

1-ET HİJYENİ

Dünya nüfusunun hızla arttığı günümüzde, gıda üretiminin artırılması tüm ülkelerin ortak sorunlarının başında gelmektedir. Özellikle geri kalmış ülkelerde gıda üretiminde karşılaşılan sorunlar açlık sorununu da beraberinde getirmektedir. Günümüzde gerek açlık gerekse yetersiz beslenmeye bağlı sağlık sorunları güncelliğini korumakta olup, her yıl milyonlarca insan açlığa bağlı olarak ölmektedir. Bu nedenle sağlıklı gıda üretimi hiç kuşkusuz çok önemlidir. Açlığa bağlı ölümlerin yanı sıra, sağlıksız gıda tüketiminden kaynaklanan gıda enfeksiyon ve intoksikasyonlarına bağlı olarak da ölümler ortaya çıkmakta ve ülkeler bu konuda milyonlarca dolar sağlık gideri harcamak zorunda kalmaktadır. Dolayısıyla sağlıklı veya diğer bir ifadeyle hijyenik gıda üretimi üreticinin önemli görevlerinden birisidir. Dünyada tüm tüketicilerin en doğal haklarından birisi sağlıklı gıda tüketmek olup, ancak gıda üretiminin değişik aşamalarında karşılaşılan hijyenik problemlere bağlı olarak, hem halk sağlığı açısından riskler ortaya çıkmakta hem de gıdalar tüketiciye ulaşmadan bozulabilmektedir.

“Hijyen” kelimesi Latince’de sağlık anlamına gelmektedir. Avrupa Birliğinin gıda hijyeni ile ilgili direktifinde hijyen, insan tüketimine uygun sağlıklı gıda üretiminde üretimin tüm aşamalarında oluşabilecek risklerin kaldırılması için koruyucu tüm önlemlerin alınması şeklinde tanımlanmıştır. Bu bağlamda et hijyeni yukarıdaki tanımdan da anlaşılacağı gibi, et üretiminde üretimin tüm aşamalarında (yetiştirme, kesim, parçalama, muhafaza, nakil v.b) oluşabilecek tüm risklerin kaldırılması için tüm koruyucu tedbirlerin alınması olarak tanımlanabilir. Kuşkusuz sağlıklı et üretiminin temel koşulu, kasaplık hayvanların sağlıklı olmasıdır. Kasaplık hayvanlardan elde edilen etin tanımı, farklı şekillerde yapılmakla birlikte genelde insan tüketimine uygun tüm hayvansal dokular olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle ise et; genelde yeterli olgunluğa erişmiş sağlıklı hayvanlardan (büyük ve küçük baş, kanatlı ve su hayvanları) tekniğine uygun olarak elde edilen yenilebilir hayvansal dokular olarak tanımlanmıştır. Bilimsel anlamda ise, yapısında büyük çoğunluğu kas doku olmak üzere yağ, bağ, epitel, kan, sinir ve kemik dokuları içeren hayvansal gıdalara et denir.

1.1. Etin Bileşimi ve Beslenme Açısından Önemi

Hayvansal gıdalar (süt, peynir, yumurta, balık v.b) içerisinde gerek tüketim oranı gerekse beslenme açısından önemli bir yer tutan et biyolojik değeri yüksek proteinler ile eksojen amino asitler, yağ asitleri, demir, çinko ve selenyum gibi mineraller ile B grubu vitaminleri içermesi nedeniyle insanların normal gelişimi bakımından diyetinde bulunması gereken önemli

bir gıda maddesidir. İnsan vücudunda bulunmayan, ancak proteinlerin sentezi için elzem olan bazı amino asitler (Esansiyel amino asitler) sadece hayvansal gıdalarda bulunmaktadır.

Kas Proteinlerinin Esansiyel Aminoasit İçerikleri (%).

Histidin	3.3
Isoleucin	6.0
Leucin	3.5
Lysin	10.0
Methionin	3.2
Phenylalanin	5.0
Threonin	5.0
Tryptophan	1.4
Valin	5.5

Etin bileşiminde bulunan B- kompleks vitaminlerin bir kısmı (B₁, B₂, B₆) pişirme sırasında kayıp olsa da, et B-kompleks vitaminleri önemli miktarda içermektedir. Et içerdiği mineral maddeler bakımından da, önemli bir kaynaktır. Özellikle içerdiği demir (10-20 mg/100g) ve çinko (3-5 mg/100g) beslenme açısından önemlidir. Kırmızı et önemli bir demir kaynağı olup, bitkisel orijinli demire oranla bağırsaklardan daha kolay emilmektedir. Demir organizmada myoglobin, hemoglobin ve diğer demir bileşimlerinde yer alır. Çinko da özellikle gençlerde ve bayanlarda önemli olup, et bu minerallerin dışında, Mangan, Bakır, Iyot, Flor ve Brom içermektedir.

1.2. Et Üretimi ve Tüketimi

Ülkelerin kişi başına yıllık et tüketim miktarları, gelişme düzeyine paralel olarak değişkenlik göstermektedir. Et tüketimi üzerine başta ülkelerin hayvan varlığı olmak üzere, gelir düzeyi ve tüketim alışkanlıkları etkili olmaktadır. Buna ilaveten, zaman zaman ortaya çıkan salgın hastalıklar (BSE) ile gıda enfeksiyon ajanları da tüketici tercihlerini etkilemektedir. Nitekim 1986 yıllarında ortaya çıkan BSE hastalığı, özellikle Avrupalı tüketicilerin kırmızı et tercihlerinin sığır etinden, domuz etine yönelmesine neden olmuştur. Benzer şekilde, kanatlı hayvanlarda görülen *Salmonella* ve *Campylobacter* enfeksiyonları da, tüketici tercihi üzerinde etkili olmaktadır. Türkiye’de ise tüketici tercihleri üzerinde, en önemli faktör fiyat olup kanatlı eti ucuz olması nedeniyle, daha çok tercih edilmektedir. Türkiye’de 2013 yılı toplam kırmızı et üretiminin 996.125 ton olduğu (TUIK, 2014) ve bunununda 869. 292 tonunun sığır, 102.943 tonunun ise koyun eti olduğu bildirilmiştir. Türkiye’de 2012 yılı verilerine göre ise 1.700.000 tonu broyler, 43.000 tonu hindi ve 80.000 tonu yumurta tavuğu, köy tavuğu ve diğer kanatlı eti olmak üzere toplam 1.830.000 ton kanatlı eti üretilmiştir.

