

BÖLÜM 5

GIDALARDA GÖRÜLEN MİKROBİYAL BOZULMALAR

1. Giriş

Gıda maddeleri, bitkisel ve hayvansal kaynaklı olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır. Bu iki grupta bulunan mikroorganizmaların cins ve miktarları birbirinden farklı olabildiği gibi, yol açacakları bozulmalar da farklı olabilmektedir. Mikroorganizmaların gıda maddeleri üzerindeki etkisini sadece son üründe oluyor gibi düşünmek bizleri hatalı sonuca götürecektir. Gıda işlemenin her safhasında değişik mikrobiyal bulaşmalar olabilmekte ve işlem sırasında ara ürünlerde de değişik faaliyetlerde bulunabilmektedir. Gıdalarda görülen bozulmaları hayvansal ve bitkisel kaynaklı olanlar için ayrı ayrı incelemek yerinde olacaktır.

2. Hayvansal Gıdalarda Görülen Bozulmalar

Hayvansal kaynaklı gıda maddelerini et ve et ürünleri, su ürünleri, yumurta ve süt ve süt ürünleri olarak 4 ana başlık altında incelemek yerinde olacaktır.

2.1. Et ve Et Ürünlerinde Görülen Bozulmalar

Et ve et ürünleri yüksek su içerikleri, azotlu bileşenler, mineral maddeler ve diğer gelişme faktörlerince zengin olmaları yanında pH değerlerinin de bir çok mikroorganizmanın gelişmesine elverişli olması dolayısı ile, mikrobiyal gelişme sonucu kolayca bozulma özelliğindedir. Et ve et ürünlerinde bulunan mikroorganizmalar ve meydana getirdikleri değişimleri, bileşim, tekstür ve bulaşık mikroflora açısından farklılıklar içeren kırmızı et ve kanatlı etleri (beyaz et) ile bunlardan hazırlanan ürünler için ayrı ayrı değerlendirmek daha sağlıklı sonuçlar verecektir.

2.1.1. Kırmızı Et ve Ürünleri

Canlı hayvanda gerek kas yapısı ve kimyası, gerekse vücudun kendini koruma mekanizması mikroorganizma faaliyetlerini önleyici bir faktör olmaktadır. Aseptik koşullar sağlanarak yapılan denemeler, dokuların büyük bir kısmının steril olduğunu ve normal olarak 10-100g dokuda bir adet gibi düşük sayıda mikroorganizma olduğunu göstermiştir. Ancak, ticari olarak yapılan kesimlerde çok farklı kaynaklardan bulaşma olabilmekte ve bu nedenle henüz yeni kesilmiş etlerde bile farklı cins ve türde mikroorganizmalara rastlanabilmektedir. Etlere çeşitli yollar ile mikroorganizma bulaşımına geçmeden önce

hayvanın kesimini müteakip etin oluşmasını olayını kısaca gözden geçirmekte yarar vardır. Kesime uygun ve iyi şartlarda kesimi gerçekleştirilmiş kasaplık hayvanlarda, kesim sonrası aşağıda sıralanan olaylar gerçekleşmekte kas ve diğer dokular et olarak tanımlanan ürüne dönüşmektedir. Bu olaylar şöyle özetlenebilir;

1. Kan dolaşımı durur, ATP sentezlenme kabiliyeti sona erer, ATP'nin tükenmesi aktin ve miyosinin oluşturduğu aktomiyosin kompleksi sürekli kalır ve kasın sertleşmesine neden olur.
2. Hücrelere oksijen temini durur ve O/R potansiyeli düşer.
3. Vitamin ve antioksidan temini durur ve ransidite yavaşta olsa oluşmaya başlar.
4. Sinirsel ve hormonal regülasyon bozulur, karkasın sıcaklığı düşer ve yağlar katılaştır.
5. Glikolizis hızlanır ve glikojenin büyük kısmı laktik asite dönüşerek 7.2 civarında olan başlangıç pH'sının sonuçta 5.6 civarına doğru düşmesine neden olur. Bu pH düşüşü, proteinlerin kısmi denatürasyonunu, katepsinlerin ve diğer bazı enzimlerin aktivitesini ve serbest kalmasını başlatır ve rigor tamamlanır.
6. Retikuloendotelial sistem (fagositoz yapan hücrelerden oluşmuş savunma sistemi) bozulur ve mikroorganizmaların çoğalımı hızlanır.
7. Diğer pek çok biyokimyasal reaksiyonlar devam ederek, kas ve diğer dokular ete dönüşür.

