam Ve Sosis Örneklerinde Tespit Edilen Nitrit Miktarları.....	43
Tablo 4.2: Salam Ve Sosis Örneklerinde Saptanan Nitrit Miktarlarının Değerlendirilmesi.....	44



## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
°C	: Celcius Derece
µg	: Mikrogram
kg	: Kilogram
g	: Gram
MPa	: Megapaskal
mL	: Mililitre
µl	: Mikrolitre
nm	: Nanometre
dk	: Dakika

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>JECFA</b>	: Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives
<b>ADI</b>	: Kabul Edilebilir Günlük Doz
<b>MEB</b>	: Milli Eğitim Bakanlığı
<b>TS</b>	: Türk Standardı
<b>AFDO</b>	: Association of Food and Drug Officials
<b>UF</b>	: Florida Üniversitesi
<b>HACCP</b>	: Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları
<b>EFSA</b>	: Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi
<b>CO<sub>2</sub></b>	: Karbon Dioksit
<b>IARC</b>	: Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı
<b>WHO</b>	: Dünya Sağlık Örgütü
<b>HPLC</b>	: Yüksek Performanslı Likit Kromatografisi
<b>IARC</b>	: Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı

<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>FDA</b>	: Food and Drug Administration
<b>BoNT</b>	: Botulinum Nörotoksin
<b>LD<sub>50</sub></b>	: Ortalama Öldürücü Doz
<b>CDC</b>	: Centers for Disease Control and Prevention
<b>BAT</b>	: Botulinum Antitoksin
<b>MAP</b>	: Modifiye-atmosfer Paketleme
<b>VP</b>	: Vakum Paketleme
<b>KAP</b>	: Kontrollü-atmosfer Paketleme
<b>ppm</b>	: Milyonda Bir Kısım
<b>kob</b>	: Koloni Oluşturan Birim
<b>atp</b>	: Adenozin Trifosfat
<b>PBS</b>	: Fosfat Tampon Tuz Çözeltisi
<b>ETEC</b>	: Enterotoksijenik <i>Escherichia coli</i>
<b>EPEC</b>	: Enteropatojenik <i>Escherichia coli</i>
<b>EHEC</b>	: Enterohemorajik <i>Escherichia coli</i>
<b>EIEC</b>	: Enteroinvaziv <i>Escherichia coli</i>
<b>EAEC</b>	: Enteroagregatif <i>Escherichia coli</i>
<b>DAEC</b>	: Diffuz aderent <i>Escherichia coli</i>
<b>STEC</b>	: Shiga-toksijenik <i>Escherichia coli</i>
<b>Stx</b>	: Shiga Toksini
<b>HÜS</b>	: Hemolitik Üremik Sendrom
<b>TTP</b>	: Trombotik Trombositopenik Purpura
<b>TGK</b>	: Türk Gıda Kodeksi
<b>NKML</b>	: Nordic Committee of Food Analysis

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### TÜKETİME SUNULAN SALAM VE SOSİSLERDE NİTRİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Kartal ÇETİNKAYA

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı

Veterinerlik Besin Hijyeni ve Teknolojisi, Tezli Yüksek Lisans Programı

Danışman : Prof. Dr. Hilal ÇOLAK

II. Danışman : Prof. Dr. Hamparsun HAMPİKYAN

Bu çalışmada tüketime sunulan salam ve sosislerdeki nitrit düzeyleri araştırılmıştır. Bu amaçla, tüketim potansiyeli yüksek olan satış noktalarından farklı markalara ait ya da aynı markaya ait olup farklı tarihlerde üretilmiş olan 50 adet salam ve 50 adet sosis olmak üzere toplamda 100 adet et ürünü örneği toplanmıştır. Örnekler, NMKL 165 (Nordic Committee of Food Analysis) metodu kullanılarak HPLC (High Performance Liquid Chromatography) sistemiyle nitrit miktarları açısından analiz edilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre, incelenen toplam 100 adet et ürünü örneğinin üçü dışında tamamının 32338 sayılı Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde belirtilen limitlere uygun oldukları belirlenmiştir. Sadece, 50 adet salam örneğinden 1'inin (%2) 180,4 mg/kg düzeyinde, 50 adet sosis örneğinden ise 2'sinin (%4) sırasıyla 175,6 mg/kg ve 192,2 mg/kg düzeylerinde nitrit içerdikleri ve ilgili yönetmelikte limit değer olarak bildirilen 150 mg/kg'ı aştığı tespit edilmiştir. Örneklerde tespit edilen ortalama nitrit miktarları salam örneklerinde 54,08 mg/kg, sosis örneklerinde ise 55,08 mg/kg olarak bulunmuştur.

Sonuç olarak, incelenen 100 adet et ürünü örneğinin sadece 3 adedinde (%6) nitrit için Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenmiş limit değerini aştığı tespit edilmiştir. Diğer örneklerin, izin verilen limit değeri aşmayan düzeylerde nitrit içerdikleri için gıda güvenliği açısından risk taşımadığı görülmüştür.

Nisan 2024, 71. sayfa.

**Anahtar kelimeler:** Nitrit, Sosis, Salam, Et Ürünü, HPLC.

## **ABSTRACT**

### **M.Sc. THESIS**

#### **INVESTIGATION OF NITRITE LEVELS IN SALAMI AND SAUSAGES SERVED FOR CONSUMPTION**

**Kartal ÇETİNKAYA**

**İstanbul University-Cerrahpaşa**

**Institute of Graduate Studies**

**Department of Food Hygiene and Technology**

**Programme of Food Hygiene and Technology**

**Supervisor : Prof. Dr. Hilal ÇOLAK**

**Co-Supervisor: Prof. Dr. Hamparsun HAMPIKYAN**

In this study, nitrite levels in salami and sausages offered for consumption were investigated. For this purpose, a total of 100 meat product samples, including 50 salami and 50 sausages of different brands or the same brand but produced on different dates, were collected from sales points with high consumption potential. The samples were analyzed for nitrite amounts by HPLC (High Performance Liquid Chromatography) system using the NMKL 165 (Nordic Committee of Food Analysis) method.

According to the analysis results, it was determined that all of the 100 meat product samples except three examined were in compliance with the limits specified in the Turkish Food Codex Food Additives Regulation No. 32338. However, 1 out of 50 salami samples (2%) contained nitrite at 180.4 mg/kg, and 2 out of 50 sausage samples (4%) contained nitrite at 175.6 mg/kg and 192.2 mg/kg, respectively and it was determined that it exceeded 150 mg/kg, which is declared as the limit value in the relevant regulation. The average amount of nitrite detected in the samples was 54.08 mg/kg in salami samples and 55.08 mg/kg in sausage samples.

As a result, it was determined that only 3 (6%) of the 100 meat product samples examined exceeded the limit value stated in the Turkish Food Codex for nitrite. It was observed that other samples did not pose a risk to food safety because they contained nitrite at levels that did not exceed the permissible limit value.

April 2024, 71 pages.

**Keywords:** Nitrite, Sausage, Salami, Meat product, HPLC.

## 1. GİRİŞ

Et, hem içerdiği yüksek protein miktarı, hem de bulundurduğu diğer besin öğeleri ile insanlar için önemli bir besin kaynağıdır ve insan sağlığı için önemli bir yer tutmaktadır. A, B6, B3 ve B12 vitaminleri ile demir, çinko, fosfor, kalsiyum, potasyum minerallerince zengin olan et, özellikle B12 vitamininin sadece hayvansal gıdalarda bulunması sebebiyle insan beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır (Özlu ve Ercoşkun, 2021).

Doğal ortamda bırakılan ette; gaz birikmesi ile şişme, kokuşma ve en sonunda, ihtiva ettiği bakteriler sebebiyle, çürüme gerçekleşmektedir. Hayvandan kanın etkili bir şekilde uzaklaştırılması ve iç organların temizlenmesi çürümeyi yavaşlatır ancak yine de tamamen durduramaz. Özellikle *Clostridium perfringens* ve benzer bakteriler 37 °C'ye yakın sıcaklıklarda çok hızlı üredikleri için kesim sonrası çoğalarak ortamı anaerobik hale getirirler ve diğer bakterilerin gelişimini baskırlar. Bu bakteriler uygun şartlar sağlandığında 20 dakikanın altında bile bölünerek 8-9 saat gibi kısa bir süre içinde bile çürümeyi başlatacak kadar çoğalabilirler (Ingram, 1972).

*Clostridium perfringens* bakterisinin kendisi görece daha hafif gıda zehirlenmelerine sebep olsa da bu bakterinin ette üremiş olması, onunla beraber üreyebilen ve insan sağlığı için çok daha tehlikeli olan; *Clostridium septicum*, *Clostridium tetani* ve nadiren de olsa çok tehlikeli olan *Clostridium botulinum* bakterilerinin de ette çoğalmış olabileceklerini gösterir. Et muhafazasının temel amacı bu tehlikeli durumun önüne geçmektir (Ingram, 1972).

Serin ortamda parçalanmış ve saklanmış etlerin daha geç çürüdükleri çok önceleri fark edilse de, örneğin 1930'larda bile Birleşik Krallık'ta et muhafazası için esas olarak yapılan karkasların güneş almayan, serin ve havadar odalarda saklanmalarıydı. Bu şekilde saklanan etler hızlı olgunlaşmakta ve hızlı bozulmaktaydılar. Et, büyük oranda aynı bölgede yetişmiş hayvanlardan elde edilen, aynı bölgede işlenen, satılan ve tüketilen bir üründü. Dumanlama, tuzlama, kurutma ve kürlenme gibi gıda muhafaza tekniklerine daha az rastlanmaktaydı ve kullanılan etin mikrobiyolojik kalitesi düşük olduğundan bu uygulamalar kesin sonuçlar vermemekteydi (Ingram, 1972).

Bir gıda muhafaza yöntemi olarak et kürlenmesi önceleri, çiğ et parçalarının deniz veya kaya tuzu ile muamelesi olarak başlamıştır. Bu işlem, et parçalarının su aktivitelerini düşürerek bakteriyel ve kimyasal yolla bozulmalarını önlemek, eti yumuşatmak ve istenir tat katmak gibi amaçlarla yapılmıştır. 19. yüzyıl sonlarında bazı et üreticileri bazı tür tuzların diğerlerine göre etin kırmızı rengini güçlendirmede ve korumada ve etin muhafazasında diğerlerinden daha başarılı olduklarını gözlemlemişlerdir. Bu durumun gerçekleşme mekanizması bilinmese de, bu tuzların ortak özelliğinin potasyum nitrat içermeleri olduğunu fark etmişlerdir (Rahman ve diğ., 2023).

Güherçile veya potasyum nitrat oksidatif bir ajan olarak eski zamanlardan beri bilinmekte olsa da; gıdalardaki oksidatif acılaşmayı durdurmaya veya yavaşlatmaya yönelik etkileri ilk kez 1891 yılında Alman kimyager Eduard Polenske tarafından ortaya konulmuştur. Polenske yaptığı deneylerle; salamura çözeltilerine katılan nitratın nitrite dönüştüğünü ve bunun büyük olasılıkla bakteri faaliyetleri sonucu gerçekleştiğini ortaya koymuştur (Polenske, 1891; akt. Rahman ve diğ., 2023).

Potasyum nitratın, et bileşimindeki hemoglobin ve miyoglobin ile etkileşime girerek kürlenmiş et ürünlerine kendine has kırmızı rengini verdiği ise Haldane (1901) tarafından keşfedilmiştir (Haldane, 1901; akt. Rahman ve diğ. 2023).

Günümüzde kürlenme, et ürünleri için, bu gıdalara uygulanan tuz, çeşitli baharatlar, nitratlar ve nitritler başta olmak üzere katkı maddeleriyle gıdaya istenir; renk, koku, tat ve tekstür özelliklerini kazandırılması ve bu gıdaların bozulmalara karşı dayanıklılıklarının artırılması gibi sebeplerle uygulanan bir işlemdir (Turp ve Sucu, 2016).

Nitrat ve nitritler ısıl işlem görmüş et ürünlerinde istenir pembemsi rengin oluşmasını sağlamalarının yanında başta *Clostridium botulinum* olmak üzere patojen mikroorganizmaları inaktive ederler ve toksin oluşumunun önüne geçerler. *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* ve *Clostridium perfringens* cinsi bakteriler üzerinde de etkili olabilmektedirler (Tayar ve Yıldırım, 2020).

Gıda katkı maddesi olarak yukarıda belirtilen faydalarının yanında nitrat ve nitritler yüksek oranlarda vücuda alındıklarında insan sağlığına zararlı hale gelebilmektedirler. Bu maddeler gıdalarda veya insan vücudunda nitrozo bileşiklere dönüşebildiklerinden, gıdalarda kullanımlarında veya vücuda alınmalarında belli limitlerin aşılması gerekmektedir. Aksi halde zehirlenmelere, kanserojenik etkilere sebep olabilirler (Gökalp, 1983).

JECFA (Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives) 2002 yılında, nitrat ve nitrit için kabul edilebilir günlük dozları (ADI), 1 kg vücut ağırlığı için sırasıyla; 0-3.7 mg ve 0-0.07 mg olarak belirlemiştir (www.apps.who.int, Erişim tarihi: 21 Kasım 2023).

Potasyum nitrit (E 249) ve sodyum nitrit (E 250) “E249 - E250 Nitritler”, potasyum nitrat (E 252) ve sodyum nitrat (E 251) “E 251 - 252) Nitratlar” olarak gruplandırılmışlardır. Nitritler için gıdalarda bulunabilecek azami limitler; ısıtılmış işlenmiş et ürünleri için 150 mg/kg, ısıtılmış ancak sterilize edilmemiş işlenmiş et ürünleri için 150 mg/kg, sterilize edilmiş (Fo 100 > 3.00) et ürünleri için 100 mg/kg, nitratlar için ise ısıtılmış işlenmiş et ürünleri için 150 mg/kg olarak belirlenmiştir. Fo 3 değeri gıdaya 121 °C’de 3 dakika ya da buna denk ısıtılmış işlemi temsil eder ve bakteriyel yükün 1 konserve içindeki 1 milyar bakteri sporundan 1000 konserve içindeki 1 bakteri sporuna düşüş olarak yorumlanır (www.ec.europa.eu, Erişim tarihi: 18 Kasım 2023).

Bu katkı maddeleri için yapılan isimlendirme ve gruplandırma ile yukarıda belirtilen limitler ülkemiz için de geçerlidir (Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, 2023).

Bu tez çalışması; Türkiye’de üretilen, farklı markalara ait, sığır etinden üretilmiş sosis ve salamlardaki nitrit miktarlarının analiz edilerek limitlere uyulup uyulmadığını ve bu ürünlerin nitrit seviyeleri açısından bir tehdit oluşturup oluşturmadığının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

## 2. KAVRAMSAL ÇERÇEVE

### 2.1. SALAM - SOSİS ÜRETİMİ VE ÖZELLİKLERİ

Sosis, tarihsel kanıtlara dayanarak ilk işlenmiş et ürünü olarak kabul edilir ve Antik Yunan'da Homer sosisten “tanrıların yiyeceği olarak bahsetmiştir. Sosis çoğu zaman üretildiği yer ile isimlendirilmiştir; Vienna, Frankfurt, Mettwurst, Genoa, Knoblauch, Bologna ve Salami gibi. Sosis (sausage) kelimesi ise Latince'deki “salsus” kelimesinden gelmektedir ve bu dildeki anlamı tuzlamak veya tuzlayarak muhafaza etmektir (Mohan, 2014).

Salamın ise adını doğu Kıbrıs'taki Salamis kasabasından aldığı düşünülür (Anar, 2020).

Tuz hem lezzete katkısı hem de sosis üretimindeki işlevsel rolüyle sosisin vazgeçilmez bir ögesidir. Sosis hamuruna katılan tuz, et proteinlerinin su tutma kapasitesini ve emülsiyon oluşturma gücünü artırır. Tuz aynı zamanda etin yapısındaki suda çözünebilir proteinlerin et yapısından ayrılmalarını sağlar ve bu proteinler ısıya maruz kaldıklarında pıhtılaşarak sosise daha sert bir yapı kazandırır. Çoğu sosis yüzde 2-3 oranında tuz içerir (Mohan, 2014).

Sosis üretiminde baharatlar; taze, kuru, püre edilmiş, tane yada bütün halde kullanılabilirler. Baharatların taze olması üretilen sosisin lezzeti açısından önemlidir. Ayrıca baharatlar sosis üretiminde potansiyel mikrobiyolojik kontaminasyon kaynaklarıdır ve mikrobiyolojik kalitelerinin yüksek olması gerekmektedir. Baharatların yanında şeker de sosis üretiminde kullanılabilir. Sosis hamuruna katılan şeker, fermentasyon sonucu laktik aside dönüşerek ve kuru ve fermente sosisler için istenir ekşimsi tadı oluşturmaya yardım eder (Anar, 2020).

Nitrat ve nitritler sosis üretiminde, et muhafazasında ve kürlenmesinde uzun yıllardan beri kullanılmaktadırlar ve kullanımları en eski gıda muhafaza yöntemlerindedir. Nitrat ve nitritin et kürlenmesinde; renk, tekstür ve tat olarak verdikleri sonuç başka hiçbir madde tarafından tam olarak sağlanamamıştır. Nitrat ve nitrit mikroorganizmalar tarafından nitrik oksite dönüştürülür ve etteki miyoglobinin ile birleşerek kürlenmiş ete karakteristik pembe

rengini verir. Çok daha önemli olarak nitrit botulizme sebep olabilecek bakterilerin gelişmesini engeller, ette acılaşmayı geciktirerek orijinal tadın korunmasını sağlar. Tarihsel olarak et kürlenmesinde ilk kullanılan potasyum nitrittir ancak günümüzde büyük oranda sodyum nitrat kendi başına veya nitratla kombine edilerek kullanılmaktadır. Nitrit kullanılmayan ürünler mikrobiyal bozulmalara ve tat değişimlerine daha yatkındırlar ve dondurarak saklanmaları daha iyi olacaktır. Bu maddeleri çok küçük miktarlarda kullanmak yeterlidir ve fazlası insanlarda toksik etkilere sebep olabilir. Daha kolay tartılabilmeleri için genellikle tuzla karıştırılmış olarak satılırlar (Mohan, 2014).

## **2.2. SALAM VE SOSİS ÜRETİMİNDE ET EMÜLSİYONLARI**

Salam ve sosis emülsifiye edilerek üretilen et ürünleridir ve temelde; et, hayvansal yağ ve sudan oluşan hamurun kılıflanması ve sonrasında tütsülenmesi ve pişirilmesi ile üretilirler. Emülsifiye et ürünleri dünya genelinde sosis (sausage) olarak bilinirler ve farklı şekillerde üretilen 250'nin üstünde çeşidi bulunmaktadır. Ülkemizde ise salam ve sosis olmak üzere iki gruba ayrılırlar (Tayar ve Yıldırım, 2020).

Emülsiyon; birbiri içinde çözünmeyen iki sıvının birbiri içerisinde dağılarak oluşturdukları karışımlardır ve et üretim teknolojisi anlamında et emülsiyonu; emülgatörler vasıtasıyla et proteinlerinin, suyun ve hayvansal yağın homojen olarak karıştırılması anlamını taşır (Tayar ve Yıldırım, 2020).

Emülsiyonlarda bir sıvının içinde dağılmış parçacıklar halinde bulunan ikinci sıvıya iç faz, bu parçacıkların dışında kalan ilk sıvıya ise dış faz adı verilir (Ugalde-Benitez, 2012).