TÜİK'in 2012 verilerine göre, bazı ülkelerde yıllık kişi başına et tüketim miktarları (kg).

	Sığır-Dana	Koyun-keçi	Domuz	Toplam Kırmızı et	Kanatlı eti	Toplam et tüketimi
ABD	27	0.5	21.5	49	38	<u>87</u>
Avrupa Birliği	15.5	2.0	40.5	58	24	<u>82</u>
Türkiye	12		-	12	16.8	<u>28.8</u>

Tablo incelendiğinde, Türkiye’de kişi başına yıllık kırmızı et tüketiminin AB ve ABD’ye oranla çok düşük olduğu anlaşılmaktadır.

1.3. Et Çeşitleri

Etler elde edildikleri hayvan türleri ve bunların yaşadıkları ortamlara göre gerek organoleptik gerekse besleyici nitelikleri açısından farklılıklar gösterirler. Bu nedenle de aşağıdaki şekilde sınıflandırılırlar.

Kırmızı etler: Kırmızı etlerin büyük çoğunluğu sığır, koyun, keçi, domuz gibi yeryüzünde oldukça yaygın yetiştirilen kasaplık hayvanlardan elde edilir. Ayrıca, yeryüzünün belirli bölgelerinde sınırlı olarak yetiştirilen manda, deve, at, kanguru, lama, su aygırı ve tavşan gibi hayvanların etleri de kırmızı etler grubunda yer alırlar.

Kanatlı etleri: Beyaz et olarak da bilinen kanatlı etleri, başta tavuk olmak üzere hindi, kaz ve ördeklerden elde edilir.

Su ürünleri: Su hayvanları eti olarak da adlandırılan bu grubun çoğunluğunu balık etleri oluşturur. Ayrıca midye, istakoz, ahtapot gibi suda yaşayan her türlü hayvana ait yenilebilir dokularda su ürünleri kapsamında bulunur.

Av etleri: Bu grupta geyik, yaban domuzu, tavşan, keklik gibi av hayvanlarından elde edilen yenilebilir dokular yer alır.

Karkas: Karkas tanımı kasaplık hayvan türlerine göre düşük düzeyde farklılık göstermekle birlikte, genel anlamda kasaplık hayvanların kesim ve kan akıtma işlemini takiben, derisi yüzüldükten sonra vücutlarından baş, ayaklar, sindirim ve solunum sistemi, akciğerler, kalp, karaciğer, dalak, idrar kesesi, genital organlar ve yapışık yağ dokularının uzaklaştırılmasından sonra elde edilen bütün haldeki gövde kısmına karkas denir.

1.4. Et Proteinleri

Etin içermiş olduğu proteinler genelde miyofibriller, sarkoplazmik ve bağ doku proteinleri olarak adlandırılmaktadır. Myofibriller proteinler total kas proteinlerinin yaklaşık % 40'ını oluştururlar. Geriye kalan % 60'ını ise sarkoplazmik proteinler (hücresel proteinler) ile bağ doku proteinleri (Kollagen, Elastin) oluşturur. Bağ doku proteinleri erime özelliğine sahip olmamalarına karşın, myofibriller ve sarkoplazmik proteinler ise belirli konsantrasyondaki tuzlu solusyonlarda erirler. Sarkoplazmik proteinler (0.04 M), myofibriller proteinlere (0.4 M) oranla daha düşük tuz konsantrasyonlarında erirler.

Et Proteinlerinin Dağılımı

Protein tipi	Toplam proteinde (%)'si
Miyofibriller Proteinler (miyozin,aktin,tropomiyozin,troponin)	40
Sarkoplazmik Proteinler (Albumin, Globulin)	40
Bağ Doku Proteinleri (Kollagen, Elastin)	20
Toplam	100

Myozin, myofibriller proteinlerin yaklaşık % 50'sini, Aktin % 25'ini, Tropomiyozinle birlikte troponinde diğer % 25'ini oluşturur.

1.5. Post-Mortem Değişiklikler

Kasaplık hayvanlarda kesimden sonra belirli süre ile devam eden biyokimyasal reaksiyonlar ve pH-değerindeki düşüşler etlerin olgunlaşması ve et kalitesiyle yakından ilgilidir. Kesimden sonra kaslarda laktik asit oluşumu sonucu pH-değerinin düşmesi, ölüm sertliğinin oluşması ve enzimatik reaksiyonların tümü post-mortem değişiklikler olarak adlandırılmaktadır. Canlı hayvanlarda, kasların kasılması ve gevşemesi gibi reaksiyonlarda gerekli olan enerji ATP'den sağlanmaktadır. Canlı organizmada aerobik karbonhidrat metabolizması (Trikarboksilik Asit Siklusu=TAC) sırasında, aerobik ve anaerobik glikolizis metabolizma sonucunda 1 glikoz molekülünden 39 adet ATP oluşmaktadır. Bu ATP'lerden 36'sı aerobik reaksiyonlara bağlı olarak, 3'ü anaerobik reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kesimden sonra kaslarda görülen en önemli değişiklik, ölüm sertliğinin (Rigor mortis) şekillenmesidir. Ölüm sertliği kas fibrilleri arasında bulunan aktin ve myozin filamentleri arasında geri dönüşümsüz olarak, aktomyozin köprücüklerinin oluşmasıdır. Kesimden kısa süre sonra, aktin ve myozin filamentleri arasındaki bağ ortadan kalkar ve kaslarda henüz mevcut olan ATP (1 μ Mol/g) enerji kaynağı olarak kullanılarak, aktin ve myozin falamentleri arasında geri dönüşümsüz olarak, yeniden bağlanma oluşarak kasların kasılması gerçekleşir. Açık bir deyişle, canlı hayvanlarda kasların kasılması sırasında oluşan reaksiyonların benzeridir. Buradaki fark, kesimden belirli bir süre sonra enerji kaynakları tükenmiş olacağından, kasların gevşemesi için gerekli enerjinin

olmayışıdır. Rigor mortisin oluşum süresi başta hayvan türleri olmak üzere, kasların yapısı ve karkasların bulunduğu ortamın sıcaklık derecesine bağlı olarak, 1 ila 30 saat içerisinde değişiklik gösterir.