Tüm bu olayların oluşumu 2-5°C depo sıcaklığında sığır karkaslarında genelde 24-36 saat zaman almaktadır. Bu şekilde oluşumu tamamlanarak tüketiciye satıma hazır hale gelen karkas ete mikroorganizmalar hayvan henüz kesilmeden, kesim anında veya kesimden sonra 3 temel yolla bulaşabilmektedir.

Intravitam Bulaşma: Bunda temel kaynak hasta hayvanlar olmakla birlikte, hava, yem ve su da kaynak olabilmektedir. Her ne suretle olursa olsun, vücuda alınan az sayıdaki mikroorganizma solunum veya sindirim sisteminden kana geçebilmektedir. Ancak, sağlıklı hayvanda koruma mekanizması ile etkisiz hale getirilmektedir.

Premortem Bulaşma: Bu tip bulaşmada, kesim yöntemi ve ortam hijyenine bağlı olarak bıçak yarasından bulaşan mikroorganizmalar önem taşımaktadır. Kesim ile birlikte oluşan negatif basınç ile kesim yarasından vücuda dağılan mikroorganizmalar bir direnç ile karşılaşmadan faaliyetlerini sürdürebilirler. Ayrıca, intravitam bulaşık karaciğer, dalak, böbrek ve lenf yumrularında yerleşebilmiş bakteriler de ters basınç ile organlara ulaşırlar.

Postmortem Bulaşma: Et hijyeni ve et ürünlerinin dayanıklılığı ve kalitesi açısından en önemli bulaşma kaynağıdır. Mezbaha ve depo ortamındaki hava, duvarlar, taban ve tavan, kullanılan su, kesilen hayvanın ayakları, derisi veya postu, iç organları, özellikle iştakembe ve bağırsakları, hayvandan akan kan, kullanılan araç ve gereçler, makina ve ekipmanlar, çalışan personelin elleri, ağız ve burun akıntıları ve elbiseleri önemli bulaşma kaynaklarıdır. Bunlar içerisinde de nitelik ve nicelik açısından asıl bulaşma hayvanın postu, derisi, iştakembesi ve bağırsaklarından olmaktadır. Kesimde hijyenik şartlara dikkat edilir ise, diğer kaynaklardan olan bulaşma hayvanın kendinden olan bulaşmaya göre önemsenmeyecek düzeyde bulunmaktadır. Tablo 5.1'de genel anlamda kesimhanede mikrobiyal bulaşma kaynakları ve bulaşabilecek mikroorganizma sayıları verilmiştir.

Tablo 5.1. Kesimhanede Mikrobiyal Bulaşma Kaynakları ve İki Farklı İnkübasyon Sıcaklığında Mikroorganizma Sayıları

Bulaşma Kaynakları	İnkübasyon Sıcaklığı (°C)	Bakteri Sayısı (CFU)	Maya Sayısı (CFU)	Küf Sayısı (CFU)
Post (cm ²)	20	3.3x10 ⁶	580	850
	-1	1.5.x10 ⁴	89	89
Yüzeydeki Kirlere (g kuru ağırlık)	20	1.1x10 ⁸	5.0x10 ⁴	1.2x10 ⁵
	-1	2.8x10 ⁶	1.4x10 ⁴	1.0x10 ⁴
Dışkı (g kuru ağırlık)	20	9.0x10 ⁷	2.0x10 ⁵	6.0x10
	-1	2.0x10 ⁵	70	1700
İşkembe (g kuru ağırlık)	20	5.3x10 ⁷	1.8x10 ⁵	1600
	-1	5.2x10 ⁴	50	60
Hava (saatte cm ² de biriken)	20	140	--	2
	-1	8	--	0.1
Kesimhane tabanında akan su (en fazla sayı/ml)	20	1.6x10 ⁵	30	480
	-1	1000	10	50