### **2.2.1. Emülsiyon Stabilitesi**

Emülsiyonlar, farklı yoğunluklarda sıvıların homojenize edilmeleri ile oluşturulduklarından ayrılma eğilimindedirler. Örneğin yağ ve sudan oluşan bir emülsiyonda yağ globülleri zamanla çöküp birbirleriyle birleşerek su fazından tamamen ayrılırlar ve buldukları ortamda yüzeye çıkarak bir yağ fazı oluştururlar. Bu yüzden çoğu emülsiyon kararsız yapıdaki sistemlerdir. Bir emülsiyonun kendi yapısında zamanla gerçekleşen değişimlere karşı gösterdiği dirence emülsiyon stabilitesi denir (Ugalde-Benitez, 2012).

### **2.2.2. Emülsiyon Kapasitesi**

Bir birim proteinin ayrılma ve kırılma göstermeden bağlayabileceği yağ miktarıdır (MEB, 2016a).

### **2.2.3. Emülsiyon Viskozitesi**

Emülsiyonun akışkanlığını belirtir. Aşırı akışkan olan hamurlar sosis üretim aşamalarında farklı problemler doğuracaklarından istenmezler (MEB, 2016a).

### **2.2.4. Emülsiyon Jel Kuvveti**

Emülsiyonların pişirme veya soğutma gibi işlemler sonrasında oluşturdukları yapının sağlamlığı ifade eder. Jel kuvveti yüksek emülsiyonlar daha sert ve kırılğan, düşük olanlar ise aşırı yumuşak ürünler verirler (MEB, 2016a).

### **2.2.5. Emülgatörler**

Emülgatörler yüzey aktif moleküllerdir. Emülsiyon oluşması için emülgatörler şart değildir ancak homojenizasyon ile oluşturulmuş globüllerin yüzeylerinden absorbe olan emülgatörler membran bir yapı oluşturarak bu globüllerin tekrar birleşmelerini yavaşlatırlar. Pek çok emülgatör polar ve apolar kısımları olan amfifilik yapıda moleküllerdir ve etkinlikleri buldukları ortamda ne kadar kolay çözündükleri ile bağlantılıdır (McClements, 2005; akt. Ugalde-Benitez, 2012).

Emülgatör kalitesini belirleyen bir diğer unsur ise oluşan emülsiyonun pişirme veya konserveleme gibi çeşitli işlemlerde yapısını ne ölçüde koruduğudur. Et proteinleri de emülgatör özelliktedirler ancak düşük protein/yağ oranlarında emülsiyonlar yüksek kararsızlık gösterirler ve çökelme görülür (Ugalde-Benitez, 2012).

Sosis hamurunda emülgatör ve bağlayıcı olarak; buğday, mısır, pirinç gibi tahılların unları veya nişastaları, yağsız süt tozu ve patates nişastası gibi maddeler kullanılmaktadır (MEB, 2016b).

### 2.3. SALAM VE SOSİS ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

Sosis; soyulmuş, soyulmamış ve kokteyl sosis gibi tipleri bulunan, büyükbaş veya küçükbaş hayvanlardan elde edilen, sinir, kıkırdak ve tendonlardan ayrılmış etlerin; yağ, çeşitli baharatlar, tuz ve yasalarda izin verildiği ölçülerde katkı maddeleriyle birleştirilip sırasıyla; kılıflara doldurulması, bükülmesi, dumanlanması ve ısıtılmasına tabi tutulmasıyla elde edilen gıdalardır (www.esk.gov.tr, Erişim tarihi: 26 Kasım 2023).

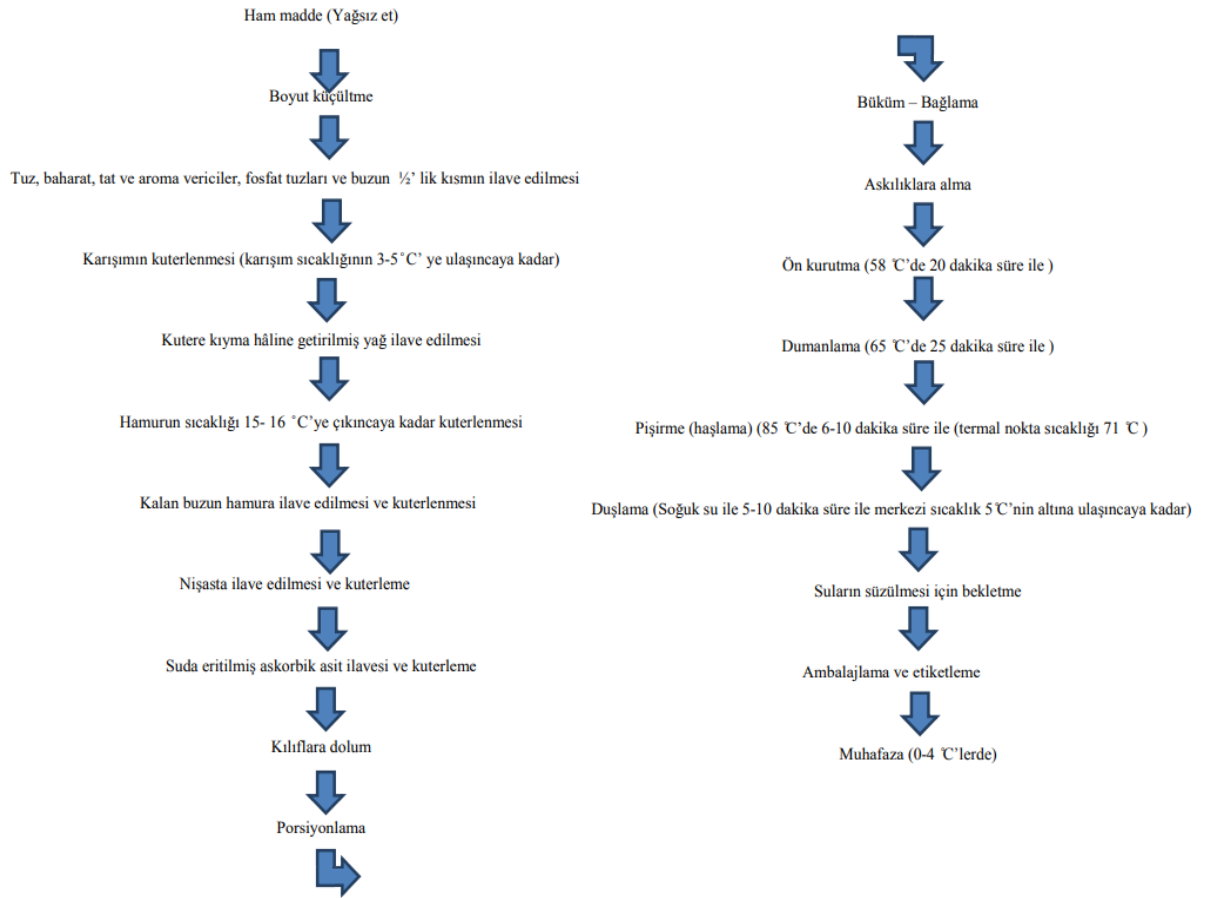
Piliç sosisler hariç, ülkemizdeki salam ve sosis çeşitlerinin hepsinde temelde aynı hamur kullanılır. Bu hamura eklenecek bazı katkı maddeleri, antep fıstığı veya tane karabiber gibi gıdaların katılıp katılmaması, hamurdaki yağın parçalar halinde bırakılması veya iyice kuterlenmesi, hamurun doldurulacağı kılıfların özellikleri gibi parametreler ürünler arasındaki farkları belirlemektedir (MEB, 2016b).

Salam ve sosis hamurunda yüksek yağ ve bağ doku içeren etler tercih edilmektedir. Bu etler hem ekonomik olduklarından hem de ürüne gevreklik ve lezzet kazandırmaları açısından kabul görmektedirler. Yağ olarak; kuyruk yağı, et işlenmesi sırasında tıraşlanan yağlar veya sırt yağları bu amaçla kullanılmaktadırlar. Et ise rigor mortis aşamasını bitirmemiş, 6,6-6,8 pH seviyelerinde olan, su tutma kapasitesi yüksek, sıcak etlerden seçilir. Fosfatların ilavesiyle de rigor mortis geçirmiş etlere sıcak et özellikleri kazandırılabilir (MEB, 2016b).

Bağlayıcı et; hamurda kullanılacak sığır, koyun, domuz gibi büyükbaş etleridir ve bağlayıcı et miktarı ürün kalitesinin bir göstergesidir. Dolgu eti ise; et işlemedeki tıraşlama artığı etler, yağlı et artıkları, işkembe, baş eti, yanak eti gibi sakatatlardan oluşan etlerdir (MEB, 2016b).

Hamura koyulan diğer maddeler arasında, çeşitli baharatlar, lezzet arttırıcılar, boyar maddeler, koruyucular, hamurdaki fazla suyu tutmaları, hamurun yapısında bağlayıcı veya emülgatör etki gösterdiklerinden buğday, çavdar, yulaf, mısır veya pirinç unları veya nişastaları, patates nişastası, yağsız süt tozu gibi maddeler de yer almaktadır. Sosis hamurunda TS 980'e göre toplam nişasta %5'i geçmemeli ve toplam hayvansal protein %15'in altına inmemeli ve pH 6,3'ün üzerine çıkmamalıdır (MEB, 2016b).

Sosis üretim aşamaları şu şekilde tanımlanmıştır (MEB, 2016a).



**Şekil 2.1: Sosis Üretim Aşamaları (MEB, 2016a).**

Sosis üretimi kıyma haline getirilmiş et ile başlar. Ete tuz, baharat ve nitrit, nitrat veya fosfatlar eklenecekse bu aşamada eklenir. Kuterlere alınan ete kullanılacak olan buzun yada soğuk suyun yarısı eklenerek kuterleme yapılır. Bu işlem karışımın sıcaklığı 3-5 °C'ye gelene kadar sürdürülür. Sonrasında yine et gibi kıyma makinesinden çekilmiş olan yağ eklenir. Şayet emülgatör olarak yağsız süt tozu veya soya proteini tercih edilmişse bu aşamada karışıma eklenirler. Sonrasında hamur 15-16°C'ye kadar kuterlenir. Geriye kalan buz iki seferde karışıma eklenerek yine kuterleme yapılır. Emülgatör olarak bir tür un veya nişasta tercih edilmişse bu aşamada hamura eklenerek karışması için birkaç tur daha kuterlenir (MEB, 2016b).

Daha sonra sosis hamuru vakum veya basınç esasına göre çalışan dolum makinelerine alınarak, doğal veya yapay kılıflara dolum yapılır, sosislerin uçları bağlanır. Sosislerin fazla suyunun giderilmesi, yüzeylerinin kuruyarak sağlamlık kazanmaları için, 58-70 °C'de, 10-30

dakika süreyle uygulanan bir ön kurutma işlemi yapılır. Sonrasında sosislerde tütsüleme işlemi yapılır. Bu işlem 65-80 °C’de 25-60 dakika sürelerde yapılır. Tütsülenen sosisler sıcak su kazanlarında veya basınç altında sıcak su ile duşularak 74-85 °C’de 10-60 dakika süreyle haşlanırlar. Ön kurutma, dumanlama ve pişirme işlemlerinin sıcaklık derecesi ve süresinin belirlenmesinde, sosislerin çapı ve bileşimi, kurutmanın yapılacağı fırınların veya odaların özellikleri ve doluluk oranları, işletmenin son üründe istediği özellikler gibi faktörler etkilidir. Bu ısı işlemler sonucu ürünlerin yapısı sağlamlaşır, istenir pembemsi renk ve tat oluşur. Üretilen sosisler 0 ila 4 °C arasında saklanmalıdırlar. Vakum paketli ürünler için raf ömrü 3 aydır (MEB, 2016b).

Kuter; dönen bir kazan ve onun içerisindeki dönen bıçaklardan oluşan makinedir. Hamurun iyice öğütülüp emülsifiye edilmesi için kullanılırlar. Kuterleme işleminin amacı mikroskobik yağ parçacıkları oluşturmak ve bu parçacıkların et proteinleri tarafından çevrelenmelerini sağlamaktır. Sürtünme kuvveti sonucu sosis hamuru kuterleme sırasında ısınmaktadır ve hamur sıcaklığının kontrolü önemlidir. Son hamurun sıcaklığı 17°C seviyesinde olmalıdır. Kuterler düşük devirlerde kıyma makinesi gibi de kullanılabilirler (Mohan, 2014).

Sosis dolum makineleri, sosis hamurunu bir piston yardımıyla sıkıştırarak kılıflara dolduran makinelerdir ve elle çalışan makinelere göre hem daha hızlıdırlar hem de kılıf içerisinde oluşabilecek hava boşlukları daha az görülür. Doldurulan sosislerde yapılan bükülme işlemi ise kılıflanmış sosis hamurunun belli aralıklarla bükülmesi veya bükülerek bağlanması ile gerçekleştirilir (Mohan, 2014).

Tütsüleme işlemi tarihteki en eski gıda muhafaza yöntemlerindedir ve tütsülenmiş gıdalara renk, koku ve tat gibi karakteristik özellikleri tütsüleme ile kazandırılır. Geleneksel yöntemde talaş, odun parçaları veya kütükler kontrollü kontrollü olarak, dumanlama makineleri yardımıyla veya açık ateş olarak yakılırlar. Kozalaklı ağaçların odunları yüksek katran içerdikleri için ürüne acımsı tat verdikleri için kullanılmazlar. En çok kullanılan meşe odunu ve meşe gibi sert yapıdaki odunlardır. Farklı tatlar yakalamak için meyve ağaçları da kullanılabilir. Dumanın kılıflardan geçip sosis hamuruna iyi işleyebilmesi için yüzeylerinin hafif nemli olması gerekmektedir. Sosisin aşırı kuru olması bu sebeple istenmez. Yüzeyleri aşırı nemli olan sosislerde ise duman bileşimindeki maddelerin yüzeyde birikip damlacıklar halinde süzülmeyle çizgili bir görünüm oluşur. Bu sebeplerden dolayı

sosislerin nem oranlarının üretici tarafından kontrol edilmesi büyük önem taşır (Mohan, 2014).

Dumanlama işlemi kompleks ve uzun süren bir işlemdir. Dumanın yapısında fenolik bileşikler, asitler, karboniller gibi pek çok bileşen bulunur. Dumanın yapısındaki çeşitli bileşenler ürüne istenen renk, tat ve koku vermelerinin yanında enzimatik bileşikleri inaktive etme, bakterisid etki gösterme, antioksidan etkileriyle yağların oksidatif acılaşımlarını geciktirme gibi faydalara da sahiptirler. Dumanlanmış gıdalardaki lezzet ve koku büyük ölçüde uçucu fenolik bileşiklerden gelir (Rahman ve Al-farsi, 2020).

Geleneksel yöntemle dumanlama işlemi “sıcak dumanlama” ve “soğuk dumanlama” olarak ikiye ayrılmaktadır (Mohan, 2014).

Soğuk dumanlama gıdanın yalnızca dumanla muamelesini kapsarken sıcak dumanlama yönteminde gıdaya ısı da uygulanır (Rahman ve Al-farsi, 2020).

Soğuk dumanlama ile gıda muhafazası sağlanamamaktadır. Gıda güvenliği tehlikesini azaltmaya yönelik bir işlem değildir. Yalnızca gıdada istenen organoleptik kaliteye yönelik bir işlemdir (AFDO ve UF, 2004).

Sıcak dumanlamada ise gıdaya ısı işlem uygulaması da vardır. Uygulanan ısı işleminin 64 °C’de 115 saniyeye eşdeğer olması USDA tarafından önerilmektedir (USDA; akt. AFDO ve UF, 2004).

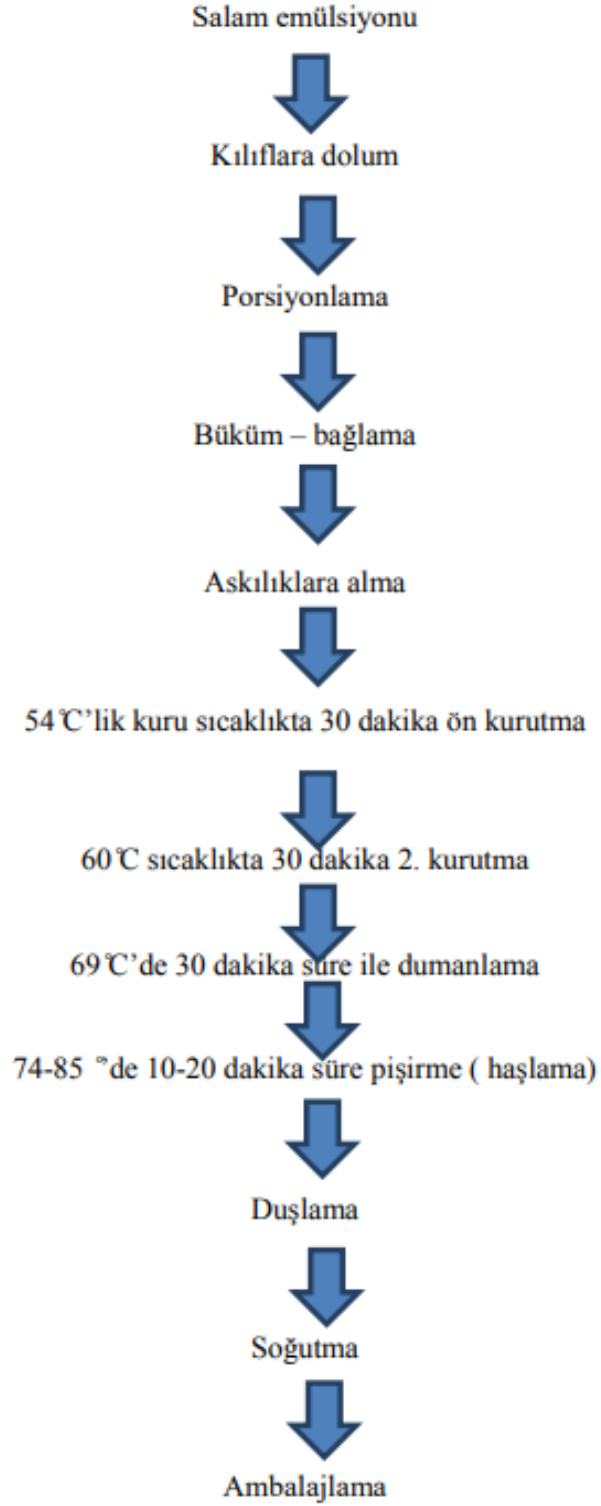
Sıcak dumanlamadan sonra ürünlerin hızlı bir şekilde soğutulması gerekir. İç sıcaklığın 2 saat içerisinde 21°C’ye, sonrasındaki 4 saat içerisinde de 5°C’ye altına inmeleri gerekmektedir. Su ile soğutma durumunda suyun klorlanmış olması gerekir. Kullanılan su döngü halinde ise günlük olarak değiştirilmeli ve kullanılacak metodun otoritelerce onaylanmış olması gerekir (AFDO ve UF, 2004).

Salam; macar salam, halk salamı, fıstıklı salam veya mortadella salam gibi tipleri bulunan, büyükbaş veya kkbaş hayvanlardan elde edilen, sinir, kıkırdak ve tendonlardan ayrılmış etlerin; yağ, çeşitli baharatlar, tuz ve yasalarda izin verildiği ölçülerde katkı maddeleriyle birleştirilip sırasıyla; kılıflara doldurulması, dumanlanması ve ısıl işleme tabi tutulmasıyla elde edilen gıdalardır (Arslan, 2020).

Esas et hamuruna tane karabiber, kıyma makinesinden geçirilmiş yağ, isteğe bağlı olarak Antep fıstığı eklenerek, doğal veya yapay kılıflara doldurulan ve ısıl işleme tabi tutulan salam eřitine ‘‘Türk usul Macar salamı’’ denmektedir (MEB, 2016b).