1.6. Rigor Mortis ve Post-Mortem pH-Değerinin Düşmesi

Kesimden belirli süre sonra, kan yolu ile hücrelerin gereksinim duyduğu oksijen kaynakları tükenmiş olduğundan, kaslardaki depo glikojen anaerob glikolizis reaksiyonları sonucunda pürivatlar üzerinden laktik aside hidrolize olur. Kaslarda birikmeye başlayan, laktik asit miktarına bağlı olarak kasların pH-değerleri düşer. Post-mortem ölüm sertliğinin oluşumu ve pH-değerlerindeki düşüş, başta kesim öncesi depo glikojen miktarına ve hayvan türlerine bağlı olmak üzere, kasların yapısı ve ortamın sıcaklık derecesine bağlı olarak farklı şekiller ve zamanlarda gerçekleşir. Ortamın sıcaklık derecesi post-mortem kimyasal reaksiyonların hızı üzerinde en önemli faktör olup, bilindiği gibi ortamın sıcaklık derecesi arttıkça kimyasal reaksiyonların hızı da, artmaktadır. Bu kapsamda, post-mortem dönemde karkasların muhafaza edildiği odaların sıcaklık derecesi, kasların ete dönüşümü ve kalitesi üzerinde belirleyici etkiye sahiptir. Rigor mortis oluşum şekillerine göre normal rigor ve abnormal rigor olarak adlandırılmaktadır. Genetik olarak strese dayanıklı, kesim öncesi yeterli miktarda rezerv glikojen içeren kasaplık hayvanlarda, 6-8 saat içerisinde pH-değeri yaklaşık 5.40-5.60 değerlerine kadar düşerek, rigor mortis şekillenmiş olur. Bu şekilde oluşan rigor mortis, “**normal rigor**” olarak isimlendirilir.

Normal rigorun dışında hem sığırlarda hem de domuz karkaslarında, PSE (pale, soft, exudatif=soluk, yumuşak, sulu) et ve DFD (dark, firm, dry=koyu, sert, kuru) et olarak da bilinen, abnormal rigor mortis olayları da oluşabilmektedir. Genelde genetik olarak strese duyarlı domuz karkaslarında oluşan ve “**asit rigor**” olarak adlandırdığımız rigorda, kaslardaki depo glikojen kısa zamanda laktik aside dönüşerek, kesim öncesi yaklaşık 7.0 düzeyinde bulunan pH-değeri 45 dakika gibi kısa sürede 5.8’e kadar düşer. Bu tip etlerde, hem pH-değerinin kısa zamanda hızla düşmesi hem de kaslardaki hızlı metabolik reaksiyonlar sonucu yükselen ısı nedeniyle, kas proteinleri denature olur. Bunun sonucunda, proteinlerin erime yetenekleri azalarak, su tutma kapasiteleri azalır. Bu tip etlerde, renk çok solgun görünümde olur. Asit rigor oluşumu nadiren de olsa sığır kaslarında da şekillenmektedir.

Şayet kasaplık hayvanlar kesimden önce yemlemenin devam etmesi ve ekstrem stres koşullarına maruz kalmış ise, depo glikojenin önemli bir kısmı bu aşamada harcanacağı için,

kesim sonrası düşük düzeyde laktik asit oluşur ve rigor mortisde 1 saat gibi kısa zamanda oluşur. Bu tip karkaslarda post-mortem 24-48 saat sonrasında bile pH-değeri 6.2'nin üzerinde ölçülür. Aynı zamanda “alkali rigor” olarak da adlandırdığımız bu tip rigor sonucu kaslardan elde edilen etler koyu renkte, sert ve kuru bir yapı gösterir. Ayrıca bu tip etler pH-değeri yüksek olduğu için, mikrobiyel stabilitesi düşük ve kısa zamanda bozulurlar.

Et kalitesinin indikatörü olarak kesimden sonra ette pH-değerinin düşüşü.

Et Kalitesi	Glikolizis Oluşumu	Başlangıç pH-değeri	Glikolizis Sonu pH-değeri	Post-mortem Ölçüm Zamanı
Normal	Yavaş	7.2	Yaklaşık 5.5	24 saat
PSE	Çabuk	7.2	< 5.8	45 dakika
DFD	Yavaş (tam değil)	7.2	> 6.2	24 saat

DFD (Dark-Firm Dry=Koyu-Sert-Kuru); PSE (Pale-Soft-Exudatif= Soluk- Yumuşak-Sulu). Günümüzde başta ABD, Avustralya ve Yeni Zelanda olmak üzere, kesimden hemen sonra karkaslara elektriksel uyarı işlemleri yapılarak, post-mortem glikolizis reaksiyonlarının hızlandırılması sağlanmaktadır. Bu işlemle oluşan elektriksel uyarılar, merkezi sinir sistemi ile aracılığı ile tüm kaslara ulaşarak, kasların yoğun kontrakte olmaları ve buna bağlı olarak glikojen, ATP ve kreatin fosfatın harcanması sağlanmaktadır. Dolayısıyla, elektriksel uyarı sonucu kaslardaki post-mortem glikolizis reaksiyonları kısa sürede oluşmaktadır. Nitekim bu konuda yapılan çalışmalarda, elektriksel uyarı uygulanmış karkaslarda kesimden 2 saat sonra pH-değerlerinin 5.70'e düşmesine karşın, elektriksel uyarı uygulanmamış karkaslarda pH-değerinin bu değere düşmesi için yaklaşık 10.5 saat bir zamana gereksinim olduğu bildirilmiştir.