Bu farklı kaynaklardan bulaşan mikroorganizmaların sayısının azaltılması için sprey veya diğer metotlar ile yıkama işlemi uygulanmakta ve mikroorganizma sayısında %50-90 arası azalma elde edilebilmektedir. Yıkama suyu içerisine klor, laktik asit veya diğer organik asitlerin katılması mikroorganizma sayısında önemli ölçüde azalma yapmaktadır. Ancak, bazıları renk veya koku üzerinde istenilmeyen değişimler meydana getirebildiği için kimyasal maddelerin kullanımı sınırlanmaktadır. Et yüzeyine bulaşması engellenemeyen mikroorganizmaların dekontaminasyon ile azaltılmasına çalışılırken bir yandan da etler çabucak soğutulmuş mikrobiyal faaliyet sınırlandırılmaya çalışılır. Ancak özellikle ilk 10 saatte 10°C'nin altına düşürülmemesine dikkat edilmelidir. Aksi halde, "cold-shortening" olayı ile karşılaşılabilir. Ancak, rigor mortis olayı geçmiş etler mutlaka 5°C'nin altına soğutulmalıdır. Etler uzun süre depolanacak ise muhakkak surette dondurulmalıdır. Tablo 5.2 ve 5.3'de genelde et ve bazı et ürünlerine sıkça bulaşabilen bakteri, küf ve mayalar cins seviyesinde verilmiştir.

Yüzme ve bağırsakların çıkarılması sırasında, derinin normal florasında bulunan stafilokok, mikrokok, pediokok, maya ve küfler ile fekal ve toprak orijinli olan çeşitli streptokoklar, *Clostridium perfringens* ve *Salmonella* cinsi bakteriler de karkasa bulaşabilmektedir.

Yüzme işlemi hijyenik koşullarda yapıldığında, sığır karkasında aerobik mezofilik bakteri sayısı 10⁴-10⁵ CFU/cm², psikrotrof mikroorganizma sayısı 10² CFU/cm², koliform sayısı ise 10¹-10² CFU/cm² olarak bulunmuştur. Koyun karkaslarında bu değerler biraz daha yüksek bulunmaktadır. Genel bir değer olarak yeni kesilmiş et yüzeyindeki mikroorganizma sayısı 10³-10⁵ arasında kabul edilebilir.

Yüzme sırasında bulaşan küflerden ise önemlilerini *Penicillium*, *Mucor*, *Cladosporium*, *Thamnidium*, *Geotrichum* ve *Alternaria* cinsleri oluşturmaktadır.

Kesilen hayvan etlerinin depolanması soğuk şartlarda yapıldığından en önemli mikroorganizma grubunu psikrofiller oluşturmaktadır. Yapılan araştırmada 1°C'de inkübasyon sonucu elde edilen bakteri florasının *Achromobacter*, *Micrococcus*, *Flavobacterium* ve *Pseudomonas* cinslerinden oluştuğu belirlenmiştir. Su aktivitesinin % 80'in altına düşmesi durumunda etin yüzeyinin süratle kuruduğu ve sertleştiği görülmüş ve

bakterilerin yerini *Geotrichum*, *Thamnidium*, *Clodosporium* gibi küfler veya *Trichosporon* gibi mayalar almıştır.