Salam üretim aşamaları şu şekilde tanımlanmıştır (MEB, 2016a).



Şekil 2.2: Salam Üretim Aşamaları (MEB, 2016a).

Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliğine göre ısıtılmış ve kurutulmamış salam ve sosisler için izin verilen katkı maddeleri şunlardır; kurkumin, koşineal, karminik asit, karminler, karameller, karotenler, paprika ekstraktı, kapsantin, kapsorubin, pancar kökü kırmızısı, betanin, nitritler, biberiye ekstraktları, talk (Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği, 2023).

## 2.4. DÜNYA GENELİNDE TÜKETİLEN SALAM VE SOSİS ÇEŞİTLERİ

Bratwurst, en ünlü Alman sosis çeşitlerinin başında gelmektedir. Domuz veya sığır etinden yapılabilmektedir. Farklı bölgelere ait 40'ın üzerinde farklı çeşidi bulunmaktadır. Izgarada pişirilmesi önerilir. ([www.guide.michelin.com](http://www.guide.michelin.com), Erişim tarihi: 13 Şubat 2024).

Genellikle biber, adaçayı ve muskat baharatlarının kullanıldığı bol baharatlı bir sosistir. Çiğ veya pişmiş halde satılabilen, tütsülenmiş bir sosis çeşididir ([www.hot-dog.org](http://www.hot-dog.org), Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Weisswurst, Almanya'ya ait bir sosis çeşididir. Çekilmiş dana eti ve domuz pastırmasından (back bacon), herhangi bir kürleme yöntemi veya koruyucu kullanılmadan yapılmaktadır. Doğal kılıfın bozulmaması için kaynama sıcaklığından biraz daha düşük sıcaklıktaki suda haşlanarak tüketilmesi önerilir ([www.guide.michelin.com](http://www.guide.michelin.com), Erişim tarihi: 13 Şubat 2024).

Kelime anlamı “beyaz sosis” olan, az baharatlı, 10 santim uzunluğunda, tombul yapıdadır ve daha çabuk bozulabilen bir sosistir. Çiğ veya pişmiş olarak satılabilmektedir ([www.hot-dog.org](http://www.hot-dog.org), Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Blutwurst, kelime anlamı “kan sosisi” olan, domuz kanının ve derisinin arpa ile kaynatılarak yoğunlaştırılması ile üretilen bir sosistir. Zaten pişirilerek üretildiği için pişirmeye gerek olmaz, ısıtılarak tüketilmesi önerilir ([www.guide.michelin.com](http://www.guide.michelin.com), Erişim tarihi: 13 Şubat 2024).

Kan sosisinin orijini bilinmemektedir. Doğanıp veya çekilip pişirilen domuz yağının, ince çekilmiş et ve jelatin içeriği yüksek et parçalarının ve kanın beraber pişirilerek hazırlandığı bir sosistir ([www.hot-dog.org](http://www.hot-dog.org), Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Frankfurter wrstchen, Viyana sosisi veya ‘‘hot-dog’’ olarak da bilinen bir sosis çeşididir. Dumanlanmı ve paketlenme öncesi piirilmitir, sadece ısıtılması yeterlidir (www.guide.michelin.com, Erişim tarihi: 13 ubat 2024).

İçeriğinde; kini, sarımsak, toz hardal, muskat, beyaz biber gibi baharatlar ve bunların yanında tuz ve Şeker kullanılmaktadır. Akam yemeğinde tketilmek zere retilen byk veya kokteyl tipi kk eitleri bulunmaktadır. Doğal kılıf içerisinde veya soyulmuş olarak satışa sunulmaktadır (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Viyana sosisi, Avusturya’ya ait, frankfurter tipi bir sosistir. Bu isim sıklıkla; ufak, uçları açık, su içerisinde konserve edilmiş sosisleri ifade etmek için kullanılmaktadır. Frankfurter veya hot-dogdan daha ince ve genellikle daha yumuşak yapıdadır. Uzun kılıflara doldurulan hamur daha sonra konservelere doldurulmak zere kesilir. Pimi veya dumanlanmı sosislerdir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Wiener, Avusturya’ya ait, ismini Viyana Őehrinden alan bir sosis çeşididir. Kılıflara doldurulmuş hamurun gruplar halinde bklmesiyle özellik kazanmıştır. Piirilmı bir sosistir. Ttslenmi veya kurutulmuş olarak retilenmektedir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Andouille, Fransa’da geleneksel olarak yalnızca bağırsak ve mideden yapılmaktadır. ABD’de sıklıkla Cajun mutfağı ile ilişkilendirilir. İri çekilmiş domuz etinden yapılan ttslenmi ve piirilmı bir sosis çeşididir. Sarımsak, biber, soğan, Őarap gibi malzemelerle lezzetlendirilen bol baharatlı bir sosistir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Bologna (sosis), İtalya’ya zg, ince çekilmiş, krlenmi dana veya domuz etinden yapılan, halka Şeklinde veya dilimli satılabilen bir sosistir. Ttslenmi ve tamamen piirilmitir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Mortadella, İtalyan tarz, çok ince çekilen krlenmi domuz ve dana etinden yapılan ve parçalar halinde yağ eklenen, sarımsak, muskat, kini ve sarımsakla lezzetlendirilen bir sosistir. Geniş çaplı kılıflara doldurulur ve dilimlenerek satılır. Ttslenmi ve pimi bir sosistir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 ubat 2024).

Salami, İtalya’ya ait kurutulmuş sosislerin genel adıdır. Genellikle yoğun lezzete ve karakterize fermente tada sahiptir ve domuz veya dana etinden yapılmaktadır. Sarımsak tuz,

biber ve şekerle lezzetlendirilir. %30-40 oranında suyu uçurulmuş kuru sosislerdir. Bazıları tütülenmiş ve pişirilmiş olarak da üretilmektedir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Peperoni, İtalya'ya özgü kurutulmuş bir sosistir. Sıkı yapıda, bol baharatlı, canlı kırmızı renktedir. Pizzalarda sıklıkla kullanılır. Kürlenmiş domuz veya dana etinden yapılmaktadır. Bir "salami" çeşididir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Chorizo, İspanya'ya ait, iri doğranmış etinden yapılan, bol baharatlı bir sosistir. İspanyol tarzında yapılan tüm sosisler bu isimle anılmaktadır. Çiğ, pişmiş, kurutulmuş veya yarı kurutulmuş şekillerde üretilebilmektedir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Linguica veya Longanzia, Portekiz'e özgü, iri çekilmiş domuz etinden, sarımsak, paprika, tane kimyon, ve bazen tarçın eklenerek yapılan ve dolum işleminden önce sirkeli suda salamura edilen, tütülenmiş, çiğ bir sosis çeşididir (www.hot-dog.org, Erişim tarihi: 14 Şubat 2024).

Sucuk; sığır, manda ve/veya koyun etlerinin inceltip, izin verilen ölçülerde katkı maddeleri ve hayvansal yağ, lezzet ve kıvam vermek amacıyla çeşitli gıda maddeleri ile karıştırılarak hazırlanan hamurun, doğal veya yapay kılıflara doldurularak olgunlaştırılmasıyla üretilen bir et ürünüdür. (Anon., 1984; akt. Çon ve Gökalp, 1998 syf.347). Ülkemizde üretilen sucuk en eski et ürünlerindedir ve ete bulaşan veya sonradan starter kültür olarak katılan laktik asit bakterilerinin ette laktik asit oluşturmaları ve laktik asidin de ette bir takım fiziksel ve kimyasal değişimlere sebep olmasıyla karakteristik özelliklerini almaktadır (Gökalp ve diğ., 1994; akt. Çon ve Gökalp, 1998 syf.347).

## **2.5. SALAM VE SOSİSTE BOZULMA**

Etteki mikrobiyal gelişim pek çok farklı faktöre bağlı olarak şekillenmektedir. Bunların arasında pH, su aktivitesi, redoks potansiyeli, besin değerleri gibi iç faktörler ile sıcaklık, ortamdaki oksijen varlığı gibi dış faktörler sayılabilir. Sıcaklığın 4-8°C'nin altına düşürülmesi bozucu mikroorganizmaların ve pek çok patojen mikroorganizmanın ette gelişimini engellemektedir (EFSA, 2003).

Sığır, domuz, tavuk gibi hayvanların etlerinden yapılan; salam, sosis, jambon gibi gıdalar düşük ısı işlem uygulanmış ve kürlenmiş gıdalar olarak sayılırlar ve iç sıcaklıkları 65-71 °C'ye ulaşacak şekilde ısı işlemine tabi tutulurlar. Bu gıdaların raf ömrünü uzatmak ve istenen özellikleri kazandırmak için; nitrit, sorbat, eritorbat, çeşitli baharatlar, karagenan, soya proteinleri gibi katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bazı sosisler yüzde 30 ve üzerinde yağ oranına sahipken bazıları yüzde 2'nin altında yağ içerebilirler. Bu ürünler yağı azaltılmış ürünlerdir ve normalde 6'dan düşük pH'a sahip olan sosisler; yağ oranı azaltıldığında, fosfat ve başka katkı maddeleri eklendiğinde ve yüksek su oranına sahip olduklarında 6,8'e kadar yüksek pH değerlerine ulaşabilirler. Bu gıdaların üretiminde kullanılan et ve yağ kıyma haline getirilerek kullanıldığından et yüzeyindeki mikroorganizmalar ürün içine dağılırlar. Bu sebeple ısı işleminden canlı çıkabilecek termodürik mikroorganizmalar ürünün her yerinde bulunabilirler (Kışla, 2016 syf.257).

Salam, sosis ve jambon gibi gıdalarda ısı işlem uygulansa da bu ısı işleminden sonra gıdalar tekrar soyma, dilimleme veya porsiyonlama gibi proseslerden geçebilirler ve bu aşamalarda ekipman yüzeylerinden, havadan, su veya personel kaynaklı olarak mikroorganizmalarla kontamine olabilirler. Üretimde dezenfekte edilmesi zor bölgelerde mikroorganizmalar üreyebilir ve gıdalara bulaşabilirler. Bu bulaşma dilimlenmemiş ürünlerin yüzeyinde sadece belli bölgelerle sınırlı kalırken dilimli ürünlerin yüzeylerinin tamamına yayılmış halde görülürler (Kışla, 2016 syf.258).

Isıl işlem görmüş sosis ve salam gibi tamamen pişirilmiş bileşenlerden oluşan gıdaların, mikrobiyal kalite açısından tatmin edici sayılabilmeleri için; aerobik koloni sayısının  $<10^4$  kob (koloni oluşturan bakteri)/gram, toplam koliform sayısının  $<10^2$  kob/gram ve E.coli sayısının  $<10$  kob/gram olması gerektiği belirtilmiştir. Bu değerlerin 1 log üzerine kadar gıda mikrobiyolojik kalite anlamında kabul edilebilir sınırlar içinde sayılsa da bu durumun gıda prosesindeki düşük hijyenik şartların varlığını ifade edebileceği öne sürülmüştür (Health Canada, 2013 syf.4-7).

Laktik asit bakterileri vakum paketli bakteri popülasyonunun önemli bir kısmını oluşturmaktadırlar ve sıklıkla ısı işlem görmüş sosislerde istenmeyen koku ve tat değişimlerine ve bakteriyel bozulmalara sebep olmaktadır. Koku ve tat değişimleri bu bakterilerin yüzeyde gelişmeleriyle şekillenir. Ürün yüzeyinde yapışkan, jel bir tabaka oluşumuna, vakum paket ile sosisler arasında normalde şeffaf olan sıvının gri-beyaz renk

almasına sebep olurlar. Gelişmeleri sıralarında laktik asit ve asetik asit oluşturarak istenmeyen ekşimsi tada sebep olurlar. Bu ekşime sosis yüzeyinde daha belirgindir. Isıl işlem görmüş, vakum paketli sosislerde pH 6-6,5 seviyelerindedir ve laktik asit bakterilerinin üremesiyle pH giderek düşer. 5,8-5,9 pH değerlerinde sosisler bozulmuş kabul edilir ve bozulmanın ilerleyen aşamalarında pH 4.6 ya kadar düşebilir (Korkeala ve Björkroth, 1997).

Genelde *Lactobacilli* ve *Leuconostos* cinsi bakterilere bağlı olarak paketlerde CO<sub>2</sub> oluşumu ve şişme görülebilir ve mikrobiyal bozulma için indikatör görevi görmektedir. Paket içeriğinde %10 olarak başlayan CO<sub>2</sub> oranı bozulmayla birlikte %40'lara kadar ulaşmaktadır (Korkeala ve Björkroth, 1997).

Salam ve sosis vb. et ürünleri; açıkta, vakumlu paketleme yapılarak veya modifiye-atmosfer paketleme (MAP) yapılarak satışa sunulabilirler ve bu amaçla paketlemede karbondioksit gazı veya karbondioksit ve azot gazı kombinasyonu kullanılmaktadır. Vakum paketleme ve MAP yapılmış ürünlerin mikrobiyolojik bozulmasına psikrotrof *Lactobacillus* türlerinden; *L. curvatus*, *L. sake*, *L. viridescens* ve *Leuconostoc* türlerinden *L. carnosun*, *L. gelidum*, *L. mesenteroides* sebep olabilmektedir. Bu bozulmaların belirtileri arasında; gaz birikimi, bulanık görünümde sıvı birikimi, ürün yüzeyinde yapışkan tabaka oluşumu sayılabilir. Sükroz veya bal kullanılmışsa *Leuconostoc* spp. tarafından dekstran oluşumu gerçekleşebilir ve ekşimsi koku görülebilir. Bazı ürünlerde *Serratia liquefaciens* üremesi ve aminoasitlerin bu bakterilerce parçalanmasıyla amonyak kokusu görülebilir. Paket bütünlüğünün bozulduğu durumlarda maya ve küf gelişimi ile istenmeyen tat, koku ve renk değişimleri ile yapışkan yapı görülebilir (Kışla, 2016 syf.258).

Düşük karbonhidrat içeriğine sahip ürünlerde bozulma Gram negatif proteolitik bakterilerce olur ve protein parçalanmasına bağlı kokuşma görülür. Uzun süreli depolanma durumlarında maya ve küf kaynaklı bozulmalar görülebilir. *Lactobacillus* spp. üremesi ve hidrojen peroksit oluşumu sonrası yeşilimsi gri renk görülebilir (Kışla, 2016 syf.258).

Açıkta satılan ürünlerde ve geçirgen ambalajların kullanıldığı durumlarda aerobik koşullar mevcuttur. Bu durumlarda bazı *Lactobacillus* spp. tarafından hidrojen peroksit gazı üretilir ve bu gaz gıda yapısındaki nitrozohemokromu oksitleyerek ve kahverengi renkte olan metmyoglobin yada yeşil renkteki porfirinlerin oluşmasına sebep olur ve yeşil ve gri arası değişen renk durumu görülür (Kışla, 2016 syf.258).

Soğuk muhafazanın uygulandığı dana ve domuz etinde bozulmayla ilişkilendirilen bakteriler; *Brochothrix thermosphacta*, *Carnobacterium* spp., *Enterobacteriaceae*, *Lactobacillus* spp., *Leuconostoc* spp., *Pseudomonas* spp. ve *Shewanella putrefaciens* bakterileridir. Etteki bozulmaya bağlı temel kusurlar kötü koku ve kötü tattır ancak renk değişimleri ve gaz oluşumu da görülmektedir. Soğuk muhafazanın uygulandığı et ürünlerinde ise bozucu bakteriler arasında; *B. thermosphacta*, *Carnobacterium* spp, *Lactobacillus* spp, *Leuconostoc* spp. ve *Weissella* spp. bakterileri yer almaktadır. Bu bakteriler işlenmiş et ürünlerinde istenmeyen ekşimsi tat ve pH'da düşme, renk bozulmaları, gaz oluşumu ve malaşlanmaya sebep olurlar (Elisabeth ve diğ., 1996).

Modifiye-atmosfer paketleme (MAP) ve vakum paketleme (VP) yapılmış et ve et ürünlerinde bozulma; laktik asit bakterileri ile *B. thermosphacta* ve diğer anaerob veya fakültatif anaerob bakteriler sebebiyle gerçekleşir. Bozulma etin çiğ veya pişmiş olması, pH değeri, kürlenmiş oluş olmaması gibi faktörlere göre şekillenir (Erol, 2007 syf.294).

## 2.6. SALAM VE SOSİSTE PAKETLEME

Gıdaların raf ömrünü etkileyen faktörlerin başında gıdanın üretildiği ortamın hijyenik koşulları ve gıdanın muhafaza sıcaklığı gelmektedir. Bunların dışında; %78 azot, %21 oksijen ve <% 0.1 karbondioksit içeren normal atmosfer şartları gıdalarda çoğu mikroorganizmanın gelişmesini teşvik ettiğinden raf ömrünü sınırlayan önemli bir faktördür. Buna dayanarak, raf ömrünü uzatmak amacıyla paket içeriğindeki karbondioksitin artırılması ve oksijenin azaltılması gıdaların bozulmasına sebep olan mikroorganizmaların çoğalmalarını, enzimsel ve respiratorik aktivitenin kısıtlanarak gıdaların raf ömrü ve kalite özelliklerin daha uzun süre korumalarını sağlamaktadır. Gıdalarda bu amaçla en çok kullanılan paketleme yöntemleri modifiye-atmosfer paketleme (MAP), vakum paketleme (VP) ve kontrollü-atmosfer paketleme (KAP) yöntemleridir. Genellikle karbondioksit ve azot gazı kullanılmaktadır (Erol, 2007 syf.293).

Modifiye-atmosfer paketleme yöntemi genellikle küçük porsiyonlu gıdalarda kullanılır. Bu yöntemde gıdalar pakete yerleştirildikten sonra paket içindeki hava boşaltılır ve yerine belirlenen miktarda azot, karbondioksit ve/veya oksijen den oluşan gaz karışımı doldurulur ve hermetik olarak paketlenir. Paket atmosferi gıda paketlenirken ayarlanmakta ve daha sonrasında takibi yapılamamaktadır. Gaz karışımı; ürünün metabolik aktivitesi ve

respirasyonu, gazın ürüne difüzyonu, paketin gaz geçirgenliği, gıdanın oksijene karşı hassaslığı gibi etmenler göz önünde bulundurularak belirlenir. Paketleme işleminden sonra paket içinde oksijen miktarı azalırken karbondioksit miktarı artmaktadır (Erol, 2007 syf.294).

Pişmiş veya kürlenmiş et ürünlerinde; %20-35 karbondioksit ve %65-80 azot dioksit içeren paketleme gazı kullanılması önerilmektedir (Erol, 2007 syf.296).

Kapalı-atmosfer paketleme genellikle büyük odalarda ve konteynerlerde paketlenmemiş halde muhafaza edilen sebze meyvelerde uygulanan, bu süreçte ortam atmosferinin takip edilip, oksijen ve karbondioksit miktarlarının istenen şekilde düzenlenmesine dayanan bir yöntemdir. Sebze ve meyvelerin buldukları ortamda oksijen oranı düşürülerek bu gıdaların oksidasyonu geciktirilir. Aynı zamanda meyve ve sebzelerin olgunlaşmasında rol oynayan etilen gazı oluşumu da azaltılarak raf ömrü uzatılmaktadır (Erol, 2007 syf.294).

Vakum paketleme; ambalaj içi gazın vakumlanarak boşaltılması ve gıdanın hermetik olarak paketlenmesidir (Erol, 2007 syf.294).