1.7. Et Kalitesi ve Kalite Kriterleri

Dünyada tüm tüketicilerin sahip olduğu ortak görüş, tüketeceği gıdanın sağlık açısından güvenli, besleyici ve tüketici beklentilerine yanıt vermesi yönündedir. Her gıda maddesinin sağlıklı olmasının yanında, kendisine özgü nitelikleri de taşıması önemlidir. Bu bağlamda kalite, gıdaların kendine özgü taşıması gereken belirli kriterler yönünden sahip olduğu toplu nitelikler olarak tanımlanabilir. Dolayısıyla gıdaların kalite nitelikleri, gıdanın çeşidine göre farklılık göstermektedir. Gıdalarda kalite niteliklerini oluşturan faktörler genelde gıdanın bileşimi, görünüm, renk, aroma, koku, tahşiş ile bulaşanlardan (mikrobiyel, kimyasal ve fiziksel) oluşturmaktadır. Bu kalite kriterlerinden bazıları objektif (metodolojik), bazıları ise subjektif (organoleptik, duyuşal nitelikler) yöntemlerle belirlenmektedir. Etil kalite nitelikleri üzerine başta tür, ırk, yaş ve genetik faktörler olmak üzere beslenme, kesim teknikleri, post-

mortem değişiklikler ile muhafaza koşulları gibi pek çok faktör etkilidir. Tüketicilerin bu konuda en önemli beklentilerini sağlıklı olması koşulunun dışında renk ve yumuşaklık (tendernes, zartheit) oluşturmaktadır. Bununla birlikte et kalitesi üzerinde post-mortem değişiklikler ve pH –değerleri önemli düzeyde etkilidir.

Ette pH- değeri ile kalite faktörleri arasındaki ilişki.

Kalite faktörü	Uygun	Uygun Olmayan
Renk	Yüksek pH-değeri	Düşük pH-değeri
Su Tutma Kapasitesi	Yüksek pH-değeri	Düşük pH-değeri
Bozulmaya Uygun	Yüksek pH-değeri	Düşük pH-değeri
Raf Ömrü	Düşük pH-değeri	Yüksek pH-değeri
Lezzet	Düşük pH-değeri	Yüksek pH-değeri

1.8. Etlerin Olgunlaşması

Kesim sonrası kaslardaki biyokimyasal reaksiyonlara bağlı olarak şekillenen rigor mortis sonucu pH-değerlerinde farklı şekillerde düşme gösterir. Kaslardaki pH-değerlerinin düşmesine bağlı olarak, kas hücrelerinin lizozomlarında inaktif halde bulunan katepsin dahil, diğer proteolitik enzimler aktif hale geçerek kas proteinlerini hidrolize eder. Kas proteinlerinde oluşan hidrolizasyon reaksiyonların tümü aydınlatılmamış olmakla birlikte, bu reaksiyonlar sırasında özellikle miyofibriller proteinlerin kontraktif özelliklerinin ortadan kalktığı ve buna bağlı olarak etlerde yumuşaklığın (tendernes, zartheit) arttığı bildirilmiştir. Aynı şekilde bu reaksiyonlar sırasında, özellikle bağ doku proteinlerinden kollagenin hidrolizasyonuna bağlı olarak kaslarda yumuşaklık değeri artar. Bu olay kesim sonrası şekillenen rigor motrisin ortadan kalkması veya etin olgunlaşması olarak adlandırılır. Etlerin olgunlaşmasında proteolitik etkiye sahip enzimlerden, Katepsin, Kalpain ve diğer multikatalitik enzimler etkilidir. Kalpein (Calpein I ve II) kalsiyum iyonları tarafından aktive edilir, myofibriller ve cytoskeletal proteinleri parçalarlar ve aynı zamanda myofibrillerde histolojik değişikliklere neden olurlar. Kalpain pH-değerinin optimal 7.0-7.5 olduğu durumlarda daha aktiftirler. Katepsin ve türevleri (Tip B, D, H, L) lizozomlardan salınan ve düşük pH-değerlerinde (2.5-7.0) aktif olan enzimlerdir.

1.9. Kasaplık Hayvan Eti Tüketiminden Kaynaklanan Sağlık Riskleri

Kasaplık hayvan etlerinin tüketimine bağlı olarak, insan sağlığını tehdit eden birçok risk faktörü bulunmaktadır. Bu risk faktörlerini kısaca 1) Biyolojik riskler, 2) Kimyasal riskler, 3) Fiziksel riskler olarak grupeleyebiliriz.

Biyolojik risk grubunda mikroorganizmalardan kaynaklanan başta zoonotik hastalıklar olmak üzere, diğer gıda infeksiyon ve intoksikasyonuna neden olan gıda patojenleri gelmektedir. Bu gruba örnek olarak bakteriyel, viral, paraziter ve prion orijinli hastalık etkenleri (Tüberküloz, Brusella, Anthrax, Kuduz, Sistiserkozis, Trişinellozis, BSE) ile gıda patojenlerinden *Salmonella spp*, *Campylobacter jejuni*, *E. coli* 0157:H7, *Listeria monocytogenes*, *S. aureus*, *C. perfringens*, *C. botulinum* örnek olarak gösterilebilir.

Kimyasal risk grubunda ise birçok faktöre bağlı olarak oluşan riskler bulunmaktadır. Burada özellikle kısaca kalıntı ve kontaminant olarak tanımlayabileceğimiz etkenler önemli yer almaktadır. Kalıntı deyimi, değişik nedenlere bağlı olarak (tedavi, büyütme faktörü v.s) hayvanlarda uygulanan bir işlem sonrası, yasal bekletme sürelerine uyulmaması nedeniyle kaslarda biriken kimyasalların (antibiyotik, hormonlar v.b) tüketim sonucu vücuda alınması ile ortaya çıkan durumları ifade eder. Kontaminant deyimi ise değişik nedenlere bağlı olarak çevresel kirliliğe neden olan kimyasalların değişik yollarla hayvan vücuduna alınması ve bu tür hayvan etlerinin tüketimi sonucu risk oluştururlar.

Günümüzde insan sağlığı açısından özellikle antibiyotikli etlerin tüketimine bağlı birçok risk oluşmaktadır. Ayrıca çevresel kirliliğe bağlı olarak, ağır metallere (Kurşun, Kadmiyum, Arsenik, Civa) kaynaklanan kontaminasyonlar insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu grupta yine özellikle sanayi bölgesine yakın hayvan işletmelerinden temin edilen kasaplık hayvanlarda dioksin ve dioksin benzeri kimyasal kontaminasyonlar önemlidir. Kimyasal risk grubunda özellikle et ürünleri üretimi sırasında kullanılan kimyasal katkı maddeleri (nitrat, nitrit kullanımına bağlı olarak nitrozaminlerin oluşumu) ile üretim aşamasında uygulanan işlemler sonucu (dumanlama işlemine bağlı olarak polisiklik aromatik hidrokarbonların=PAH) halk sağlığı açısından tehlike oluşturan yeni riskler ortaya çıkabilmektedir. Yine mikroorganizmalardan kaynaklanan mikotoksin oluşumları da önemlidir. Ayrıca et işletmelerinde sanitasyon kapsamında kullanılan değişik kimyasallar, hatalı sanitasyon uygulamalarına bağlı olarak et ve et ürünlerinde kontaminasyonlara neden olabilmektedir.