Tablo 5.2. Çeşitli Et ve Ürünlerinde En Yaygın Bulunabilen Bakteri Cinsleri

Mikroorganizma	Gram Boyama Özelliği	Taze Etler	Taze Karaciğer	İşlenmiş Etler	Vakum Paketlenmiş Etler	Bacon	Kanath Etleri	Balık ve Deniz Ürünleri
<i>Acinetobacter</i>	-	XX	X	X	X	X	XX	X
<i>Aeromonas</i>	-	XX			X	X	X	X
<i>Alcaligenes</i>	-	X	X			X	X	X
<i>Bacillus</i>	+	X		X		X	X	X
<i>Brochothrix</i>	+	X	X	X	XX			
<i>Campylobacter</i>	-						XX	
<i>Carnobacterium</i>	+	X			XX			
<i>Citrobacter</i>	-	X					X	
<i>Clostridium</i>	+	X					X	
<i>Corynebacterium</i>	+	X	X	X	X	X	XX	X
<i>Enterobacter</i>	-	X		X	X		X	X
<i>Enterococcus</i>	+	XX	X	X	XX	X	X	X
<i>Escherichia</i>	-	X					X	X
<i>Flavobacterium</i>	-	X	X				XX	X
<i>Hafnia</i>	-	X			X			
<i>Kurthia</i>	+	X			X			
<i>Lactococcus</i>	+	X		X				
<i>Lactobacillus</i>	+	X		XX	XX			X
<i>Leuconostoc</i>	+	X	X	X	X			
<i>Listeria</i>	+	X		X			XX	X
<i>Microbacterium</i>	+	X		X	X	X	X	X
<i>Micrococcus</i>	+	X	XX	X	X	X	X	
<i>Moraxella</i>	-	XX	X			X	X	X
<i>Pediococcus</i>	+	X		X	X			
<i>Proteus</i>	-	X					X	
<i>Pseudomonas</i>	-	XX			X		XX	XX
<i>Psycrobacter</i>	-	XX					X	X
<i>Salmonella</i>	-	X					X	
<i>Serratia</i>	-	X		X	X		X	
<i>Shewanella</i>	-	X						XX
<i>Staphylococcus</i>	+	X	X	X	X	X	X	
<i>Vibrio</i>	-					X		X
<i>Yersinia</i>	-	X			X			

Not: X = bulunduğu biliniyor; XX = çok yaygın bulunuyor

Karkasların yüzeyinde gelişen *Mucor*, *Rhizopus* ve *Thamnidium* oluşturduğu miseller ile beyaz veya gri renkli sakalımsı bir yapıya (whiskers) neden olmaktadır. *C. herbarum* ve *C. cladosporoides* -5°C gibi düşük sıcaklıklarda dahi çeşitli etler üzerinde gelişebilmekte ve koyu renkli miselleri nedeni ile siyah görünümlü lekelerle neden olmaktadır. *Penicillium spp.* ve *Cladosporium spp.* et yüzeyinde gelişerek sarıdan yeşile değişen renk hatalarına neden olmaktadır. Ayrıca *Sporotrichum carnis* ve *Chrysosporium spp.* beyaz noktalar şeklinde renk hatalarına neden olmaktadır. Küfler, et yüzeyinde, eğer depolama sıcaklığı – 5°C'nin altına düşürülür ise gelişmemektedirler.

Buzdolabı sıcaklığında depolanan, bozulmuş sığır karkası yüzeyinden genelde izole edilen iki maya cinsi ise *Candida* ve *Rhodotorula* olmuştur.