Oksijen oranının yüzde 1'den az olması durumunda; oksijensiz solunumun sonucu gıda dokusunun parçalanması ve istenmeyen tat ve koku değişimleri görülebilmektedir. Yine bu durum, başta *C. botulinum* ve diğer anaerobik patojenlerinde gıdada üremesine sebep olabilir. Paket materyalinin geçirgen olması, gıdanın toksin oluşumundan önce bozulmasına sebep olarak genellikle bu tehlikenin önüne geçebildiği bildirilmiştir (Erol, 2007 syf.295).

Kırmızı ette modifiye-atmosfer paketleme (%75 oksijen, %25 karbondioksit) ile -1 °C'de 2 aya kadar muhafaza sağlanabilmektedir. Kanatlı etlerinde düşük asitlik sebebiyle aynı başarı sağlanamamaktadır. Deniz ürünlerinde ise MAP veya VP uygulanmadan önce, bu gıdalarda 3.3 °C üzeri sıcaklıkta üreyebilen *C. botulinum* tip E bulunabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Erol, 2007 syf.295).

Oksijen, sebze ve meyvelerde uygulanan MAP ile olabildiğince düşürülmek istenmektedir. Bunun sebebi oksijenin bu gıdalardaki enzimatik ve metabolik faaliyetlerde görev alması ve aerobik mikroorganizmaların gelişimine olanak sağlamasıdır. Oksijen aynı zamanda kırmızı etteki miyoglobinin oksimiyoglobin yapısında kalmasını sağlayarak kırmızı rengi korumaktadır (Erol, 2007 syf.295).

Azot ortamdaki oksijeni azaltmak için kullanılan inert bir gazdır ve aerobik bakterilerin gelişimini engellemek için kullanılır. Doğrudan bu bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahip değildir. Gıda içerisinde çözünme yapmayan bir gazdır ve paket yapısında çökmeye sebep olmaz (Erol, 2007 syf.296).

Karbondioksit, antimikrobiyal etkiye sahiptir ve mikroorganizmaların lag ve log fazındaki jenerasyon sürelerini uzatmaktadır. Gıdaların yapısındaki su ve yağda çözünmektedir ve bu çözünme düşük sıcaklıklarda daha fazla olduğundan karbondioksit düşük sıcaklıklarda çok daha etkilidir. Karbondioksit; hücre zarının yapısını değiştirerek gıda bileşenlerinin hücreye alınmasını engelleme, enzimleri inaktive etme veya enzimatik faaliyetleri geciktirme, bakteri hücresi içinde çözünerek hücre içi pH'ı değiştirme, protein yapısını değiştirme gibi etkilere sahiptir. Gram negatif bakteriler karbondioksite daha duyarlıdır. Bozulmaya sebep olan önemli bakterilerden olan *Pseudomonas* spp. üzerinde oldukça etkilidir. Laktik asit bakterileri ve *C. botulinum*, *C. perfringens* gibi anaerobik bakteriler ise karbondioksite dirençlidirler (Erol, 2007 syf.296).

## 2.7. SALAM VE SOSİSTE GIDA GÜVENLİĞİ TEHLİKELERİ

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliğinde (2011), ısıtılmış işlem görmüş et ürünleri için *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, ve *Escherichia coli* O157 için limitler alınacak 5 numunenin hepsinde 0 kob/25 gram veya mililitre olarak belirlenmiştir (TGK, 2011).

Kanada Sağlık Bakanlığı (Health Canada); tüketime hazır gıdalarda bulunabilecek patojenler arasında; *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Shiella* spp., *E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes*, *Vibrio cholerae*, *Vibrio parahaemolyticus* bakterilerini saymıştır. Gıda güvenliği için bu bakterilerin gıdanın 25 gramında tespit edilememiş olması gerektiğini belirtmiştir. Bu gıdalarda bulunabilecek diğer patojenler arasında *Clostridium perfringens*, Koagülaz-pozitif stafilkoklar, *Bacillus cereus* ve diğer patojenik *Bacillus* bakterileri sayılmıştır (Health Canada, 2013 syf.4-7).

### 2.7.1. Biyolojik Tehlikeler

*Clostridium botulinum*, *Salmonella* spp., *Listeria* spp. gibi patojen bakteriler yemeye hazır ürünleri kontamine edip bu gıdalarda üreyebilmektedirler. Kontaminasyonlar hammaddenin üretilmesinde, işlenmesinde veya son ürüne sonradan bulaşma olarak

gerçekleşebilirler. Bu gibi tehlikelerin önlenmesi için; ürünün işlenmesi ve depolanmasında sıcaklık ve süreler dikkat edilmeli ve bu süreler izlenerek kaydedilmelidirler. İşletme içi hijyen şartları iyi olmalı, üretimde kullanılan alet-ekipman temizliğine özen gösterilmelidir. Son ürünlerin çevreden veya personelden kaynaklanan kontaminasyonlarına izin verilmemelidir. Son üründe *C. botulinum* üremesini ve toksin üretmesini engellemek için nitrat ve nitrit kullanılmalıdır (AFDO ve UF, 2004).

Az pişmiş, kürlenmiş ve fermente ürünler canlı parazitler içerebilmektedirler. Bu tehlikelerin önlenmesi için hammaddeler muayene edilmeli, kırmızı et ürünleri 68°C'de 15 saniye veya eş değeri sıcaklıkta, kanatlı ürünleri ise 74°C'de 15 saniye veya eş değeri sıcaklıkta pişirme veya ısıl işleme tabi tutulmalıdırlar (AFDO ve UF, 2004).

### **2.7.1.1. *Salmonella* spp.**

*Salmonella*; *Enterobacteriaceae* ailesine ait, hareketli, gram-negatif ve çubuk şeklinde bakterilerdir. İnsanlarda hastalık tablosu yaratan *S. enterica* ve *S. bongori* iki türü bulunmaktadır. *S. enterica* halk sağlığı açısından en önemli tehlikelerdendir. Doğada yaygın olarak bulunurlar ve omurgalı canlıların bağırsaklarında koloni oluşturmaktadırlar. Fekal-oral yolla insanlara geçmektedirler (FDA, 2012).

İnsanlarda gastrointestinal hastalık ve tifo olmak üzere iki hastalık tablosuna sebep olurlar. Gastrointestinal hastalıkta bakteri ince bağırsakta inflamasyona sebep olmaktadır. Bulantı, kusma, kramp, ateş gibi semptomlar görülmekte ve 1 hafta içinde semptomlar azalarak geçmektedir. Tifo durumunda bakteri kan dolaşımına girmiştir ve vücudun çeşitli bölgelerine taşınmaktadır. Yüksek ateş, ishal veya kabızlık, vücutta ve başta ağrı, letarji ve bazen ürtiker görülür. Çok ciddi bir rahatsızlıktır ve tedavi almayan insanlarda %10'a kadar ölüm görülmektedir. Tifoya *S. typhi* ve *S. paratyphi* A serotipleri sebep olmaktadır (FDA, 2012).

Et ürünleri, yumurta, meyveler, sebzeler, hatta kuru gıdalar gibi pek çok gıda kontamine olarak gastrointestinal hastalık tablosuna sebep verebilir. Tifo durumu ise genellikle kanalizasyonun içme ve sulama sularına karışmasıyla ilişkilendirilmiştir. Gıdaya bulaştığında gıdadan uzaklaştırılması çok zordur. Gıdaların uygun sıcaklıklarda ve sürelerde pişirilmesi, doğru el yıkama alışkanlığı edinilmesi, çiğ gıdaların pişmiş gıdalardan ayrı olarak ve uygun sıcaklıklarda saklanmaları alınabilecek önlemlerdendir (FDA, 2012).

### 2.7.1.2. *Listeria monocytogenes*

*Listeria monocytogenes*; gram-pozitif, çubuk şeklinde, flagella yoluyla hareket eden, fakültatif bakteridir. Hastalık tablosuna diğer patojenler arasında daha az rastlansa da gıda kaynaklı ölümlerin başlıca sebepleri arasında sayılmaktadır. 13 serotipi bulunmaktadır. Çok dayanıklı bir bakteridir. Yüksek tuza dayanıklı olup diğer patojenlerin aksine 1 °C'nin altındaki sıcaklıklarda bile üreyebilmektedir. Doğada hemen her yerde bulunabilmektedir ve özellikle nemli alanlarda, toprakta ve çürüyen sebzelerde daha sık rastlanır. Gıda üretim alanlarında kör noktalarda bulunabilmesi ile de tehlike yaratmaktadır (FDA, 2012).

İki türlü hasyalığa sebep olmaktadır. Birincisi; hafif veya orta şiddette olan, bulantı, kusma, ağrı, ateş ve bazen ishal durumunun olduğu ve genellikle kendi kendine geçen bir hastalık durumudur. İkinci ve daha ciddi olan hastalık tablosunda ise bakteri kan dolaşımına girerek sinir sistemine geçer ve sonrasında beyine giderek menenjit ve diğer ölümcül rahatsızlıkları meydana getirir. Hamile kadınlar bakteriye daha duyarlıdır. Kendileri genellikle hastalığı atlarsalar da düşük durumu yaygındır. Romatizma ilaçları kullanan, kemoterapi alan, kronik hastalığı olan ve yaşlılar gibi bağışıklık sistemi zayıf olan insanlar da bakteriye daha duyarlıdır. *Listeria* ile ilişkilendirilen başlıca gıdalar; çiğ veya yetersiz pastörize edilmiş süt, tütülenmiş balık ve diğer deniz ürünleri, şarküteri ürünleri dahil olmak üzere et ürünleri, peynirler (özellikle çiğ süttten yapılan peynirler ve yumuşak peynirler), çiğ tüketilen sebzelerdir. Bakteriden korunmak için çiğ süt ve çiğ sütle yapılmış peynirler tüketilmemeli, gıdalar uygun sıcaklıklarda pişirilmeli, meyve ve sebzeler yıkanarak tüketilmeli, çiğ gıdaların pişmiş gıdalara, mutfaklardaki alet, ekipman ve yüzeylere temas etmeleri önlenmeli, çiğ gıdalara temastan sonra eller yıkanmalıdır (FDA, 2012).

### 2.7.1.3. *Patojenik Escherichia coli Grubu*

*E. coli* insan bağırsağında yaygın olarak bulunmakta olup, normal bağırsak florasının önemli bir parçasıdır. İnsan sağlığı için, örneğin bağırsağa patojenlerin tutunmalarını önlemek gibi önemli rolleri bulunmaktadır. Ancak patojen olarak bilinen 6 *E. coli* grubu insanlarda hastalığa sebep olmaktadır. Enterotoksijenik *Escherichia coli* (ETEC), enteropatojenik *Escherichia coli* (EPEC), enterohemorajik *Escherichia coli* (EHEC), enteroinvaziv *Escherichia coli* (EIEC), enteroagregatif *Escherichia coli* (EAEC) ve diffuz aderent *E. coli* (DAEC) bu grubun üyeleridir. Gram-negatif ve çubuk şeklindedirler (FDA, 2012).

ETEC, genellikle “turist ishali” olarak bilinen ve daha düşük hijyen standartlarına sahip ülkelere seyahat eden insanların karşılaştığı hastalık durumuna sebep olur. Pirinç suyu

görünümünde ishal ve kramplar görülür ve genellikle semptomlar birkaç gün içinde düzelir. Bakterinin en önemli kaynağı insanların bağırsağı olarak görülmektedir ve genelde kontamine sudan bulaşır. Çocuk ölümlerinde önemli bir sebeptir. EPEC yine benzer şekilde düşük hijyen standartlarına sahip ülkelerde görülen ve fekal-oral yolla genellikle su kaynaklı bulaşan bir patojendir. Biberonla beslenen bebeklerde hastalık tabloları rastlanır. Tek bilinen rezervuarı insanların bağırsakları olan EIEC ise yine fekal-oral yolla insanlara bulaşabilmekte ve dizanteri benzeri hastalık tablosu oluşturabilmektedir (FDA, 2012).

Shiga-toksijenik *E. coli* (STEC), 200 ila 400 arasında serotipi mevcut olan,; Shiga toksini (Stx) üretebilmeleri ile karakterize olan bakterilerdir. Bunların içinde yalnızca bir kısmı insanlarda ciddi hastalıklara sebep olurlar ve EHEC olarak isimlendirilirler. EHEC kaynaklı vakaların yaklaşık yüzde 75'i *E. coli* O157:H7 suşu tarafından kaynaklanmaktadır. Enfeksiyonlar asemptomatik geçebileceği gibi ölümcül de olabilmektedirler. Normal ishal şeklinde başlayıp sonrasında ciddi mide kramplarının görüldüğü kanamalı ishale dönen, hemorajik kolit tablosu görülebilir. Hastalık bazen daha da ilerleyerek hemolitik üremik sendrom (HÜS) veya trombotik trombositopenik purpura (TTP) gibi hayatı tehdit eden rahatsızlıklara da sebep olabilir. Pastörize edilmemiş süt ve meyve suları, kıyma, marul, ıspanak ve hazır kurabiye hamuru gibi pek çok gıdadan kaynaklanmış vakalar raporlanmıştır. Yoğurt ve fermente sosisler gibi düşük pH'lı gıdalardan da kaynaklanabileceği öne sürülmüştür. Özellikle çocuklar ve bağırsık sistemi zayıf olan bireyler için tehlikelidir. Kıymanın iyi pişirilmesi, meyve ve sebzelerin akan su altında iyice yıkanması, çiğ süt ve süt ürünlerinin tüketilmemesi alınabilecek önlemlerdir (FDA, 2012).

#### **2.7.1.4. *Staphylococcus aureus***

*Staphylococcus aureus* gram-pozitif, hareketsiz, yuvarlak şeklindeki bakteridir. İnsanlarda etkili patojenler arasında en dayanıklılarından ve kuru ortamlarda bile uzun süreler canlı kalabilir. Mezofiliktirler. Toksin üretirler ve ürettikleri toksin proteolitik enzimlere dirençli olup mide asitlerinden etkilenmezler. İshal, kusma, kramplar, bulantı, baş ağrısı, kan basıncı değişimleri gibi semptomlar görülür. Ölüm nadir görülür ancak yaşlılar ve bebekler gibi hassas gruplarda rapor edilmiştir. Bakteri çevrede yaygın bulunduğu için çeşitli şekillerde gıdaya bulaşabilir. Isıl işleme tabi tutulmamış gıdalarda bulunduğu varsayılır. Bakteri ısı ile bertaraf edilebilse de gıdada mevcut olan toksin üzerinde etki göstermemektedir. *S. aureus* ile ilişkilendirilen gıdalar arasında; et ve et ürünleri, kanatlı eti ve ürünleri, yumurta içeren gıdalar, çeşitli salatalar, hamur işleri ve kremalı tatlılar, süt ve süt

ürünleri, çeşitli soslar sayılmaktadır. Uzun işlemlerden geçen ve uygun saklama sıcaklığından daha yüksek sıcaklıklara maruz kalan gıdalar sıklıkla *S. aureus* kaynaklı gıda zehirlenmelerinde rol oynarlar. El hijyeni, gıda üretiminde kullanılan alet ve ekipmanların temizliği, ortam temizliği ve gıdaların uygun sıcaklıklarda saklanmaları alınabilecek önlemlerdendir (FDA, 2012).

#### 2.7.1.5. *Taenia* spp.

*Taenia* spp., domuz yassı solucanı *Taenia solium*, sığır yassı solucanı *Taenia saginata*, ve Asya yassı solucanı *Taenia asiatica* türlerini kapsayan ve insanların ince bağırsağında olgunlaşan parazitlerdir. Memeli canlıları ara konak olarak kullanarak esas konağı olan insan bağırsağına tutunarak hayat döngülerini tamamlarlar. İnsan dışkısı ile yumurtalarını yayarlar ve bu yumurtalar aylarca toprakta veya suda canlı kalabilirler. *T. solium* veya *T. asiatica* domuzlar tarafından, *T. saginata* ise sığırlar tarafından tüketildikten sonra yumurtadan çıkan parazit bağırsağı delerek kan dolaşımına geçer ve sonrasında da çeşitli dokulara yerleşir. Kendini bir kılıf içine sardığı sistiserkoz yapısına geçer ve aylarca bu halde yaşamını sürdürebilir. İnsanlara genellikle yetersiz ısı işlem görmüş sığır ve domuz etinden geçerler. Hastalık durumu çoğu insanda semptomsuz geçer ancak ishal, bulantı, ağrı, iştah kaybı görülebilir. *T. solium* insanlarda da sistiserkoz durumu oluşturabileceğinden daha tehlikelidir. Nadiren olsa da insanlarda da kan dolaşımına geçebilen diğer parazitler beyin gibi hassas organlara yerleştiklerinde ölümcül olabilirler. Korunmak için et ve et ürünleri uygun sıcaklık ve sürelerde (parça etler için iç sıcaklıkları en az 63 °C ve en az 3 dakika süreyle, kıyma için iç sıcaklığı 72 °C ve en az 3 dakika süre ile) pişirilmelidirler (FDA, 2012).

#### 2.7.2. Kimyasal Tehlikeler

Et ürünlerinde görülebilecek kimyasal tehlikeler arasında; antibiyotik kalıntıları, pestisit kalıntıları, hayvanda büyümeyi teşvik edici ajanların kalıntıları sayılabilir. Bu tehlikelerin önüne geçebilmek için güvenilirliği sertifikalarla kanıtlanmış üreticilerden hammadde temini yapılmalıdır. Üreticilerin Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP) sistemini benimsemiş olmaları ve istenildiği takdirde bu anlamdaki tuttukları kayıtları paylaşabilir olmaları gerekmektedir. Gıdalara eklenecek kürlenme ajanları kalibre edilmiş terazilerle tartılarak eklenmeli ya da önceden tartılmış paketler halinde satın alınarak kullanılmalıdır (AFDO ve UF, 2004).

### 2.7.3. Fiziksel Tehlikeler

Gıda üretim aşamalarında gıdaya karışabilecek, metal parçaları gibi maddeler fiziksel tehlike olarak sınıflandırılırlar. Üretim hattına eklenecek metal dedektörleri bu tehlikeleri elimine etmek için gereklidir. Üretimde kullanılan alet-ekipmandan parçalar düşmemesi adına bunların bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. Bu tehlikeler hammadde de bulunabileceklerinden güvenilir üreticilerden hammadde temini yapılmalıdır (AFDO ve UF, 2004).