Fiziksel risk grubunun en önemlisi radyonüklidlerdir. Özellikle nükleer santral kazaları sonrası uzun yıllarca çevrede etkisini devam ettiren radyonüklidler halk sağlığını ciddi ölçüde tehdit etmektedir. Nitekim yakın geçmişte Ukrayna (Çernobil) ve Japonya'da gördüğümüz bu tip kazalar sonrası özellikle başta yer altı suları olmak üzere çayır ve meralar ile bu bölgelerde yetişen her türlü hayvansal (süt ve ürünleri) ve bitkisel gıda kaynağı içermiş olduğu yüksek

düzyeyde radyo aktif madde nedeniyle halk sağlığını tehdit etmiştir. Buna ilaveten, fiziksel riskler içerisinde özellikle uygunsuz koşullarda kesime tabi tutulan hayvan etlerinde gördüğümüz dışkı, çamur, kıl, üre gibi etmenlerde bu grubun içerisinde yer alırlar.

Yukarıda anlatıldığı gibi insan beslenmesinde en önemli gıda maddesi olan et, gerekli hijyenik önlemler alınmadığı takdirde, üretimin değişik aşamasında insan sağlığını tehdit eden birçok riskle karşı karşıyadır. Sağlıklı et üretiminin temel koşulu, kasaplık hayvanların sağlıklı olmasıdır. Ancak kasaplık hayvanın sağlıklı olması, tek başına güvenli et üretiminin gerçekleştirilmesi için yeterli değildir. Kasaplık hayvanlarda karkasların başta patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonu genelde mezbaha hijyeninin (kesim hijyeni, personel hijyeni v.b) yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır. Bu kapsamda özellikle kesimin deri yüzme aşaması ile iç organ çıkarma aşaması kontaminasyonların şekillendiği önemli aşamaları oluşturmaktadır. Burada üzerinde durulması gereken nokta, kesim sonrası karkasların bağırsak orijinli patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonunu önleyecek tedbirlerin alınması gerekir. Bu bağlamda kesim hijyeninin temel koşulunun, kesim sonrası karkasların patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonun önlenmesi olduğu söylenebilir.

2. ET MİKROBİYOLOJİSİ

2.1. Etlerde Bozulmaya Neden Olan Faktörler

İnsan tüketimine sunulan kasaplık hayvanlardan elde edilen kırmızı etler (sığıır, koyun, kuzu, domuz v.b) ile kanatlı etleri üretim sırasında uygulanan hijyenik koşullara bağılı olarak, belirli düzeyde mikroorganizmalarla kontamine olmaktadır. Aynı şekilde hayvansal gıdaların kontaminasyonu üretim sonrası nakil, satış yerlerinde uygulanan işlemler, hijyenik koşullar ve muhafaza koşullarına bağılı olarak değışik derecelerde artmaktadır. Bu nedenle, tüketime sunulan hayvansal gıdalarda muhafaza süresini uzatmak amacıyla, yaygın olarak soğıutma teknikleri kullanılmaktadır. Ancak soğıukta muhafaza edilen etlerde, florada bulunan bazı mikroorganizmaların üremeleri devam ettiğıinden, belirli süre sonrası bozulma kaçınılmazdır. Et hijyeni bakımından önemli olan, hayvansal gıdaların belirli koşullarda muhafaza süresini mümkün olduğunca uzatmaktır.

2.2. Etlerin Florasında Bulunabilecek Mikroorganizmalar

a- Taze etlerde (Sığıır, koyun, domuz, kanatlı) sıklıkla izole edilen mikroorganizmalar

Enterobacteriaceae, Pseudomonas, Shewanella putrefaciens, Alcaligenes, Flavobacterium, Acinetobacter, Moraxella, Psychrobacter, B. thermosphacta, Lactobacillus, Leuconostoc, Carnobacterium, Streptococcus, Micrococcus, Staphylococcus, Bacillus, Clostridium, Maya ve Küfler.

b- Taze etlerde bozulmaya neden olan ve soğıukta üreyebilen mikroorganizmalar

Vakum paketsiz etlerde: *Enterobacteriaceae, Aeromonas, Pseudomonas, Shewanella putrefaciens, Acinetobacter, Moraxella, Psychrobacter, B. thermosphacta, Micrococcus, Staphylococcus, Lactobacillus, Maya ve Küfler.*

Vakum paketli etlerde: Vakum paketleme materyaline ve CO₂ konsantrasyonuna bağılı olmak kaydıyla: *Enterobacteriaceae, Aeromonas, Pseudomonas, Shewanella putrefaciens, Lactobacillus, B. thermosphacta.*

c- Patojen ve toksijenik mikroorganizmalar

Etlerin florasında bulunabilecek patojen ve toksijenik mikroorganizmalar halk sağılığı açısından önemli olup, bu mikroorganizmalar aynı zamanda gıda patojenleri olarak da adlandırılmaktadır. Bu mikroorganizmaların önemi et türlerine göre farklılık göstermektedir. Özellikle sığıır eti son yıllarda enterehemorajik *E. coli* 0157:H7 infeksiyonları açısından önemli iken, kanatlı etleri *Camplobacter jejuni* ve *Salmonella* spp. infeksiyonları açısından daha önemlidir.

Bu bağlamda etlerde bulunabilecek patojen mikroorganizmaları; *Salmonella spp.*, *Campylobacter jejuni*, *Campylobacter coli*, *Enteropatojenik E. coli*, *Enterohemorajik E. coli* (0157:H7), *S. aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* ve *Y. enterocolitica* oluşturmaktadır.