Tablo 5.3. Çeşitli Et ve Ürünlerinde En Yaygın Bulunabilen Küf ve Maya Cinsleri

Mikroorganizma	Taze ve Soğutulmuş Etler	Kanatlı Etleri	Balık ve Karides	İşlenmiş ve Kür Edilmiş Etler
Küfler				
<i>Alternaria</i>	X	X		X
<i>Aspergillus</i>	X	X	X	XX
<i>Botrytis</i>				X
<i>Cladosporium</i>	XX	X		X
<i>Fusarium</i>	X			X
<i>Geotrichum</i>	XX	X		X
<i>Monascus</i>	X			
<i>Monilia</i>	X			X
<i>Mucor</i>	XX	X		X
<i>Neurospora</i>	X			
<i>Penicillium</i>	X	X	X	XX
<i>Rhizopus</i>	XX	X		X
<i>Scopulariopsis</i>			X	X
<i>Sporotrichum</i>	XX			
<i>Thamnidium</i>	XX			X
Mayalar				
<i>Candida</i>	XX	XX	XX	X
<i>Cryptococcus</i>	X	X	XX	
<i>Debaryomyces</i>	X		X	XX
<i>Hansenula</i>			X	
<i>Pichia</i>			X	
<i>Rhodotorula</i>	X	XX	XX	
<i>Saccharomyces</i>		X		X
<i>Trichosporon</i>	X	X	X	X

Not: X = bulunduğu biliniyor; XX = çok yaygın bulunuyor

Etin kalitesi ve dayanma süresi ile karkasın yüzeysel mikroorganizma sayısı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Örneğin başlangıç mikroorganizma sayısı 10^5 adet/cm²'yi aşan karkaslarda 5°C'de depolama esnasında 6 gün içerisinde bozulma belirtileri tespit edilirken, başlangıç mikroorganizma sayısı 10^3 adet/cm² olan karkaslarda aynı sıcaklıkta 10-11 günlük depolamada dahi bozulma belirtileri ortaya çıkmaktadır. Bundan dolayı etlerin hijyen statüsünün belirlenmesi hususunda çeşitli ülkelerde çalışmalar yapılmaktadır. Tablo 5.4'de ABD hijyen statüsü görülmektedir. Bu statü karkasta üç farklı bölgeden (16cm²x3) eküvyon ile örnek alarak sayım yapma esasına dayanmaktadır. Ancak bu depolama şartlarında ortam nisbi rutubetinin önemini unutmamak gerekmektedir.

Tablo 5.4. Taze Karkas Etlerinin Hijyen Statüsü ve Dayanma Süresi

Bakteri Sayısı (cm ²)	Kesim Hijyeni Değerlendirmesi	Yaklaşık Dayanma Süresi (2 ⁰ C'de gün)
<5x10 ²	Çok iyi	18-20
5x10 ² -9.9x10 ²	İyi	15-17
10 ³ -9.9x10 ³	Tatminkar	12-14
10 ⁴ -10 ⁵	Yeterli	9-11
>10 ⁵	Yetersiz	<9

ABD hijyen statüsünde, karkaslarda Tablo 5.4'de verilen total mikroorganizma sayısı yanında diğer bazı mikroorganizmaların bulunmaları da sınırlandırılmıştır. Buna göre maya ve küfler 10^3 CFU/cm², koliform grup ve fekal streptokoklar 10^2 CFU/cm² olmalı, bir gram ette *Salmonella* ve patojen *Clostridium* 'lar bulunmamalıdır.

Et ve örneklerinde saptanan total aerobik mezofilik mikroorganizma sayısı bozulma halini belirleyici kesin faktör olan bakteri sayısının bilinmesi açısından önem taşımaktadır (Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Duyusal Bozukluğun Hissedilebildiği Durumlardaki Mikroorganizma Sayısı (CFU/ cm²)

Gıda Örneği	Koku Belirtisi	Salyamsı Yapı
Sığır Eti	1.5x10 ⁸	3-300x10 ⁶
Sosis	1-1.3x10 ⁸	1.3x10 ⁷
Balık	1-130x10 ⁶	Veri yok
Tavuk	2.5-100x10 ⁶	1-6x10 ⁷

Etlerde bulunan patojen flora iç veya dış kaynaktan bulaşan mikroorganizmalardan oluşur. Etlerin neden olduğu gıda zehirlenmeleri *Salmonella*, *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* ve bazen enteropatojenik *E. coli* ile ilgilidir.