## 2.8. CLOSTRIDIUM BOTULINUM VE BOTULİZM

*C. botulinum* Gram-pozitif, anaerobik, sporlu, basil formunda bir bakteri cinsidir. Bu bakteriler yalnızca botulinum nörotoksini (BoNT) üretebilme yetenekleri göz önünde bulundurularak sınıflandırılmışlardır. Botulinum nörotoksini botulizme sebep olmaktadır ve bilinen en toksik maddedir (Hauschild, 1989; Hatheway, 1988; Sobel, 2005; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

*C. botulinum* bakterisi zorlu koşullarla karşılaştığında spor oluşturmaktadır ancak bu sporlar vejetatif forma geçip toksin oluşturmadıkları takdirde insan sağlığı için risk oluşturmamaktadırlar. Bu sporlar sağlıklı insanların bağırsaklarında gelişmemektedirler (Peck, 2009; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

Tarih boyunca, insanların gıdaları saklamaları beraberinde *C. botulinum* bakterisi kaynaklı botulizm vakalarını da getirmiştir (Lund ve Peck, 2000; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). 18. yy. sonlarına doğru Napolyon savaşları sonucu fakirleşen Avrupa’da gıda kaynaklı olduğu düşünülen yeni bir hastalık yayılmış ve pek çok ölüme sebep olmuştur (Erbguth, 2008; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). Daha sonrasında, Güney-batı Almanya’da bu hastalığın sebebi olarak kan sosisi öne sürülmüştür. Bunun üzerine genç bir sağlık çalışanı olan Justinus Kerner bu bağlantıyı kanıtlamış ve 1820’de botulizmin ilk tanımlarını içeren çalışmasını yayınlamıştır. Bu rahatsızlığa “sosis zehirlenmesi” adını vererek rapor edilebilir bir hastalık haline getirmiştir. Biyolojik bir zehirin bu rahatsızlığa sebep olduğunu öne sürmüş ve kendi üzerinde bu zehiri denemiştir. (Kerner, 1820; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

1895’in Aralık ayında Belçika’da bir cenaze töreninde sahne aldıktan sonra 34 kişiden oluşan bir müzisyen grubu ikram edilen tütsülenmiş ve salamura edilmiş jambon tüketmiş ve sonrasında felç benzeri semptomlar göstererek hayatlarını kaybetmişlerdir (Erbguth, 2004;

akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). Doktor Emile van Ermengem bu olayı incelediğinde jambonda ve kurbanların vücutlarında aynı anaerobik bakterinin varlığını ve toksin ürettiğini keşfetmiş ve bu bakteriye *Bacillus botulinus* ismini vermiştir. “*Botulinus*” Latince’de sosis anlamına gelmektedir (van Ermengem, 1979; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). 1917 yılında ise Clostridium cinsi bakterilere dahil edilip *Clostridium botulinum* olarak isimlendirilmiştir (Winslow ve diğ., 1917; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

1919’da bakterinin A ve B serotipleri Georgina Burke tarafından bulunmuştur (Burke, 1919; Rawson ve diğ., 2023 syf.2). Toksinin (BoNT/A) saflaştırılması ise 1920’lerde Herman Sonner tarafından gerçekleştirilmiştir (Sonner, 1928; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

Toksinin tıp sektöründe kullanılabileceği 200 yıl önce Kerner tarafından öne sürülse de bu anlamda ilk kullanım 1980’lerde şaşılık tedavisinde olmuştur (Scott, 1979; Scott, 1980; Schantz ve Scott, 1981; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). 1989’da FDA (Food and Drug Administration) tarafından BoNT/A’ya “Oculinum” ismiyle çeşitli hastalıkların tedavisi için izin verilmiştir. Bu hastalıklar; şaşılık, blefarospazm, hemifasiyal spazmdır (Schantz ve Johnson, 1997; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2). Sonrasında ilacın hakları Allergan ilaç şirketi tarafından alınmış ve “botox (onabotulinumtoxin A)” ismi verilmiştir (Ting ve Freiman, 2004; Monheit ve Pickett, 2017; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

Günümüzde botulinum toksinin tıpta kullanımı teknolojik gelişmelerle bu hastalıkların ötesine geçmiş ve 12 farklı hastalığın tedavisinde kullanılmaya başlanmıştır. Kozmetik sektöründe de giderek artan bir kullanım söz konusudur (Dorizas ve diğ., 2014; Chen, 2012; Duplantier ve diğ., 2016; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.2).

1950’lere kadar BoNT üretim tüm bakteriler *C. botulinum* cinsi olarak kabul edilmekteydi ve çok çeşitli bakteri bu gruba dahil edildi. 1950’lerde ise bu bakteriler filogenetik olarak 4 temel gruba (I, II, III ve IV) ayrıldılar (Collins ve East, 1998; Peck ve diğ., 2017; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.3).

Büyük ölçüde Grup I ve Grup II’ye ait suşlar insanlardaki botulizm vakalarından sorumludurlar. Grup III ise kuşlar ve bazı memelilerde botulizme sebep olurlar. Grup IV suşları *Clostridium argentinense* olarak yeniden isimlendirilmişlerdir ve BoNT/G üretirler, botulinumla nadiren ilişkilendirilirler (Suen ve diğ., 1988; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.3).

Botulinum toksini A, B, C, D, E, F ve G olmak üzere 7 grupta toplanmışlardır ve alt gruplara sahiptirler (Peck ve diğ., 2017; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.3). Grup I proteolitik suşları içerir ve *Clostridium parobotulinum* olarak da bilinirler. Proteolitik olmayan Grup II ise *Clostridium botulinum* olarak ifade edilir (Seddon, 1922; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.4).

**Tablo 2.1: *Clostridium* spp. ve Ürettikleri Bilinen Botulinum Toksinleri (Rawson ve diğ. syf.4).**

	Toksin Tipi	Toksin Alt Tipleri	Proteolitik Olma Durumu	Optimum Üreme Sıcaklığı (°C)	İlişkili Botulizm Vakaları
Grup I <i>C. botulinum</i> (proteolitik)	A, Proteolitik B, F, H	A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, B1, B2, B3, B5 (Ba), B6, B7, F1, F2, F3, F4, F5, Ab, Af, Bf, A(B), FA	+	35-40	İnsanlar (Genellikle Konserveler)
Grup II <i>C. botulinum</i> (proteolitik olmayan)	E, Proteolitik olmayan B, F	B4, E1, E2, E3, E6, E7, E8, E9, E10, E11, F6	-	18-25	İnsanlar (Genellikle Soğutulmuş Yada Düşük Isıl İşlem Uygulanmış Gıdalar)
Grup III <i>C. botulinum</i>	C, D	C, D, CD, DC	-	40	C: Kuşlar D: Sığırlar
Grup IV <i>C. argentinense</i>	G	G	+	37	Kayıtlı Salgın Yok
<i>C. baratii</i>	F	F7	-	30-45	İnsanlar
<i>C. butyricum</i>	E	E4, E5	-	30-37	İnsanlar

Botulinum toksininin insanlardaki ortalama ölümcül dozu (LD<sub>50</sub>) 70 kilogram bir insan için; vücuda solunumla alındığında 0,7-0,9 µg, damar içine verildiğinde 0,09-0,15 µg'dır (Arnon ve diğ., 2001; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Çok düşük dozlarda bile ölümcül olan botulinum toksini Amerika Birleşik Devletleri'nde CDC (Centers for Disease Control and Prevention) tarafından en riskli kategori olan "Kategori A" ajanları arasında listelenmiştir (CDC, 2018; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Tarihte botulinum toksinin biyolojik bir silah olarak kullanılma amacıyla üretildiğinin örnekleri mevcuttur. 1985 ila 1991 yılları arasında, Saddam Hussein liderliğinde Irak'ta yürütülen biyolojik silah geliştirme programları altında 19 ton yoğunlaştırılmış botulinum toksin stoklandığı gözlemlenmiştir (Zilinkas, 1997; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Bu miktar tüm insanlığı 3 kez yok etmeye yeterlidir. Ancak botulinum toksin aerosol olarak kullanıldığında kararsız yapı göstermekte ve bir kaç saat içerisinde yıkımlanmaktadır (Villar ve diğ., 2006; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Biyolojik bir silah olarak botulinum toksininin kullanımına yönelik en önemli olay 1995'de Tokyo metrosuna yapılan terör saldırısıdır. Dinci bir tarikatın sarin gazı kullanarak gerçekleştirdiği bu terör saldırısının öncesinde 3 ayrı sefer botulinum toksini aerosolü kullanılmak istenmiş ancak başarısız olunmuştur (Arnon ve diğ., 2001; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Botulinum toksini çözündüğünde renksiz kokusuz ve tatsız solüsyonlar oluşturmaktadır ve sıvılarda çözündüğünde toksisitesinin %50'sini 70 güne kadar korumaktadır (Kazdobina, 1995; Cenciarelli, 2019; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5). Gelişmiş ülkelerde şebeke suyunda düzenli yapılacak klorlama, klor tarafından olası toksinin yıkımlanması sağlanacağından, bu amaçla yapılabilecek terör saldırılarının önüne geçecektir (Siegel, 1993; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.5).

Botulinum toksinleri bilinen en ölümcül toksinlerden biridir ve sinir sistemi faaliyetlerini bloklayarak solunum sistemi ve kaslarda felce sebep olmaktadır. İnsanlarda botulizm; gıda kaynaklı botulizm, infant botulizmi, açık yaralardan kaynaklı botulizm, solunum kaynaklı botulizm ve diğer seberle kaynaklanan botulizm vakalarını kapsar. (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

Botulizm insan ve diğer hayvanlarda nadir olarak görülen ancak ciddi sonuçları olabilen bir hastalıktır. Başta *Clostridium botulinum* olmak üzere *C. butyricum* ve *C. botatii* bakterilerinin ürettikleri toksinler sonucu bu hastalık görülmektedir. Bu bakterilerce üretilen toksinler içerdikleri aminoasitler bakımında A'dan G'ye kadar isimlendirilmişlerdir ve A, B,

E ve F toksinleri insanlarda görülen vakalardan sorumludurlar (Drivenes ve diğ., 2017; akt. Reis ve diğ., 2019 syf.59).

Gıda kaynaklı botulizm, yanlış muamele görmüş yiyeceklerden kaynaklanan, nadir görülen ancak hızlı şekilde teşhis edilip antitoksin ile tedavi edilmezse ölümcül olabilecek bir durumdur. Gıda kaynaklı botulizm sıklıkla evde yapılan konserve ve fermente gıdalardan kaynaklanmaktadır ve bu gıdaların hazırlanmasında dikkatli olunması gerekmektedir (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

*C. botulinum* bakterisi sporları ısıya dayanıklıdır ve doğada yaygın olarak bulunurlar. Oksijensiz ortamlarda bu sporlar vejetatif forma geçerler, ürerler ve toksin salgırlar. Gıda kaynaklı botulizm bu mekanizmanın gıdalarda gerçekleşmesi ve gıdadaki toksin varlığı sonucu görülen bir gıda toksikasyonudur ve botulizmin temel sebebidir (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

Gıdalarda *C. botulinum* gelişimi ve toksin oluşması için; gıda ortamının düşük oksijen konsantrasyonu, gıdanın saklanma sıcaklığının 4,4 °C'den yüksek olması, gıda pH'ının 4,6 dan yüksek olması, gıdada düşük tuz miktarı gibi parametrelerin sağlanması gerekmektedir. Düşük asiditeye sahip yeşil fasulye, pancar, mantar, ıspanak gibi çeşitli sebze konserveleeri, konserve ton balığı ve tütülenmiş balıklar, sosis ve jambon gibi et ürünleri gibi gıdalarda botulinum toksinine rastlanmıştır (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

*C. botulinum* sporları ısıya dayanıklı olsalar da üretilmiş toksin 85 °C'de 5 dakikadan uzun süreli ısı işlem ile yıkımlanmaktadır. Bu sebeple tüketime hazır, düşük oksijen içeren atmosfere sahip paketli gıdalar sıklıkla gıda kaynaklı botulizmle ilişkilidirler (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

Botulinum toksinleri sinir sistemini etkileyen nörotoksinlerdir ve gıda kaynaklı botulizm giderek şiddetlenen felç durumu ile karakterizedir. Erken belirtiler arasında; yorgunluk, güçsüzlük ve vertigo sayılabilir. Daha sonrasında görmede bozulmalar, ağız kuruluğu ve yutma güçlüğü, konuşma güçlüğü görülür. Felç boyun ve kollarda güçsüzlükle başlar ve sonrasında solunum kasları ve bacaklar etkilenir, ateş ve bilinç kaybı görülmez. Semptomlar genellikle 12 ila 36 saat arasında görülmektedir ancak 4 saat kadar kısa süre içinde de veya 8 günden sonrasında da görülmüştür. Vakaların %5-10'u ölümlle sonuçlanmaktadır (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

İnfant botulizmi 6 aydan küçük bebeklerde görülen bir tür botulizmdir. Gıda kaynaklı botulizmden farklı olarak gıdayla toksin alımı söz konusu değildir. Bebeklerde 6 aydan önce bağırsaklardaki savunma mekanizmaları tam gelişmediği için; gıdayla alınan *C. botulinum* sporları bağırsaklarda gelişerek toksin salgırlar. Kabızlık, iştah kaybı, kafa hareketlerinde kontrol kaybı ve ağlama şeklinde değişme gibi belirtiler görülür. Çeşitli gıdalarla ilişkilendirilse de temel olarak kontamine bal kaynaklı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple 1 yaşından küçük bebeklere bal verilmemesi gerekmektedir (www.who.int, Erişim tarihi: 3 Şubat 2024).

Yara kaynaklı botulizm ilk olarak 1951 yılında rapor edilmiştir. Yaranın *C. botulinum* sporları ile kontamine olması, yara bölgesinde anaerobik koşulların oluştuğu apse durumunun gelişmesi, kolonileşmenin görülmesi ve oluşan toksinin kan dolaşımına girmesi ile şekillenen botulizm türüdür (Davis ve diğ., 1951; Merson ve Dowell, 1973; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.7).

Nadir görülen botulizm türlerinden biri de yetişkinlerde görülen toksemi durumudur. Bağırsak mikrobiyotasının; aşırı antibiyotik kullanımı sonrası, bağırsak ameliyatları sonrası veya inflamatuvar bağırsak hastalığı sebebiyle zayıflamasının ardından, infant botulizmde olduğu gibi bağırsakta *C. botulinum* kolonileşmesi ve toksin salınımı sonrası gelişir (McCroskey ve Hatheway, 1988; Fenicia ve diğ., 2007; Harris ve diğ., 2020; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.7).

Günümüzde botulinum tedavisi semptomların kontrol edilmesi, mekanik solunum desteği ve botulinum antitoksini (BAT) enjeksiyonu ile yapılmaktadır. Antitoksine gerek olmadan, mekanik solunum cihazları gibi modern destekleyici tedaviler ile de tedavi gerçekleştirilebilmekte ancak daha uzun süreli ve maliyetli olmaktadır (O'Horo ve diğ., 2017; Rao ve diğ., 2021; akt. Rawson ve diğ., 2023 syf.8).

## 2.9. NİTRAT VE NİTRİT

Çiğ et pek çok patojeni yapısında barındırma potansiyelindedir ve bu patojenler gıda enfeksiyonlarına ve intoksikasyonlarına sebep olabilirler. *Clostridium botulinum* cinsi bakterilerin sebep oldukları intoksikasyonlar yüksek mortaliteye sahiptirler ve iyileşme çok uzun süreler almaktadır. Bu bakterilerin sporları toprakta ve çevrede hemen her yerde bulunmaktadır ve gıdalara çevreden, hayvanların derisinden veya sindirim sistemi içeriğinden

bulaşabilirler. Sporlar ısıya dayanıklıdır ve ısı ile tamamen elimine edilemeyebilirler. Uygun şartlar sağlandığında gıdada vejetatif forma geçen sporlar çoğalarak gıdada toksin oluşumuna sebep olabilirler. Toksin üretimi bakteri gelişimiyle doğrudan ilişkilidir ve hücre yapısı dağılan bakterilerden gıdaya geçer. Toksin gıda ile vücuda alındığında çevresel sinir sistemi uçlarına bağlanarak sinir iletimini kısıtlar. Toksin alımından sonra 12-72 saat arasında bulantı, kusma, halsizlik, kaslarda felç, kabızlık, çift görme ve solunum güçlüğü gibi semptomlar gelişir. Tedavi botulinum antitoksini ve mekanik solunum desteğini gerektirir (EFSA, 2003).

*C. botulinum*'un gıdada gelişimi ve toksin oluşumu bazı faktörlere bağlıdır. Bu faktörler gıdada yüksek nem oranı, düşük tuz oranı, 4,6 dan yüksek pH değeri, gıdanın düşük oksijenli ortamda muhafazası, proteolitik suşlar için 10°C'nin, proteolitik olmayan suşlar için 3°C'nin üzerindeki saklama sıcaklıklarıdır (EFSA, 2003).

*Clostridium botulinum* bakterisinin ette üreyip toksin oluşturmasını engellemek, etin kısmen muhafazasını sağlamak ve ette istenen tat ve rengi oluşturmak adına yapılan; tuzla kürlenme, kuru tuzlama, turşu yaparak kürlenme, tatlı turşu yaparak kürlenme ve dumanlama gibi pek çok kürlenme işlemi geliştirilmiştir ve bu işlemlerde tuzlar, nitrit ve nitrat, tatlandırıcılar ve antioksidanlar gibi çeşitli maddeler kullanılmaktadır. Uygulanan yöntemde ve kullanılacak maddelerin uygulanmasında doğruluğu kanıtlanmış gıda güvenliği yasalarını takip etmek zorunludur (AFDO ve UF, 2004).

Sodyum nitritin *C. botulinum* üzerinde etkili olduğu pek çok çalışmayla kanıtlanmıştır. Ancak gıda güvenliğinin sağlanması, nitrit kullanımının yanında, başka faktörlere de bağlıdır. Uygulanacak olan ısı ile işlemin özellikleri, gıdanın pH derecesi, su aktivitesi, redoks potansiyeli, ilk ürünün ne ölçüde sporlarla kontamine olduğu gibi parametreler de bu anlamda etkilidir. Nitritle kombinasyon halinde kullanılacak olan askorbat ve izoaskorbat da hem nitritin etkisini arttırmakta hem de nitrozaminlerin oluşumunu azaltmaktadır (Mottram ve diğ., 1975; akt. EFSA 2003).

Et kürlenme işlemleri için, nitratlar ve nitritler arasındaki fark, nitratların bu açıdan daha pasif olmalarıdır. Bu sebeple nitratlar ancak daha uzun sürelerde kürlenme işlemlerinin uygulandığı ürünlerde kullanılabilirler. Bu ürünlerdeki nitratlar ette var olan veya sonradan eklenen ve nitrat redüktaz enzimleri ile nitratları nitritlere indirgeyebilen bakterilerin faaliyetleri sonucu gerçekleşmektedir (Turp ve Sucu, 2016). Gıdaya katılan nitratın nitrite

indirgenerek antimikrobiyal etki sağladığı keşfedildikten sonra pek çok ülkede nitrat kullanımı bırakılıp yerine 80-120 ppm düzeyinde kürlenme ajanı olarak nitrit kullanılmaya başlanmıştır (Erol, 2007 syf.289).

1950'lerde nitratların doğrudan antimikrobiyal etkilerinin olmadığı ama nitritlerin ısı ile işleme birlikte gıdaların dayanımlarını arttırdıkları anlaşılmıştır. Günümüzde nitratlar, uzun olgunlaştırma sürelerini gerektiren, yavaş bir pH düşüşünün olduğu asidik ürünlerde, özellikle Akdeniz bölgesine özgü kurutulmuş gıdalar ve sosislerde kullanılmaktadırlar. Bu gıdalarda nitratlar kademeli olarak nitritlere dönüşerek hem gıda muhafazasına hem de bu ürünlerin karakteristik özelliklerinin oluşmasında önemlidir. Özellikle büyük parçalar halinde kuru kürlenme işleminin yapıldığı, tuzla muameleden sonra 2 ay gibi uzun süreler soğukta muhafazayı gerektiren gıdalarda nitritin gıdanın merkezine kadar işlemesi için nitratlar kullanılmaktadır. Bu tür gıdalar daha sonrasında yüksek sıcaklıklarda olgunlaştırma ve kurutma işlemlerine tabi tutulacaklarından nitritin gıdanın iç noktalarına kadar ulaşması gerekmektedir (EFSA 2003).

Kürlenmiş et ürünlerinde zamanla nitrit miktarında bir düşüş görülmektedir. Nitritlerin *C. botulinum* üzerine inhibe edici etkilerini gıdada en son tespit edilen kalıntı nitrit miktarına bağlayan pek çok çalışma bulunsa da tam anlamıyla ikna edici kanıtlar sunamamışlardır. Örneğin gıdada askorbatların bulunması durumunda nitrat seviyeleri tespit edilemeyecek seviyelere kadar inerse de *C. botulinum* gelişmesi engellenmiştir (EFSA 2003).