2.3. Bozulma Tipleri

Taze etlerde mikrobiyel bozulmalar, genelde etlerdeki total mikroorganizma sayısının $10^6/cm^2$ 'nin üzerinde bulunmasıyla başlar. Oluşan bozulma kendisini 1- **Bozulma (kokuşma ürünlerinin ortaya çıkışı)** (*Enterobacteriaceae*, *Pseudomonas*, *B. thermosphacta*), 2- **Asitleşme** (*Lactobacillus*, *Carnobacterium*, *B. thermosphacta*), 3- **Renk değişimi** (yeşil renk oluşumu) (*Shewanella putrefaciens*, *A. Hydrophila*) ile gösterir.

(H₂S-Oluşumu-----Sulfomyoglobin)

Soğukta muhafaza edilen etlerde bozulmadan birinci derecede mikroorganizmalar sorumludur. Mikroorganizmalardan ileri gelen bozulmalar, bunların oluşturduğu değişik metabolik ürünlerle kendini gösterir. Oluşan bozulma genelde a) Et yüzeyinde yapışkan nitelikte salgı oluşumu b) renk değişikliği c) arzu edilmeyen aroma bileşenlerinin oluşumu şeklinde ortaya çıkar. Etlerde bozulma genelde etin yüzeyinde başlar, ileri derecede parçalanmış kıyma gibi ürünlerde etin yüzey alanı artmış olduğundan, bozulma olayları daha hızlı şekillenir.

Bakterilerin üreme sıcaklık derecelerine göre sınıflandırılması (°C).

Grup	Minimum	Optimum	Maksimum
Psikrofil	-5- 5	12-15	15-20
Psikrotrof	-5- 5	25-30	30-35
Mezofil	5-15	30-40	35-47
Termofil	40-45	55-75	60- 90

Psikrofil mikroorganizmalar, 5°C'nin altındaki sıcaklık derecelerinde gelişebilmelerine karşın, 20°C'nin üzerindeki sıcaklık derecesinde üremezler. Psikrofil mikroorganizmalar, bozulmalarda düşük düzeyde rol oynarlar. Ancak psikrotrof mikroorganizmalar, soğukta muhafaza edilen etlerin bozulmasında esas rol oynarlar. Bu grupta laktobasillerin belirli serotipleri dışındaki türler ile Gram negatif çomakçıklar (*Pseudomonas spp.*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Alteromonas*, *Aeromonas*, *Vibrio spp.*, *B. thermosphacta*, *Serratia*, *Enterobacteriaceae* familyasındaki soylar) yer alırlar. *Pseudomonas*'ların belirli serotipleri

-7°C'nin altında üreyebilirler. Bazı patojen bakteriler de (Proteolitik özellikte olmayan *C. botulinum*, *Y. enterocolitica*, *L. monocytogenes*, *A. hydrophila* ve *B. cereus*'un bazı serotipleri) bu grupta yer alırlar. Yine bazı küf ve maya türleride, -10°C'de üreyebilirler. Özellikle mayalardan *Candida*, *Hansenula*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula* soyunda yer alanlar ile küflerden *Mucor*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Cladosporium* ve *Botrytis* soyunda yer alanlar bu özelliktedir.

Genelde gıda intoksikasyonuna neden olan mikroorganizmalar mezofilik karakterdedirler (*Salmonella*, *C. botulinum* Tip A ve B, *C. perfringens*, *S. aureus* v.b). Diğer *Enterobacteriaceae* familyasında yer alan soylar ile genelde Gram pozitif bakteriler (*Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus* ve Laktikasit bakterileri) mezofilik koşullarda üreme gösterirler. Termofilik grupta yer alan mikroorganizmalar az sayıdadır. Bu grupta özellikle *Bacillus* soyunda yer alan *B. stearothermophilus* ile bazı *Clostridium* türleri ve asitli meyva sularında bozulmaya neden olan *Alicyclobacillus* türleri (*A. acidoterrestris* ve *A. acidocaldarius*), laktik asit bakterilerinden yoğurt kültürü olarak kullanılan *S. thermophilus* örnek olarak verilebilir.

Mikroorganizma düzeyinin 10^8 kob/cm² düzeyinde bulunduğu durumlarda, etlerde koku değişikliği (bozulma) ortaya çıkar. Yağsız ette bozulma olayları 10^7 kob/cm² den itibaren oluşmaya başlar. Eterde oluşan bu tip hoş olmayan metabolizma ürünleri birinci derecede proteinlerin yıkımlanma ürünleridir (ester, thiole). Yapışkan nitelikte salgı oluşumuna bağlı bozulmalar mikroorganizma sayısının yaklaşık 10^8 kob/cm², a_w-değerinin 0.99 düzeyinde bulunduğu koşullarda gözlenir.

Glikoz içermeyen ve DFD et oluşumu için gerekli koşullara sahip etlerde, ortamda karbonhidratlar bulunmadığı için, mikroorganizmalar aminoasitleri kısa sürede yıkılamaya başladığı için, bozulma olayları da daha kısa zamanda ortaya çıkar. Bu tip etlerde mikroorganizma sayısının 10^6 kob/cm² düzeyine ulaşması ile bozulma olayları başlar. Aynı muhafaza koşulları altında, DFD'li etlerde görülen bozulma olayları, normal pH-değerli etlerden daha hızlı oluşur. Soğukta muhafaza edilen etlerde görülen bozulma olayları mikroorganizma sayısı ve türlerine, muhafaza koşullarına (sıcaklık, atmosferik koşullar) ile etin özelliklerine (pH-değeri, a_w-değerine) bağlıdır. Genelde optimum hijyenik koşullar altında kesilen sığır karkaslarında mikroorganizma sayısı yaklaşık 10^2 - 10^4 kob/cm² düzeyinde veya daha düşük değerlerde bulunur. Şayet bu değerler kesim sonu 10^5 kob/cm² nin üzerinde ise bu tip etlerde dikkatli olunmalıdır. Karkasların soğuk muhafazaya alınması ile karkaslarda

buharlaşmaya bağılı olarak, karkasın dış yüzeyinde kuruma şekillenir. Bu iki önemli olay, yavaş soğutulan karkaslarda mikroorganizmaların üremesini yavaşlatan en önemli nedendir. Karkasların dış yüzeyinde oluşan kuruma sonucu a_w -değerinin ve sıcaklık derecesinin düşmesine bağılı olarak, mezofil mikroorganizmaların üremesi baskılanır (ICMSF,1998).