1974 yılında, kalıntı nitrit miktarının değil, zamanla azalarak kaybolan nitritin antimikrobiyal etki gösterdiği öne sürülmüştür (Pivnick ve Chang, 1974; akt. EFSA 2003).

Tompkin (2004) nitritlerin, buzdolabında muhafaza gibi belirli koşullarda *Listeria monocytogenes* üzerinde inhibe edici etki gösterdiğini ancak gram negatif enterik patojenler üzerinde bir etkisinin olmadığı sonucuna varmıştır (Tompkin, 2004; akt. EFSA, 2003).

*C. botulinum* bakterisinin proteolitik olan suşları proteolitik olanlarına göre gıda güvenliği açısından daha büyük risk taşımaktadır. Proteolitik olmayan suşlar 90°C'de 10 dakika veya eş değeri ısı ile sporlar tamamen elimine edilebilmektedirler. Bu suşlar %4'ten fazla oranda tuz içeren ortamlarda saklama koşulları ne olursa olsun gelişmemektedirler. Proteolitik suşların sporları ise ısıya çok daha dayanıklıdır, 4,6 pH üzerinde ve %10'a kadar sodyum klörür içeren ortamlarda bile çoğalabilirler. Sıcaklık ile

inhibe olabilmeleri için  $F_0 = 3$  değerinde ısıtma işlemi uygulanması gerekmektedir ancak pek çok gıdada bu işlem istenmeyen kalite değişimlerine sebep olmaktadır. Genelde sosislerde 0.1 ila 1.5 arası  $F_0$  değerlerinde ısıtma işlemleri uygulanır. Bu suşların kontrolü için uygulanan ısıtma işlemine ek olarak nitrit kullanımı, pH ayarlanması, su aktivitesinin düşürülmesi gibi uygulamalar gerekmektedir (EFSA, 2003).

Nitritin *C. botulinum* üzerindeki antimikrobiyal etkisini; hücre içi enzimlerin yapısına girip bozarak, bakterinin kullanacağı metalleri ve özellikle demiri bağlayarak, hücre zarının işlevselliğini bozup metabolizma olaylarını engelleyerek göstermektedir (Archer, 2002; akt; Ozbay ve diğ., 2019).

Nitrit çeşitli gıdalara kürlenme ajanı olarak katılabilir. Bu gıdalar arasında, salam, sosis, fermente sucuk pastırma ve bazı dumanlanmış et ürünleri yer almaktadır. Kürlenmiş ürünlerde karakteristik tat, koku ve renk özelliklerinin oluşmasını sağlayan nitrit, *C. botulinum* ve diğer anaerob sporlu bakterilerin gıdada çoğalmalarını ve toksin üretmelerini de engellemektedir. Yüksek seviyelerde (200 ppm ve üzeri) kullanılan nitritin; *Pseudomonas* spp., *Micrococcus* spp., *Aerobacter* spp., *Flavobacterium* spp., *Achromobacter* spp., üzerinde de etkili olduğu bilinmektedir. *Salmonella* ve *Lactobacillus* bakterileri ve virüsler ise nitrite daha dayanıklıdırlar. Nitritlerin antibakteriyel etkisi çeşitli reaksiyonlar sonucu gerçekleşmektedir. Et ürünlerine eklenen nitritin bir bölümü et proteinlerine bağlanarak ve sülfidril grupları ile reaksiyona girerek nitrozotiyol oluşturmaktadır. Yine çeşitli reaksiyonlar sonucu nitroz asitten yüksek antibakteriyel etkiye sahip olan hidroksilamin ( $NH_2OH$ ) oluşmaktadır ve duman ile beraber doğrudan etki göstermektedir. Nitrit, asidik ve anaerobik ortamlarda daha güçlü antibakteriyel etkiye sahiptir ve askorbat, izoaskorbat ve polifosfatlar ile beraber kullanılmaları bu etkiyi arttırmakta ve aynı zamanda kanserojen olan nitrozaminlerin oluşumunu da baskılamaktadır. 50 ppm seviyesinde kullanılan nitrit, gıdada *C. botulinum* tarafından toksin oluşmasını engellemektedir. Nitrit sporlu bakterilerde enzimleri ve demir içeren kofaktörleri bloke ederek antibakteriyel etki sağlamaktadır. Nitritin *C. botulinum* ve diğer sporlular üzerindeki etkisi; gıdanın saklama sıcaklığı, tuz oranı ve ilk bulaşma düzeyi gibi parametrelere de ciddi ölçüde bağlıdır (Erol, 2007 syf.288).

Nitrit katıldığı et ürünlerinde, suda çözünebilen aminoasitler üzerinde dezamine edici etki göstererek, kürlenmiş et kokusu ve tadının oluşmasını sağlamaktadır. Karbonil bileşiklerin de bu anlamda aromaya katkıları bulunmaktadır. Nitrit, kürlenmiş et ürünlerinde

karakteristik rengin oluşumunda da önemli bir katkı maddesidir. Nitrit, düşük pH'a sahip ortamlarda ilk olarak nitroz aside ( $\text{HNO}_2$ ) sonrasında ise kararsız yapıda olan nitrik aside ( $\text{HNO}_3$ ) parçalanmaktadır. Daha sonra nitrik asidin de indirgenmesi ile açığa çıkan nitrik oksit (NO) et yapısındaki miyoglobin ile birleşmesiyle nitrozomiyoglobin (MbNO) oluşur. MbNO kürlenmiş et ürünlerine pembe renk vermekte aynı zamanda yağları oksidatif acılaşmaya karşı korumaktadır. Nitrozomiyoglobin ısıya dayanıklı olmasına karşı oksijen ve ışığa karşı hassastır. Kürlenmiş et ürünlerinin ısıtılması ile MbNO, dış etmenlere çok daha dayanıklı olan ve yine pembe renk oluşumunu sağlayan nitrozomiyokromojene (ChrMbNO) dönüşmektedir. Bu tepkimeler etin normal pH değerlerinde yavaş gerçekleşmektedirler. Nitrat kullanılan gıdalarda ise nitrat az enzimi üreten bakteriler sayesinde nitrat parçalanarak nitrit oluşmakta ve sonrasında bu tepkimeler gerçekleşmektedir (Erol, 2007 syf.289).

Et yapısında miyoglobin belirli bir miktarda bulunduğundan, kürlenmiş et ürünlerine gereğinden fazla nitrit eklenmesi renkte daha fazla artışa sebep olmamakta, hatta pigmentlerin oksidasyonu ile beraber "nitrit yanığı" denilen kusura da sebep olmaktadır (Yıldırım, 1975; Tezcan, 1977; akt. Anter ve Ayaz, 1983, syf.20). İstenen renk oluşumu için 5-20 ppm oranında nitrit yeterli olmaktadır (Marriott ve diğ., 1981; akt. Anter ve Ayaz, 1983, syf.20).

### **2.9.1. Nitrat ve Nitritin Sağlığa Etkileri**

Nitrat ve nitrit doğada azot döngüsünün bir parçası olan ve her yerde rastlanan, çeşitli mikroorganizmalarca azotun okside edilmesiyle oluşan bileşiklerdir. Gıdalarda kullanımları hariç gübre olarak ve kimya sanayisinde de kullanılırlar. Nitrat ve nitrit sebzelerde de bulunurlar. Sebzelerdeki miktarı sebzenin türüne, mevsime ve ışığa göre değişebilir. Aşırı gübreleme sonucu su kaynakları da nitrat ve nitrit ile kontamine olabilirler (IARC ve WHO, 2010).

Dünya'da ve ülkemizde tüketilen çeşitli kürlenmiş et ürünleri bilinçsizce veya yasalarla belirtilen proselere ve limitlere uyulmadan üretildiklerinde tüketici sağlığı için risk oluşturabilirler (Ozbay ve diğ., 2019).

Vücuda dışarıdan alınan nitritler büyük oranda gıda yoluyla alınır. Gıda yoluyla doğrudan alınan veya vücutta nitrattan indirgenerek oluşan nitrit, aminlerle ve diğer maddelerle birleşerek N-nitrozo bileşikleri oluşturabilir (Shephard ve Lutz, 1989; akt. Ozbay ve diğ., 2019).

Nitrat ve nitritin sebzelerde işlenmiş et ürünlerine kıyasla daha yüksek miktarlarda bulunduğu ve vücuda alınan nitrit ve nitratın daha çok sebzelerden geldiği bilinmektedir (Honkiel, 2008; akt. Ozbay ve diğ., 2019).

Bu bilgilere dayanarak; işlenmiş et ürünlerinin nitrit-nitrat açısından değil nitrozamin açısından bir risk oluşturdukları söylenebilir. Bu gıdalar pek çok farklı gıdaya kıyasla daha fazla nitrozamin içermektedirler (Ozbay ve diğ., 2019).

Nitrozamin oluşumunda bazı mikroorganizmalar; nitratı nitrite indirgedikleri ve proteinleri aminlere parçaladıkları için önemli bir role sahiptirler. Nitrozamin oluşumu pişirme, tütsüleme ve ısıtma işlemlerinde de oluşabilirler (Ozbay ve diğ., 2019).

Nitritin sekonder ve tersiyer aminlerle tepkimeye girmesi ile çeşitli N-nitrozo bileşikler oluşabilmektedir. Bu bileşiklerin çoğunun kanserojenik özellikte oldukları bilinmektedir. Nitrozaminlere örnek olarak; N-nitrosodietilamin, N-nitrosodipropilamin, N-nitrosoprolidin, N-nitrosopiperidin ve N-nitroso-dietanalamin verilebilir (Erol, 2007 syf.289).

Nitrozaminler insanlar için kanserojen madde olarak tanımlanmışlardır (IARC, 1987; akt. Ozbay ve diğ., 2019). Vücutta mutajenik, teratojenik ve toksik etki gösterebilmektedirler. Bazı çalışmalar fazla miktarlarda nitrit alımı ile beyin kanseri, mide kanseri, özafagus kanseri gibi kanserlerin görülmesi arasında bir bağlantı olduğunu öne sürmüşlerdir. Çeşitli hayvanlarda yapılan deneylerde, primatlar da dahil olmak üzere 40 ayrı türdeki denek hayvanının farkı doku ve organlarında nitrozaminlerin kanser oluşturma potansiyeli gözlemlenmiştir. Beyin kanseri, nazofarenks kanseri, özafagus kanseri, mide-bağırsak kanserleri, karaciğer kanseri, böbrek kanseri, idrar kesesi kanseri gibi hastalıklar bu hayvanlar üzerinde gözlemlenmiştir. Bu bileşikler akut zehirlenmelerde karaciğer hasarına da sebep olabilmektedirler. Yapılan çalışmalarda henüz bu bileşiklere dirençli bir hayvan türüne rastlanmamıştır (Erol, 2007 syf.291).

Nitratın nitrite indirgenmesiyle özellikle küçük çocuklarda methemoglobinemi (mavi bebek sendromu) görülebilmektedir (IARC, 2010).

### 2.9.2. Gıdalardaki Kalıntı Nitrit Seviyelerinin Yorumlanması

Gıdalarda kalıntı nitrit seviyeleri gıdanın botulizm açısından güvenliği anlamında doğrudan bilgi verememektedir. Nitrit, gıdaya ısıl işlemlerde uygulanan sıcaklık ve süre, gıdanın pH değeri, gıdanın saklanma sıcaklıkları, askorbik asit veya diğer indirgeyici maddelerin eklenip eklenmediği gibi parametrelere bağlı olarak zaman içinde azalma göstermektedir. Gıdada nitritin tespit edilememiş olması; gıdanın içerisinde düşük miktarda nitrat kullanılmış ve yeni üretilmiş olduğu anlamına gelebileceği gibi orta seviyelerde nitrat kullanılmış ancak uzun süreler depolanmış ve askorbat eklenmiş olabileceği anlamına da gelir. Son ürünün hangi süreçlerden geçerek üretildiği bilinmiyorsa kalıntı nitrit miktarı botulizm riskini değerlendirmede sınırlı bir değer olarak kabul edilmektedir. Gıda teknolojisi geliştikçe ve askorbat kullanımını yaygınlaştıkça 1960'lerden beri kalıntı nitrit miktarları giderek azalma göstermiştir (EFSA, 2003).

Kalıntı nitrit miktarıyla alakalı; bu değerlerin ilk olarak eklenen nitrit miktarı hakkında net bir bilgi vermediği, yüksek sıcaklıklarda uygulanan ısıl işlem ile nitritlerin daha uzun süreler boyunca tespit edilebilir seviyelerde kaldıkları, askorbat kullanıldığında nitrit seviyelerinde çok daha hızlı bir düşüşün yaşandığı, saklama sıcaklığı arttıkça nitrit miktarının daha hızlı bir şekilde azaldığı bilinmektedir (Gibson ve diğ.; akt. EFSA, 2003).

### 2.9.3. Nitrit-Nitrat Alternatifine Yönelik Çalışmalar

Nitrit, et endüstrisi tarafından kürlenme işleminde kullanılan en yaygın bileşenlerdendir. Gıda teknolojisi açısından pek çok fayda sağlayan nitrit, ekonomik olduğu ve ete kolay uygulanabilir olduğu için dünya çapında kullanılmakta olan bir katkı maddesi olsa da nitrozamin oluşumuyla ilişkili olduğundan sağlık açısından şüphelere sebep olmaktadır (Shakil ve diğ., 2022, syf.1).

1980'lerden beri nitritlerin insan sağlığında önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Vücuda dışarıdan nitrit alınmasında ve enzimatik reaksiyonlar sonucu vücutta nitrik oksit (NO) oluşumunda bitkisel gıdalar önemli bir yer tutmaktadırlar (Dos Santos, 2021; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Nitrik oksit vücutta; enzim sentezinde, kan basıncının düzenlenmesinde, yaraların iyileşmesinde, bağışıklık sistemi tepkilerinin oluşumunda ve nörolojik faaliyetlerde görev almaktadır (Balligand, 2000; Milkowski ve diğ., 2010; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2).

Vücuttaki faydalı fonksiyonlarına karşı nitritler, yüksek dozlarda alındıklarında ikincil ve üçüncül aminlerle tepkimeye girerek kansere sebep olan nitrozaminlerin oluşmasına sebep olmaktadır (Oliveira ve diğ., 2004; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) tarafından yakın tarihte işlenmiş et ürünlerinin kanserojen olduklarını ve insanlarda kolorektal kansere sebep olduklarını öne sürmüştür (Bouvard ve diğ., 2015; 2022, syf.2). Bunun sonucunda uzmanlar tarafından et ve işlenmiş et ürünlerinin tüketiminin sınırlandırılması önerilmiştir. Ancak etin yüksek besin değeri ve demir içeriği sebebiyle tüketiminin azaltılması farklı sorunları beraberinde getirebileceğinden daha sağlıklı et ürünleri üretme ihtiyacı doğmuştur. (Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Bu alanda çalışmalar yapılmış olsa da nitritlerin gıdalardaki çeşitli fonksiyonlarının hepsini sağlayabilen bir alternatif bulunamamıştır. Bu sebeple öne sürülen engelleme (hurdle) teknolojisi; farklı fonksiyonlara sahip olduğu görülen nitrit alternatiflerinin, gıdaya eklenen nitriti azaltmak amacıyla, nitritle kombine kullanılması teknolojisidir (Alahakoon, 2015; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.2).

Nitrat; ıspanak, tere, marul, roka gibi yeşil yapraklı sebzelerde bolca bulunmaktadır ve bu sebzelerin 2500 mg/kg kadar nitrat içerebildikleri gösterilmiştir (Colla ve diğ., 2018; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.11).

Maydanoz (*Petroselinum crispum*) yüksek oranda (1000-2500 mg/kg) nitrat içeren bitkilerdendir ve nitrit yerine kullanılabilmesi öne sürülmüştür. Maydanoz ekstratının 60 ppm nitrit eşdeğeri ve üzerinde kullanıldığında, Mortadella tipi sosislerde *L. monocytogenes* inhibisyonunda geleneksel kürlenme tekniklerine eşit sonuçlar alınmıştır. 120 ppm nitrit seviyesi ve üzerinde ise (1 kilogram sosis için 4,29 gram maydanoz ekstratı) ürünler raf ömrü süresinin çoğunda kırmızı renklerini korumuşlardır (Riel ve diğ., 2017; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.11). Kereviz bu anlamda denenen başka bir sebze olup %0,8 kereviz tozu içeren sosisler duyusal kalite, renk, pH ve içerdikleri çeşitli azotlu bileşikler gibi özellikleri ile nitrit kullanılarak üretilen kontrol grubuyla benzer özellikler göstermişlerdir (Horsch ve diğ., 2014; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.11). Spreyleme ile kurutulmuş (spray dried) İsviçre pazısı tozu yine kereviz tozuna yakın özellikler göstermiştir (Sebranek ve diğ., 2012; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.12). Yakın zamanda Türk fermente sucuklarda yapılan bir çalışmada pancar tozu (*Beta vulgaris*) nitrit alternatifi olarak denenmiştir. %0,35 üzerinde pancar tozu kullanıldığında raf ömrü süresince ürünün kırmızı rengini koruduğu gözlemlenmiştir. Ancak nitritin kullanılmadığı veya azaltıldığı durumlarda daha çabuk oksidasyon görülmüştür (Sucu

ve Turp, 2018; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf. 12). Annatto tohumu tozu (*Bixa orellana* L.) bu nitrit alternatifi olarak domuz sosislerinde denenilen bir diğeri bitkisel üründür. 37,5 ppm nitrit ile beraber kullanıldığında kontrol grubuna (150 ppm nitrit) yakın renk özellikleri ve mikrobiyal gelişme kontrolü göstermiştir. %0,2 oranında kullanıldığında lipid oksidasyonunda kontrole benzer sonuçlar alınmıştır (Cuong ve Thoa, 2017; Shakil ve diğ., 2022 syf.12).

Organik asit iyonlarından laktat, sorbat ve sitrat antimikrobiyal özellik gösterirler. Bu özellik; su aktivitesini değiştirmelerinden, hücre zarından içeri girip hücre içi pH'ı değiştirmelerinden, hücre metabolizmasını etkileyerek adenozin trifosfat (ATP) sentezini kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır (Maas ve diğ., 1989; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). Sodyum, potasyum ve kalsiyum laktat aerobik ve anaerobik mikroorganizmalar üzerinde benzer etki göstermektedir (Shelef, 1994; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). Maas ve diğ. (1989) kemiksiz çiğ hindi etinde yüzde 3,5'e kadar sodyum laktat kullanımının proteolitik A ve B tiplerinden 10 farkı *C. botulinum* suşu sporunda antibotulinal etkisini göstermiştir (Maas ve diğ., 1989; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). 1994 yılında ise sous-vide yöntemiyle pişirilmiş kırmızı et ve tavuk göğsünde yüzde 2,4 ve 1,8 oranlarında kullanılan sodyum laktatın proteolitik ve proteolitik olmayan *C. botulinum* sporlarının toksin oluşturmalarını geciktirdiği tespit edilmiştir (Meng ve Genigeorgis, 1994; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43).

Bakteriyosin; bakterilerce üretilen antimikrobiyal protein ve peptitlere verilen isimdir. Bakteri ribozomundan sentezlenen bu maddeler diğeri bakteriler üzerinde inhibe edici etki göstermektedirler. Bakteriyosinler çeşitli proteinlerden oluşmaktadırlar ve birbirine yakın cinsteki bakteriler üzerinde; hücre duvarı sentezini kısıtlamak, hücre duvarı geçirgenliğini arttırmak ve enzim aktivitesini kısıtlamak yoluyla bu etkiyi sağlamaktadırlar (Klaenhammer, 1993; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). Bakteriyosinler güvenli ve etkili gıda koruyucuları olarak kabul edilirler (Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43).

Nisin bazı *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* suşları tarafından ve 30 yıldan uzun süredir gıda muhafazasında kullanılan bir bakteriosindir ve engelleme (hurdle) teknolojisinde kullanılma potansiyeline sahip etkili doğal koruyuculardır (Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). Geniş kullanım alanına sahip bir koruyucu olan nisin, ısı işlem görmüş gıdalarda ısıya dirençli çeşitli sporların ısı hassasiyetini arttırması sebebiyle kullanılmaktadır (Fowler ve

Gasson, 1991; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 43). 121,1 °C'de 3 dakika uygulanan ısı işleminden canlı çıkan *Clostridium* cinsi sporlarının nisine 10 kat daha duyarlı oldukları gösterilmiştir (Galvaz ve diğ., 1991; Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 44).

Yüksek hidrostatik basınç (YHP) paketli gıdalarda uygulanan bir gıda muhafaza yöntemidir. Paketli gıdaya 100 ila 900 MPa arasında basınç uygulanarak gıda mikroflorasının hücre metabolizması ve hücre bütünlüğü bozulmaktadır (Rendueles ve diğ., 2011; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 45). YHP yöntemi; et ürünleri de dahil olmak üzere çeşitli gıdalardaki olası patojenlerin inaktivasyonu amacıyla kullanılmakta olup gıda tadında değişime sebep olmamaktadır. Gıdadaki tuz varlığının bakteri hücrelerinin basınca duyarlılıklarını arttırdığı ve tekrar çoğalmalarını kısıtladığı öne sürülmektedir (Cheftel ve Culioli, 1997; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 45). Çeşitli süre ve sıcaklıklarda uygulanan YHP yönteminin, fosfat tampon tuz çözeltisindeki (PBS) *Clostridium Botulinum* tip A sporlarında inaktivasyon sağladığı gözlenmiştir (Reddy ve diğ., 2003; Reddy ve diğ., 2006; akt. Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 45).

Nitrit, et kürlenmesinde çok fonksiyonlu bir gıda katkı maddesi olarak kullanılsa da çeşitli araştırmalar nitritin insanlar için potansiyel karsinojen olduğunu göstermiş ve tüketiminin sınırlandırılması gerektiği bildirilmiştir. Buna karşıt görüş olarak nitritin insan sağlığına faydaları üzerinde de araştırmalar yapılmışsa da günümüzde nitrit içermeyen et ürünlerine dair bir tüketici isteği doğmuştur. Bu sebeple nitrit alternatifi olabilecek maddeler ve teknolojik uygulamalar araştırılmışsa da nitritin tüm fonksiyonlarını yerine getirebilecek tek bir katkı maddesi veya yöntem bulunamamıştır. Engelleme (hurdle) teknolojisi; gıdalarda kullanılan ve nitriti azaltmak amacıyla nitrite ek olarak, çeşitli maddelerin gıdaya eklenmesi veya gıda prosesinde çeşitli teknolojilerin kullanılmasını ifade etmektedir ve bu anlamda etkili yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ancak gıdaya eklenecek bu maddelerin ve uygulanacak çeşitli teknolojilerinin insan sağlığı açısından güvenilir olduklarının araştırılması gerekmektedir (Alahakoon ve diğ., 2015, syf. 46).

## 2.10. GIDALARDA NİTRAT-NİTRİT ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Gıdalarda özellikle et ve et ürünlerinde nitrat ve nitritlerin analizinde en çok kullanılan yöntemler spektrofotometrik ve yüksek performanslı sıvı kromatografisidir (HPLC).

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi, hızlı, güvenilir ve pek çok alanda yaygın kullanılan bir tekniktir. Bir maddenin yapısında çözünebilir hale geçebilecek her türlü bileşik bu yöntemle tespit edilebilmektedir. Gıdalarda kullanılan katkı maddeleri, antibiyotik kalıntıları pestisitler ve pek çok gıda bileşeni bu yöntemle analiz edilebilir. HPLC cihazı oto-örnekleme yaptığı gibi elle de örnekler makinanın enjektörüne eklenebilirler. Sonrasında cihaz, uygun çözücüler ve ultra saf su kullanılarak hazırlanan mobil fazla beraber örneği karıştırarak kolona taşıyacaktır. Bu işlemde degazör denilen parça mobil fazda oluşabilecek hava kabarcıklarını bertaraf eder. Oto-enjektör kullanan makinalara çok fazla örnek aynı anda eklenebilmektedir ve işlem esnasında mobil fazın tükenmemesine dikkat edilmelidir. Daha sonra karışım kolondan geçirilir ve dedektör vasıtasıyla kantitatif sonuçlar elde edilir. Örnekler makinaya yüklenirken filtreler kullanılması gözle görülmeyen partikülleri tutacak ve daha doğru analizler yapılmasını sağlayacaktır (Bengü, 2021).

## 3. YÖNTEM

### 3.1. GEREÇ

#### 3.1.1. Et Ürünü Örnekleri

Bu çalışmada, her biri en az 250 g olmak üzere, sığır etinden üretilmiş; farklı markalara ait ya da aynı markaya ait farklı tarihlerde üretilmiş olan 50 adet salam ve 50 adet sosis örneği toplanmıştır. Ürünler İstanbul'da perakende satış yapan marketlerden, şarküteri ürünü satan dükkanlardan, internet üzerinden satış ve eve teslimat yapan zincir marketler ve diğer satıcılardan temin edilmiştir. Örnekler paketli ürünlerden seçilmiş, açıkta satılan ürünler tercih edilmemiştir.

Ürünler satın alındıktan sonra hızlı bir şekilde 0-4°C'de soğuk muhafazaya alınmış ve 7 gün içerisinde analiz edilmiştir. Taşıma/nakil esnasında soğuk zincirin kırılmamasına özen gösterilmiştir.

### 3.1.2. Laboratuvarlarda Kullanılan Alet-Ekipman Ve Cihazlar

Hassas terazi (Sartorius CP 2245), karıştırıcı vortex (Velp Scientifica Rx3), membran filtre (Milipore, 0,45 mikrometre), filtre kağıdı (Macherey-Nagel) buzdolabı (Bosch Dynamic No Frost), HPLC cihazı (Shimadzu LC-2050) ve IC-PAK A4.6 × 50 mm (Waters) kolon, cam ve metal laboratuvar malzemeleri.

### 3.1.3. Analizde Kullanılan Solüsyonlar

Carrez I (1 L saf suda çözülmüş potasyum ferrosiyano trihidrat), Carrez II (30 mL Glasiyel asetik asit ilavesi ile 1 L suda çözülmüş 220 g çinko asetat dihidrat), boraks tampon çözeltisi (50 g disodyum tetra-borate dekahidrat/1 L su), mobil faz olarak %15 acetonitril içinde çözülmüş 5 mM dipotasyum fosfat ( $K_2HPO_4$ ).

## 3.2. YÖNTEM

Bu çalışmada salam ve sosis örneklerinde nitrit analizi Nordic Committee of Food Analysis (NMKL) 165 metodu ile yapılmıştır (NMKL, 2000).

### 3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Analizi

Örneklerin her biri sırayla karıştırıcı vortex (Velp Scientifica Rx3) ile homojenize edilerek ekstrakte edilmek üzere 10'ar g tartılmıştır. Her kullanımdan sonra karıştırıcı temizlenip kurutulmuştur. Ekstraksiyon; 10 g numuneye 0,5 gram aktif kömür, 5 mL doymuş boraks, 50 mL saf su (80°C) eklenmesi ve 15 dakika kaynar su banyosu yapılarak karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sonrasında örnekler oda sıcaklığına gelene kadar soğutulmuştur. Oda sıcaklığına gelen örneklerde durultma işlemi, 2 mL Carrez I (1 litre saf suda çözülmüş potasyum ferrosiyano trihidrat), ve 2 mL Carrez II (30 mL Glasiyel asetik asit ilavesi ile 1 L suda çözülmüş 220 g çinko asetat dihidrat) solüsyonları ve 5 L boraks tampon çözeltisi (50 g disodyum tetra-borate dekahidrat/1 L su) eklenerek yapılmış ve saf su ile 200 mL'ye tamamlanmıştır. Karışım önce filtre kağıdı (Macherey-Nagel) ve sonra 0.45 µm membran filtreden (Milipore) geçirilip HPLC sistemine (Shimadzu LC-2050) verilmek üzere 2 mL'lik tüplere alınmıştır.

Tespit edilebilir limit 0,5 mg/l nitrit solüsyonu kullanılarak 5 mg/l olarak bulunmuştur. Metodun validasyonu 5 mg/l standart nitrit solüsyonu ile sağlanmıştır. %5'in üstünde sapma

durumu yok ise numuneler seyreltme faktörü 20 olarak girilerek cihaza verilmiştir ve sonuçlar mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Hazırlanan ekstrakt; IC-PAK A4.6 × 50 mm (Waters) güçlü anyon değiştirme kolonu ile ayrılmıştır (pH 8,6, Akış hızı 0,6 mL/dk, tespit 215nm ve enjeksiyon hacmi: 20µl). Mobil faz olarak %15 acetonitril içinde çözünmüş 5 mM dipotasyum fosfat ( $K_2HPO_4$ ) kullanılmıştır.

#### 4. BULGULAR

Analize alınan toplam 100 adet salam ve sosis örneğinde tespit edilen nitrit miktarları detaylı olarak Tablo 4.1’de, bu miktarların değerlendirilmesi ise Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2’den de görülebileceği gibi, analiz edilen 50 adet salam örneğinin 13’ünün (%26) 5-20 mg/kg, 17’sinin (%34) 21-50 mg/kg, 5’inin (%10) 51-75 mg/kg, 7’sinin (%14) 76-100 mg/kg, 5’inin (%10) 101-125 mg/kg, 2’sinin (%4) 126-150 mg/kg değerleri arasında nitrit içerdiği, sadece 1 örneğin (%2) 150 mg/kg değerini aştığı tespit edilmiştir. Bu örnekte saptanan nitrit miktarı 180,4 mg/kg’dır (Tablo 4.1). 50 adet salam örneğinde ortalama nitrit miktarı 54,08 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Analize alınan 50 adet sosis örneğinin 11’inin (%22) 5-20 mg/kg, 19’unun (%38) 21-50 mg/kg, 3’ünün (%6) 51-75 mg/kg, 9’unun (%18) 76-100 mg/kg, 4’ünün (%8) 101-125 mg/kg, 2’sinin (%4) 126-150 mg/kg değerleri arasında nitrit içerdiği, sadece 2 örneğin (%4) 150 mg/kg değerini aştığı belirlenmiştir. Bu örneklerde tespit edilen nitrit seviyeleri sırasıyla 175,6 mg/kg ve 192,2 mg/kg olarak bulunmuştur (Tablo 4.1). 50 adet sosis örneğinde ortalama nitrit miktarı 55,08 mg/kg olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.1: Salam ve Sosis Örneklerinde Tespit Edilen Nitrit Miktarları.

SALAM		SOSİS	
Örnek No	Nitrit miktarı (mg/kg)	Örnek No	Nitrit miktarı (mg/kg)
1	60,9	1	24,6
2	12,6	2	27,7
3	18,8	3	15,2
4	33,3	4	29,7
5	7,1	5	49,9
6	43,1	6	27,8
7	60,5	7	23,7
8	43,3	8	42,0
9	38,9	9	46,1
10	34,4	10	10,9
11	27,1	11	30,8
12	46,5	12	57,9
13	26,4	13	16,5
14	82,7	14	128,9
15	55,9	15	52,9
16	102,6	16	35,8
17	14,6	17	85,3
18	15,8	18	90,3
19	15,84	19	11,3
20	92,6	20	28,6
21	13,9	21	49,9
22	11,4	22	12,6
23	77,3	23	45,2
24	14,5	24	15,2
25	45,6	25	35,4
26	78,9	26	78,6
27	8,7	27	15,0
28	108,4	28	16,5
29	65,6	29	27,4
30	7,8	30	8,8
31	125,6	31	105,3
32	19,3	32	93,2
33	25,9	33	26,8
34	45,4	34	78,2
35	82,6	35	110,8
36	56,3	36	130,5
37	135,8	37	192,2
38	90,8	38	100,4
39	29,7	39	10,8
40	110,3	40	120,4
41	180,4	41	12,1
42	88,5	42	68,3
43	16,5	43	25,3
44	22,4	44	175,6
45	31,8	45	26,8
46	120,8	46	83,1
47	142,3	47	78,2
48	48,4	48	96,3
49	23,6	49	55,4
50	42,1	50	23,9

**Tablo 4.2: Salam ve Sosis Örneklerinde Saptanan Nitrit Miktarlarının Değerlendirilmesi.**

Saptanan seviye (mg/kg)	SALAM		SOSİS		TOPLAM	
	Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
5-20	13	26	11	22	24	24
21-50	17	34	19	38	36	36
51-75	5	10	3	6	8	8
76-100	7	14	9	18	16	16
101-125	5	10	4	8	9	9
126-150	2	4	2	4	4	4
> 150	1	2	2	4	3	3

## 5. TARTIŞMA

Nitritler, et endüstrisi tarafından kürlenme işleminde kullanılan en yaygın bileşenlerdendir. Gıda teknolojisi açısından pek çok fayda sağlayan nitritler, ekonomik olduğu ve ete kolay uygulanabilir olduğu için dünya çapında kullanılmakta olan bir katkı maddesi olsa da nitrozamin oluşumuyla ilişkili olduğundan sağlık açısından şüphelere sebep olmaktadır (Shakil ve diğ., 2022, syf.1). Nitrat ve nitritlerin kendileri doğrudan kanserojen değildirler. Ancak, pek çoğu kanserojen olan nitrozamin bileşiklerine dönüşebilmektedirler. Bu dönüşümün iç sebeplere bağlı olabileceği gibi gıdanın işlenmesi sırasında da olabildiği bildirilmektedir (Tricker 1997; akt. Karwowska ve Kononiuk, 2020).

1980'lerden beri nitritlerin insan sağlığında önemli etkileri olduğu bilinmektedir. Vücuda dışarıdan nitrit alınımında ve enzimatik reaksiyonlar sonucu vücutta nitrik oksit (NO) oluşumunda bitkisel gıdalar önemli bir yer tutmaktadır (Dos Santos, 2021; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Nitrik oksit vücutta; enzim sentezinde, kan basıncının düzenlenmesinde, yaraların iyileşmesinde, bağışıklık sistemi tepkilerinin oluşumunda ve nörolojik faaliyetlerde görev almaktadır (Balligand, 2000; Milkowski ve diğ., 2010; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2).

Vücuttaki faydalı fonksiyonlarına karşı nitritler, yüksek dozlarda alındıklarında ikincil ve üçüncül aminlerle tepkimeye girerek kansere sebep olan nitrozaminlerin oluşmasına neden olmaktadır (Oliveira ve diğ., 2004; akt. Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı (IARC) yakın tarihte işlenmiş et ürünlerinin kanserojen olduklarını ve insanlarda kolorektal kansere sebep olduklarını öne sürmüştür (Bouvard ve diğ., 2015; 2022, syf.2). Bunun sonucunda uzmanlar tarafından et ve işlenmiş et ürünlerinin tüketiminin sınırlandırılması önerilmiştir. Ancak etin yüksek besin değeri ve demir içeriği sebebiyle tüketiminin azaltılması farklı sorunları beraberinde getirebileceğinden daha sağlıklı et ürünleri üretme ihtiyacı doğmuştur. (Shakil ve diğ., 2022, syf.2). Bu alanda çalışmalar yapılmış olsa da nitritlerin gıdalardaki çeşitli fonksiyonlarının hepsini sağlayabilen bir alternatif bulunamamıştır. Bu sebeple öne sürülen engelleme (hurdle) teknolojisi; farklı fonksiyonlara sahip olduğu görülen nitrit alternatiflerinin, gıdaya eklenen nitriti azaltmak amacıyla, nitritle kombine kullanılması teknolojisi (Alahakoon, 2015; akt. Shakil ve diğ., 2022 syf.2).

Tüketime sunulan salam ve sosislerde nitrit miktarlarının araştırıldığı bu çalışmada incelenen toplam 100 adet et ürünü örneğinin üçü dışında tamamının 32338 sayılı Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde belirtilen limitlere uygun oldukları belirlenmiştir. Sadece, 50 adet salam örneğinden 1'inin (%2) 180,4 mg/kg düzeyinde, 50 adet sosis örneğinden ise 2'sinin (%4) sırasıyla 175,6 mg/kg ve 192,2 mg/kg düzeylerinde nitrit içerdiği ve ilgili yönetmelikte limit değer olarak bildirilen 150 mg/kg'ı aştığı tespit edilmiştir. Örneklerde tespit edilen ortalama nitrit miktarları salam örneklerinde 54,08 mg/kg, sosis örneklerinde ise 55,08 mg/kg olarak bulunmuştur.

Ülkemizde farklı yıllarda et ürünlerinde nitrat ve nitrit miktarlarının araştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Et ürünlerinin ülkemizde sevilerek ve sıklıkla tüketilen gıda maddeleri olmaları ve bu ürünlerin içerdiği nitrit seviyelerinin tüketici sağlığını yakından ilgilendirmesi nedeniyle et ürünlerinde nitrit miktarlarının araştırılması gündemde olan çalışma konuları arasında yer almaktadır.

Anter ve Ayaz (1983) tarafından, ülkemizde Ankara ilinde yapılan bir çalışmada, farklı firmalara ait 50 adet sosis örneği, farklı zamanlarda toplanarak nitrit içerikleri analiz edilmiştir. Ülkemiz için o dönem geçerli olan nitrit limiti 200 mg/kg olarak belirtilmiştir. Analiz sonucuna göre, 50 örneğin 15'inde bu limitin aşıldığı tespit edilmiştir. Sosislerdeki ortalama nitrit miktarı 138 mg/kg olarak bulunmuştur. Analiz sonuçları önceki çalışmalarla karşılaştırıldığında nitrit limitlerine daha çok uyulduğu ancak Avrupa ülkelerine kıyasla hala çok yüksek miktarlarda olduğu belirtilmiştir. Bizim çalışmamıza kıyasla bu çalışmada sosislerde çok daha yüksek miktarlarda nitrit seviyeleri tespit edilmiştir.

Servi (1991), Elazığ ili ve çevresinden topladığı 141 et ürünüde nitrat ve nitrit miktarları açısından analiz etmiştir. Et ürünleri içerisinde yer alan 9 adet salam örneğinde ortalama nitrit miktarı  $73,1 \pm 17,1$  mg/kg olarak bulunmuş, bir adet salam örneği  $200 \pm 14,1$  mg/kg değeriyle, araştırmadaki tüm et ürünleri içerisindeki (sucuk, salam, sosis, pastırma) en yüksek sonuç olarak bulunmuştur. 27 adet salam örneğinden %37,03'ünün 75-230 mg/kg düzeyinde nitrit içerdiği tespit edilmiştir. 9 adet sosis örneğinde ise ortalama nitrit miktarı  $28 \pm 6,7$  mg/kg olarak bulunmuştur.