Soğukta muhafaza edilen sığır, koyun, domuz ve kanatlı karkaslarından izole edilen bakteri türleri genelde birbirine benzerlik gösterir. Soğukta normal atmosferik koşullarda muhafaza edilen etlerde bozulma, başta Gram negatif bakteriler olmak üzere, psikotropik mikroorganizmalardan (*Pseudomonas*, *Acinetobacter* ve *Psychrobacter*) ileri gelmektedir. Buna ilaveten bozulmada az derecede *B. thermosphacta* gibi, Gram pozitif bakterilerde rol oynamaktadır. Özellikle psikrotrofik özellikteki enterobakterilerin bozulmadaki rolleri de, önemlidir. Bunlara ilaveten uygun koşullarda, mikrokok/stafilokoklar, streptokoklar ile basillerde bozulma olaylarına iştirak edebilirler.

Genelde karkaslar piyasaya parçalanmış şekilde sunulurlar. Avrupa Birliği direktiflerine göre karkaslar parçalanmadan önce merkezi sıcaklık dereceleri 7°C'ye kadar düşürülür ki (soğuk parçalama), bu sıcaklık derecesine kadar karkaslar kesimden sonra 1-2 gün muhafaza edilir. Bu nedenle karkas yüzeyinde mikroorganizma düzeyinin 10^4 kob/cm² den az olması gerekir. Karkasların parçalama işlemleri sonundaki mikroorganizma düzeyi, hijyenik koşullara (işletme hijyeni, personel hijyeni, alet ve ekipmanın hijyenik durumu) bağılı olarak değışkenlik göstermektedir. Genelde hijyenik koşullarda yapılan parçalama işlemleri sonucunda, parçalanmış etlerin karkas yüzeyindeki etkenlerle kontaminasyon düzeyi düşük düzeyde (10^3 kob/cm² veya daha az) bulunur.

Karkasların parçalandığı odalarda sıcaklık derecesi AB direktifi gereğince maksimum 12°C ile sınırlandırılmış olup, karkaslarda parçalama işlemlerinin 2 saatin altında yapılması önerilmiştir. Bu öneri özellikle merkezi sıcaklık derecesi 7°C'ye kadar düşürülmüş karkaslarda olası *Salmonella* türlerinin, parçalama sırasında üremelerinin baskılanması bakımından önemlidir.

Bununla birlikte değışik ekonomik nedenlere bağılı olarak, bazı durumlarda karkaslar kesimden hemen sonra sıcak olarak parçalanmaktadır. Sıcak olarak parçalanmış karkas etleri vakumla paketlenerek veya steril karton kutularda soğutulabilmektedir. Karkasların sıcak olarak parçalanmasında en önemli kriter, maksimum düzeyde hijyenik önlemlere uyulmasıdır. Hijyenik koşullarda sıcak olarak parçalanan etlerde, soğutmanın kısa zamanda yapılması ve

başlangıçta bozulmadan sorumlu psikotrofik mikroorganizmaların düşük düzeyde olması nedeniyle, bu tip etlerin daha uzun süre raf ömrüne sahip olduğu bildirilmektedir.

Soğutulmuş ve normal atmosferik koşullarda muhafaza edilen etlerde mikroflora Gram negatif, psikotrofik ve aerob çomak formundaki bakterilerden oluşmaktadır. Bu tip etlerin mikroflorasında değişik türde mikroorganizmalar bulunsa da, normalde *Pseudomonas*, *Acinetobacter* ve *Psychrobacter* türleri (Önceden *Moraxella*) önemlidir. *Pseudomonas*'lar ayrı bir önem taşımakta olup, floranın % 50'sini, bazen % 90'nını oluştururlar. *Pseudomas* türleri içerisinde 0-2°C'de, metabolik aktivitelerini devam ettiren *Pseudomonas fragi* dominant olarak saptanmıştır.

Diğer bakteri türleri florada daha düşük düzeyde bulunmaktadır. *Brochothrix thermosphacta* sığır etlerine oranla, kuzu ve domuz etlerinde önemlidir. Özellikle 5°C'nin üzerinde muhafaza koşulları bu etkenin üremesini olumlu yönde etkiler. Soğukta muhafaza edilen etlerde mikrokok ve stafilokoklarda izole edilmesine karşın, soğuk muhafaza koşulları bunların önemlerini azaltmaktadır. Aynı şekilde psikotrofik özellikteki enterobakterilerden *Serratia liquefaciens*, *Enterobacter agglomerans* ve *Hafnia alvei*'de soğukta muhafaza edilen etlerin mikroflorasında, düşük düzeyde de olsa sıklıkla bulunurlar. Ancak muhafaza derecesinin 6-10°C'ye yükselmesi bu türlerin önemlerini büyük ölçüde artırmaktadır.

Paketlenmiş taze etlerde, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların dağılımı kullanılan gaz kombinasyonlarına ve vakum materyalinin gaz geçirgenliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Paketlemede genelde 3 değişik alternatif uygulama bulunmaktadır. Bunlar gaz geçirgenliği bulunan folye, vakum paketleme ve modifiye atmosfer paketleme (MAP=değişik gaz karışım kombinasyonları) teknikleridir.

Etlerin paketlenmesinde gaz geçirgenliğine sahip folyelerin kullanılması, bozulmaya neden olan etkenlerin üzerinde etkili değildir. Folye ile paketlenmiş etlerdeki mikroflora, paketlenmemiş etlerdeki mikroflora ile benzerlik gösterir. Etlerin vakumla paketlenmesine bağlı olarak, vakum materyali içerisinde oksijen konsantrasyonu azalmaktadır. Bu nedenle bu tür etlerde bozulmadan sorumlu etkenlerin üremesi için optimal şartlar ortadan kaldırılmış olmaktadır. Vakumla paketlenmiş etlerde ortamda oksijen konsantrasyonu azalmasına karşın, karbondioksit konsantrasyonu artmakta buna bağlı olarakta, bu koşullarda Gram pozitif bakterilerden laktik asit bakterilerinin (LAB) üremesi hızlanmaktadır. Vakumla paketleme

etlerde raf ömrünün uzamasına neden olmakta olup, bu tür etlerin 3 aya kadar muhafaza edilebilmektedir. Aynı zamanda laktik asit bakterileri tarafından oluşturulan asite bağlı aroma değişiklikleride çoğu zaman tüketiciler tarafından tolera edilebilmektedir. Vakumla paketlenmiş etlerde floraya hakim olan LAB'ri *Lactobacillus*, *Carnobacterium* ve *Leuconostoc* soylarından oluşmaktadır. LAB'den ileri gelen bozulma nedeni genelde üründe oluşan asit lezzetten ileri gelmekte olup, bu değişiklik LAB'nin etlerde sayısal olarak 10^8 kob/cm² ve üzerinde bulunmasıyla başlar. *Brocothrix thermosphacta*'da anaerob koşullarda üreyebilme yeteneğine sahip olup, etlerde arzu edilmeyen aroma komponentlerinin oluşumuna neden olur.

Bunlara ilaveten vakumla paketlenmiş ve pH-değeri 6.0'ın üzerinde bulunan etlerde *Shewenella putrefaciens*, enterobakterilerden *Hafnia alvei*, *Serratia liquefaciens* ve *Enterobacter* türleri iyi üreyebilmektedirler. DFD'li etlerde görülen çabuk bozulmanın en önemli nedenleri arasında, fazla miktarda oluşan hidrojen sülfürün (H₂S) kas pigmenti myoglobinle reaksiyona girmesi sonucu, yeşil renkli sulfomyoglobinin ortaya çıkmasından kaynaklanmaktadır. Vakumla paketlenmiş etlerde pisikotrofik özellikteki bazı *Clostridium* türleri ile *Leuconostoc*'larında bozulmaya neden olduğu bildirilmektedir.

Et endüstrisinde MAP tekniğinin kullanımı son 20 yıl içerisinde önemini artırarak, devam etmektedir. MAP'le paketlenme tekniğinde, kullanılacak gaz çeşitleri ile konsantrasyonları mikroorganizmaların üremesini baskılamaktadır. Bu teknikte kullanılan gaz karışımlarından karbondioksitin bakteriyostatik etkisi bulunmakta olup, oksijen ise kırmızı kas pigmentinin stabil kalmasını sağlamaktadır. Gaz karışımında karbondioksit konsantrasyonunun artması Gram pozitif ve mikroaerofilik özellikteki bakterilerin gelişimini hızlandırmaktadır. MAP'de bugün % 20-30 konsantrasyonda karbondioksit ile birlikte % 70-80 konsantrasyonda oksijen içeren karışımlar kullanılmaktadır. Bu karışımda özellikle *B. thermosphacta*, *Leuconostoc* ve *Lactobacillus* türleri ile obligat aerob *Pseudomonas* türleri üreyebilmektedir.

Ancak bunların üreme hızları ortamdaki karbondioksit konsantrasyonuna bağlı olarak sınırlanmaktadır. Karbondioksit konsantrasyonunun % 100 olduğu vakum paketlenmede flora aynı olmakla beraber, dominant durumdaki laktik asit bakterilerinin *B. thermosphacta* ile enterobakterilerin artan muhafaza derecelerinde gelişimi baskılanır, ancak yine de patojenlerin üreme riski bulunmaktadır.

Bu nedenle özellikle paketlemede % 100 karbondioksit kullanılmış etlerin muhafazası sırasında, sıcaklık değişimlerinin kontrolü büyük önem taşımaktadır. Etlerin dondurarak muhafazası sırasında ortaya çıkan bozulmalar üzerinde birçok değişik etken rol oynamaktadır. Genelde dondurulmuş etlerde - 7°C’de kısıtlı sayıda mikroorganizma üreyebilmektedir.

Ancak Maya ve küfler daha düşük derecelerde üreyebilirler. Dondurulmuş etlerde şayet rekabetçi bakterilerin üremesi baskılanmış ise, bozulmada birinci derecede küfler rol oynar. Bazı küf soyları (*Cladosporium*, *Geotrichum*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Thamnidium*) -5, -10°C’de üreyerek, etlerde bozulmaya neden olurlar. Üreyen küf türlerine göre etlerin yüzeyinde değişik renkte lekeler oluşur. Dondurulmuş etlerde küflerin üremesi, dondurma odalarında hatalı soğutma işlemlerinin yapıldığının göstergesidir.

Bozulmaya neden olan önemli Gram negatif bakterilerin metabolik aktiviteleri

<i>Pseudomonas spp.</i> Glikoz ve aminoasitlerin yıkımı	yağasidi esterleri (etil-metil ester) Metan ve iso-propan-thiole, sülfidler, Thioester, Dimetilsülfid, putrescin.
<i>Schwenella putrefaciens</i> Aminoasitlerin yıkımı	H ₂ O ₂ , renk değişimi (pH>5.8) Putrescin
<i>Acinetobacter</i>	Aminoasit ve Laktatların yıkımlanması
<i>Enterobacteriaceae</i> Glikoz ve aminoasitlerin yıkımı	Sıklıkla H ₂ O ₂ oluşumu (<i>Proteus</i> , <i>Citrobacter</i>) Putrescin, Cadeverin (<i>Hafnia</i> , <i>Serratia</i> , <i>Enterobacter</i>).esterler, Diasetil, asetoin, 2-3 Butanol (süblüch-boğazı yakıcı aroma),

Bozulmaya neden olan önemli Gram pozitif bakterilerin metabolik aktiviteleri

Laktikasit bakterileri Glikoz yıkımı	Laktikasit, sirke asidi, Asetoin, CO ₂ , H ₂ O ₂ , Yağoksidasyonu (renk değişimi, acılaşıma), Tiramin (<i>Lactobacillus</i> , <i>Carnobacterium</i>), H ₂ S (<i>Leuconostoc mesenteroides</i> v.b).
<i>Brocothrix thermosphacta</i> Glikoz yıkımı	Esterler, alkol bileşikleri, Diasetil, asetoin, 2,3 Butanol (Sahnig-kasige aroma) karbonik asit, aldehidler
<i>Clostridium</i> ’lar Proteolitik etki	H ₂ , CO ₂ , H ₂ S (renk değişimi), dimetil sülfid, metil-thio-asetat, 1-Butanol, sirke asidi, kısa zincirli yağ asitleri.