Elgezdi (1995) tarafından, İstanbul piyasasından, belirli teknolojik altyapıya sahip firmalara ait 20 adet sosis, 20 adet macar salam, 20 adet baton sucuk ve 20 adet kangal sucuk örneği toplanarak nitrit içerikleri analiz edilmiştir. 80 örneğin yalnızca 4 adedinde limitlerin

(150 mg/kg) aşıldığı tespit edilmiştir. Limit değerinin üstünde bulunan örnekler; 219,5 ve 162,4 ile 2 adet kangal sucuk, 197,6 ile 1 adet macar salam ve 187,4 ile 1 adet sosis örneği olarak bildirilmiştir. Nitrit seviyesi örneklerin büyük çoğunluğunda (%71,25) 0-75 mg/kg arasında tespit edilmiştir. Analiz sonucu nitrit toksisitesi riski, dönemin ileri teknoloji kullanan firmalarına ait ürünlerde düşük olarak yorumlanmıştır. Bu çalışma, gerek salam ve sosislerdeki nitrit seviyeleri gerekse limitlerin aşıldığı örnek oranları bakımından çalışmamızın sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Soyutemiz ve diğ. (1996) tarafından Bursa'da yapılan bir çalışmada, 25 adet sucuk, 15 adet salam, 15 adet sosis ve 15 adet pastırma nitrat ve nitrit değerleri açısından analiz edilmiştir. Örneklerde saptanan ortalama nitrat ve nitrit değerleri sırasıyla sucuklar için ortalama 89,58 mg/kg ve 4,94 mg/kg, salamlar için ortalama; 64,76 mg/kg ve 60,32 mg/kg, sosisler için ortalama 70,84 mg/kg ve 51,05 mg/kg ve pastırmalar için 80,02 mg/kg ve 15,95 mg/kg olarak bulunmuştur. Nitrit miktarı için 92 ile 532 mg/kg arasında değişen değerler bulunmuştur. Hem salam hem de sosisler için değerlerin çok büyük farklılık gösterdikleri ve izin verilen limitin (100 mg/kg) büyük oranda aşıldığı (örneklerin %96'sında) belirtilerek bu konuda yasal yaptırımların artırılması gerektiği vurgulanmıştır. Çalışmamızda bulunan sonuçlarla karşılaştırıldığında salam ve sosisler için çok daha yüksek nitrit değerleri tespit edildiği görülmektedir.

Kayaardı (1998) tarafından, Manisa ilinde büfe ve kafeteryalarda tüketime sunulan 10 adet sucuk, 5 adet salam ve 5 adet sosis örneği toplanıp nitrit miktarları da dahil olmak üzere çeşitli özellikleri incelenmiştir. Çalışmanın yapıldığı dönemde Türk Gıda Kodeksi'nde kürlenmiş et ürünlerinin satış noktasında içerebilecekleri kalıntı nitrat ve nitrit limitleri sırasıyla 250 mg/kg ve 100 mg/kg olarak belirtilmiştir. Yapılan çalışma sonucu sucuk, salam ve sosislerde nitrat için ortalama değerler sırasıyla; 343,49 ppm, 119,02 ppm ve 92,26 ppm olarak bulunmuştur. Sucuk salam ve sosislerdeki ortalama nitrit miktarları ise sırasıyla; 10,53 ppm, 28,77 ppm ve 16,6 ppm olarak saptanmıştır. Nitrit bakımından tüm örnekler limitler dahilinde bulunsada sucuk örneklerinin %70'inin belirlenmiş nitrat limitini aştığı tespit edilmiş ve katkı maddelerinin kontrol altına alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Sancak ve diğ. (2008), Türkiye'nin Van ilinden 40'ı pastırma, 40'ı sucuk olmak üzere 80 adet işlenmiş gıdayı toplayarak, nitrit-nitrat düzeylerinin tespit edilmesi amacıyla analize tabi tutmuşlardır. Tüm ürünlerin nitrat ve nitrit içerdikleri görülmüştür. Sucuk örneklerinden 2

adedinin nitrat bakımından bir adedinin ise nitrit bakımından limitleri (nitrat ve nitrit için sırasıyla 250 mg/kg ve 50 mg/kg olmak üzere) aştıkları tespit edilmiştir. Pastırma örneklerinin ise tamamının nitrat ve nitrit açısından limitlere uygun oldukları görüşmüştür. Nitrat ve nitrit içerikleri açısından ürünlerin büyük değişkenlik gösterdikleri görülmüş ve bu durumun bu gıdaların üretimi için belirli standartların bulunmamasından kaynaklandığı rapor edilmiştir.

Siriken ve diğ. (2009) tarafından Afyonkarahisar ili ve çevresindeki marketlerden ve kasap dükkanlarından, doğal kılıfların kullanıldığı 100 adet sucuk toplanmıştır. Araştırmanın yapıldığı tarihte ilgili gıdalarda nitrat ve nitrit için belirlenen limitler sırasıyla 250 mg/kg ve 100 mg/kg'dir. Yapılan nitrat ve nitrit analizi sonucu; sucukların %16'sı nitrat içeriğiyle, %11'i de içerdikleri nitrit ile limitlerin üzerine çıkmışlardır.

Sezer ve diğ. (2013) tarafından Kars ilinde yapılan bir diğer çalışmada, marketlerden alınmış 11 adet sosis ve 15 adet salam örneği nitrit ve nitrat içeriklerini tespit etmek amacıyla analiz edilmiştir. Analiz sonucunda toplam 26 örnekten 25 adedi nitrit içeriği olarak, 9 adedi ise nitrat içeriği olarak belirlenen limitlerin üzerinde bulunmuştur. Çalışmanın yapıldığı yılda nitrat ve nitrit için limit değerler sırasıyla 250 mg/kg ve 100 mg/kg olarak bildirilmiştir.

Yalçın ve diğ. (2012), Mersin ilinde satışa sunulan 50'şer adet salam, sucuk ve sosisi nitrit ve nitrat miktarları yönünden analiz etmişlerdir. Nitrit için, 1 adet sucukta (265,7 mg/kg), 1 adet salamda (196,7 mg/kg) ve 1 adet sosiste (231,6 mg/kg) izin verilen limitin aşıldığı tespit edilmiştir. Geri kalan örneklerin çoğunda nitrat ve nitrit miktarları 7,5 mg/kg'dan düşük olarak bulunmuştur ve bu sonucun askorbik asit kullanımına bağlı olduğu öne sürülmüştür. Nitrat ve nitritlerin kullanıldığı ve sıklıkla tüketilen salam, sucuk, sosis gibi gıdaların belli aralıklarla analiz edilmelerini gerektirecek yasal düzenlemelerin gerekliliği vurgulanmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, limit değeri aşan örnekler dışındaki salam ve sosislerde belirlenen kalıntı nitrit miktarları bizim sonuçlarımızdan daha düşük olsalar da, sonuçlar büyük ölçüde benzerlik göstermektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sosis ve salam üretiminde kürlenme ajanları olmalarının yanında nitrat ve nitritler *Clostridium botulinum* cinsi bakterilerin gıdada gelişerek toksin üretmelerini engellemeleri nedeniyle gıda güvenliği açısından çok önemlidirler. Her ne kadar sadece nitrit ilavesi ile bu tehlike tamamen bertaraf edilemese de, düşük pH değerlerinin sağlanması, ürünün işleme basamaklarında uygulanacak olan ısı işlem, ürünündeki NaCl oranları ve özellikle askorbat ilavesi gibi faktörler nitrit ile kombine olarak botulizm tehlikesinin önüne geçebilmektedir.

Nitrat ve nitritin gıda güvenliği için böyle faydaları olsa da, gereğinden fazla kullanılmaları sonucu, ürünün işlenmesinde, yüksek sıcaklıklarda depolanmasında, pişirilmesinde, gıdada ve tüketildikten sonra insan vücudunda nitrozamin oluşabilmektedir. Nitrozamin insanlar için kanserojen olarak kabul edildiğinden otoritelerce belirlenmiş limitler aşılmamalıdır. Bir ürün prosesi için belirlenmiş standartların takip edilmesi de bu aşamalarda gıdada nitrozamin bileşkerin oluşmasını engelleyecektir.

Bu çalışma kapsamında analiz edilen 100 adet et ürünü örneğinin sadece üç adedinde (%6) nitrit için Türk Gıda Kodeksi'nde belirlenmiş limit değerin aşıldığı tespit edilmiştir. Diğer örnekler, izin verilen limit değeri aşmayan düzeylerde nitrit içermeleri nedeniyle gıda güvenliği açısından risk taşımadığı görülmektedir.

Ülkemizde yıllar içinde kürlenmiş et ürünlerinde kullanılan nitrit seviyesi, özellikle askorbat kullanımının yaygınlaşması ile azalma gösterse de nadiren de olsa limitlere uymayan durumlarla karşılaşabilmektedir. Aynı zamanda, bu gıdalarda kullanılan nitrit seviyeleri büyük farklılıklar da gösterebilmektedirler. Kürlenmiş ürünlerde nitrit kullanımının kontrolü için et ürünlerinin düzenli olarak nitrit içerikleri açısından yetkili otoritelerce analiz edilmeleri ve ülkemizin farklı illerinde tarama çalışmalarının yapılması önem taşımaktadır.

## KAYNAKLAR

Alahakoon, A., Jayasena D., Ramachandra, S., Jo, C., 2015. Alternatives to nitrite in processed meat: up to date, *Trends in food science & technology*, (45), 37-49, 10.1016/j.tifs.2015.05.008.

Anar, Ş., 2020, *Et ve et ürünleri teknolojisi*, Dora Yayıncılık, Bursa, ISBN: 9786052471593.

Anonim, EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2016, Growth of spoilage bacteria during storage and transport of meat, *EFSA Journal*, 14(6), 1-38, <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2016.4523>.

Anonim, Health Canada, 2013, *Microbial guidelines for ready-to-eat foods : a guide for the conveyance industry and Environmental Health Officers (EHO)*, Ottawa - Ontario, ISBN: 978-1-100-22133-5,

Anonim, Michelin, 2019, *German Sausage Guide*, <https://guide.michelin.com/en/article/features/german-sausage-guide-bratwurst-weisswurst>, [Ziyaret tarihi: 13 Şubat 2024].

Anonim, National Hot Dog and Sausage Council, 2016, *Sausage glossary*, <https://hot-dog.org/sausage-basics/sausage-glossary>, [Ziyaret tarihi: 14 Şubat 2024].

Anonim, Nordic Committee of Food Analysis, 2000, *Nitrite and nitrate in foodstuffs by ion chromatography*, no 165.

Anonim, *Türk gıda kodeksi gıda katkı maddeleri yönetmeliği*, 2023, Resmi Gazete, 32338, Ek - II, Bölüm E, <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130630-4.html>, [Ziyaret tarihi: 18 Kasım 2023].

Anonim, 2011, *Türk gıda kodeksi mikrobiyolojik kriterler yönetmeliği*, Resmi Gazete, 28157.

Anonim, World Health Organization, 2024, *Botulism*, <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/botulism>, [Ziyaret tarihi: 3 Şubat 2024].

Arslan, A., 2020, *Et muayenesi ve et ürünleri teknolojisi*, Medipres Yayıncılık, Malatya, ISBN: 9786059720427.

Association of Food and Drug Officials, University of Florida, 2004, *Guidance for processing cured and hot smoked sausage*, <https://books.google.com.tr/books?id=iQNizgEACAAJ>, [Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2023].

Anter, C., Ayaz, Y., 1983, Ankara piyasasında satılan sosislerde nitrit miktarı üzerinde araştırma, *Etlik veteriner mikrobiyoloji dergisi*, 5(4-5), 29-38.

Bengü, A. Ş., 2021, HPLC tekniği ve kullanım alanları, *BÜSAD*, 2(1), 64-9.

Çon, A. H., Gökalp, H. Y., 1998, Türkiye Pazarındaki Sucukların Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Nitelikleri. *Gıda*, 23(5), 347-355.

EFSA, 2003, Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on a request from the Commission related to the effects of Nitrites/Nitrates on the Microbiological Safety of Meat Products, *The EFSA Journal*, (14), 1-34.

Elgezdi, Y., 1995, *Fermente ve ısı işlemleri görmüş et mamüllerinde nitrit düzeyleri üzerine bir araştırma*, Yüksek Lisans, T.C. İstanbul Üniversitesi.

Elisabeth, B., Marie-Louise, K., Ylva, B., 1996, Bacterial spoilage of meat and cured meat products, *International journal of food microbiology*, 33(1), 103-120, [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01135-X](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01135-X).

Erol, İ., 2007, *Gıda hijyeni ve mikrobiyolojisi*, Pozitif Matbaacılık Ltd. Şti., Ankara, ISBN: 978-975-00131-0-9.

Et ve Süt Kurumu, 2023, *Bilgi bankası*, <https://www.esk.gov.tr/tr/10897/Bilgi-Bankasi>, [Ziyaret tarihi: 26 Kasım 2023].

European comission, *Food additives*, <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/food-additives>, [Ziyaret tarihi: 18 Kasım 2023].

Food and Drug Administration, *Bad Bug Book Handbook of Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins Second Edition*, 2012.

Gökalp, H. Y., 1983, Et ürünlerinde nitrat, nitrit kullanımı ve nitrit zehirlenmesi, *Gıda*, 8(5) 239-243.

Ingram, M., 1972, Meat preservation— past, present and future, *Royal society of health journal*, 92(3):121-130. <https://doi.org/10.1177/146642407209200305>

International Agency for Research on Cancer (IARC), World Health Organization (WHO), 2010, Ingested Nitrate and Nitrite, and Cyanobacterial Peptide Toxins, *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, (94), ISBN 978-92-832-1294-2.

Karwowska M., Kononiuk A., 2020, Nitrates/nitrites in food-risk for nitrosative stress and benefits, *Antioxidants (Basel)*, 9(3), 241, doi: 10.3390/antiox9030241.

Kayaardı, S., 1998, Manisa’da tüketilen sucuk, salam, sosislerin bazı kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin incelenmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi sağlık bilimleri enstitüsü dergisi*, 4(1-2), 32-38.

Kışla, D., 2016, Belirli gıda gruplarının bozulması, *Temel gıda mikrobiyolojisi*, In:Heperkan, D. (ed.), 20, Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ankara, ISBN: 978-605-320-543-2, 255-271.

Korkeala H., Björkroth, K., 1997, Microbiological spoilage and contamination of vacuum-packaged cooked sausages, *Journal of food protection*, 60(6), 724-731, doi:10.4315/0362-028X-60.6.724.

Mohan A., 2014, Basics of sausage making: formulation, processing and safety, *UGA Extensions*, 1437, 1-47.

Ozbay, S., Sireli, U. T., & Filazi, A., 2019, Nitrosamines, their chemistries and effects on health, *International journal of scientific & technology research*, 5(4), 124-133.

Özlu, S., ve Ercoşkun, H., 2021, Et ve Sağlıklı Beslenme. *Gıda ve yem bilimi teknolojisi dergisi* (25), 15-29.

Rahman, M., Hashem, M., Azad, M., Choudhury, M., & Bhuiyan, M., 2023, Techniques of meat preservation- A review, *Meat Research*, 3(3), 1-12.

Rawson, A. M., Dempster A. W., Humphreys C. M., Minton N. P., Pathogenicity and virulence of *Clostridium botulinum*. *Virulence*, 2023, 14(1):2205251, 1-28, doi: 10.1080/21505594.2023.2205251.

Reis M. S., Al-Farsi K., 2020, Smoking and Food Preservation, *Handbook of Food Preservation*, CRC Press, 453-458, <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.1201/9780429091483-33>, [Ziyaret Tarihi: 11 Aralık 2023].

Reis, R., Zeray, C., Sipahi, H., 2019, *Clostridium botulinum* kaynaklı gıda zehirlenmeleri: botulizm, *Hacettepe University Journal of the Faculty of Pharmacy*, 39(1), 58-63.

Sancak, Y. C., Ekici, K., İşleyici, Ö., 2008, Nitrate and nitrite residue levels in fermented Turkish sausages and pastrami, *Yüüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, (19), 41-45.

Servi, K., 1991, *Elazığ bölgesinde tüketime sunulan et ve süt ürünlerinde nitrat ve nitrit düzeylerinin belirlenmesi*, Doktora, T.C. Fırat Üniversitesi.

Sezer, Ç., Öğün, M., Güven, A., 2013, Salam ve sosislerin bazı kimyasal özelliklerinin incelenmesi, *Kafkas Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi*, 19 (1), 69-72, doi: 10.9775/kvfd-2013-7200.

Shakil, M. H., Trisha, A. T., Rahman, M., Talukdar, S., Kobun, R., Huda, N., Zzaman, W., 2022, Nitrites in cured meats, health risk issues, alternatives to nitrites: a review, *Foods*, 11(21):3355, 1-26, doi: 10.3390/foods11213355.

Siriken, B., Çadirci, Ö., Inat, G., Yenisey Ç., Serter, M., Ozdemir, M., 2009, Some microbiological and physico-chemical quality of Turkish sucuk (Sausage), *Journal of animal and veterinary advances*. (8), 2027-2032.

Soyutemiz, G. E., Özenir, A., 1996, Bursa'da tüketilen sucuk, salam, sosis ve pastırmalardaki kalıntı nitrat ve nitrit miktarlarının saptanması. *Gıda*, 21(6).

Tayar, M., Yıldırım, Y., 2020, *Et endüstrisi*, Dora Yayıncılık, Bursa, ISBN: 9786052471739.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2016a, *Gıda teknolojisi emülsiyon tipi et ürünleri*, Ankara, 1-26.

T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, 2016b, *Gıda teknolojisi et ve et ürünleri teknolojisi*, Ankara, 47-55.

Turp, G., & Sucu, Ç. 2016, Et ürünlerinde nitrat ve nitrit kullanımına potansiyel alternatif yöntemler, *Celal Bayar Üniversitesi fen bilimleri dergisi*, 12(2) 231-242.  
<https://doi.org/10.18466/cbujos.70961>

Ugalde-Benítez, V., 2012, *Meat emulsions, handbook of meat and meat processing*, CRC Press, 447-456, <https://www.routledgehandbooks.com/doi/10.1201/b11479-24>, [Ziyaret Tarihi: 26 Kasım 2023],

WHO, 2023, <https://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/> [Ziyaret tarihi: 21 Kasım 2023].

Yalçın, H., Can, Ö. P., Türkoğlu, M., 2012, Mersin ilinde tüketime sunulan salam, sosis ve sucuklardaki kalıntı nitrat ve nitrit düzeylerinin belirlenmesi. *Gıda*, 37(1), 33-37.

## İNTİHAL RAPORU İLK SAYFASI

### TÜKETİME SUNULAN SALAM VE SOSİSLERDE NİTRİT DÜZEYLERİNİN ARAŞTIRILMASI

#### ORJİNALLİK RAPORU

<b>%7</b> BENZERLİK ENDEKSİ	<b>%6</b> İNTERNET KAYNAKLARI	<b>%3</b> YAYINLAR	<b>%3</b> ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ
--------------------------------	----------------------------------	-----------------------	-------------------------------

#### BİRİNCİL KAYNAKLAR

<b>1</b>	<b>Submitted to The Scientific &amp; Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)</b> Öğrenci Ödevi	<b>%2</b>
<b>2</b>	<b>acikbilim.yok.gov.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>%1</b>
<b>3</b>	<b>dergipark.org.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>4</b>	<b>dspace.ankara.edu.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>5</b>	<b>docplayer.biz.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>6</b>	<b>www.researchgate.net</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>7</b>	<b>www.ctcpa.org</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
<b>8</b>	<b>acikerisim.uludag.edu.tr</b> İnternet Kaynağı	<b>&lt;%1</b>
	<b>9lib.net</b>	

## ETİK KURUL İZİN YAZISI

**Uyarı:** Canlı denekler üzerinde yapılan tüm araştırmalar için Etik Kurul Belgesi alınması zorunludur.

- Etik Kurul izni gerekmektedir.
- Etik Kurul izni gerekmemektedir.

Kartal ÇETİNKAYA



**KURUM İZİNİ YAZILARI**

- Kurum izni gerekmektedir.
- Kurum izni gerekmemektedir.

Kartal ÇETİNKAYA