Parça etlerde bulunan flora karkastakine benzemektedir. Ancak, parça büyüklüğü, el ile temas, parçalama ve satış şartları son yükü önemli ölçüde etkilemektedir. Örneğin hazırlandıktan sonra 10-15°C’de saklanan kuşbaşı veya kıyma etlerde 4-5 günde kötü koku, 7 günde de yüzeyde yapışkanimsi veya salyamsı bozulma belirtileri gelişmektedir. Bozulmaya başlamış parça etlerden genelde Gram negatif bakteriler, bunlardan da *Moraxella* ve *Acinetobacter* cinsleri izole edilmiştir. Parça etlerinden özellikle sığır butları ve çeyreklerinde derinde kemiklere yakın yerlerde, özellikle kalça kemiğine yakın yerde “bone taint, bone sour” olarak isimlendirilen (kemik ekşimesi, kemik kokuşması) bozulma, ekşime olabilir. Neden olan mikroorganizmalar temelde anaerobik karakterdeki *Clostridium* ve *Enterococcus* cinslerine ait türlerdir. Yine bozunmaya yüz tutmuş parça etlerde sıkça izole edilen bakteriler arasında *Pseudomonas fragi*, *P. fluorescens*, *P. putida* başta gelmektedir.

Kıymalar ise işlenmemiş ürünlere göre bozulmaya daha açıktır. Bunda et hücre suyunun dışarı çıkarak besiyeri ortamı oluşturması ile kıyma makinasında mikroorganizmaların tüm kütleyle yayılması ve değişen Eh değeri önemli rol oynar. Genel olarak karkastakine benzer flora bulunmakla birlikte, sayı daha yüksek bulunmaktadır.

Taze kıymalarda mikrobiyal florada *Micrococceae* ve *Enterobacteriaceae* familyası ile *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Moraxella* ve *Aeromonas* cinsine ait bakteriler önemli oranda bulunurlar. Karkasta sorunlara neden olan patojenler kıymalarda da önem arz etmektedir. *Pseudomonas* türlerinden özellikle *P. fragi*, *P. fluorescens* ve *P. putida* taze kırmızı et ve kıymalarda yaygın bulunabilmektedir. Sığır parça etlerinin aksine, eğer antibakteriyel bileşenler preservative olarak ürüne ilave edilmemiş veya, uzun süre dondurarak muhafaza ile normal bakteri sayısı aşağılara düşürülmemiş ise, kıymalarda küf çoğalması çok nadir olarak görülür veya hiç görülmez.

Kıymaların bozulmasının ilk belirtileri kokuşma hissi, bunu takiben sümüksü, yapışkan bir tekstür ile kendisini hissettiren aşırı bir bakteriyel çoğalma belirtisidir. Bu yapışkanlaşma, et yüzeyinin yumuşaması, sünme, liflenme hissi; yüzeyde aşırı bakteriyel çoğalmaya, bakteriyel hücre artışına ve et proteinlerinin normal konformasyonel yapısının bozulmasına işaretler.

Dondurulmuş-çözölmüş etler ; bu tip etlerde genel olarak mikroorganizmalar gelişmeleri için çok daha iyi ortam bulmakta, bu etler aynı şartlarda taze etlerden daha hızlı bozulabilmektedir. Şu hususu da hiç bir zaman unutmamak gerekirki; gıda ürünlerinin dondurarak muhafazası mikroorganizmaların öldürölme yöntemi değildir. Bu muhafaza sırasında, sıcaklık derecesine bağılı olarak, ancak, mikroorganizmaların çoğalması engellenebilir, ancak, inaktif halde bulunan mikroorganizmaların canlılıkları devam eder. Bu nedenle, donmuş etlerin mikroorganizma florası o etin dondurulmadan önceki florasını yakinen yansıtabilmektedir.

Dondurularak muhafazada *Enterobacteriaceae* sayısında azalma olmakla birlikte, mikrokok ve enterokoklar uzun süre canlı kalabilirler. Bazı maya ve küfler -7°C de (hatta -15°C 'de) üreyebilirler. *Cladosporium herbarum* siyah lekelerle, *Thamnidium elegans* sakal oluşumu şeklinde gelişimlere neden olmaktadır.

Pişirilen, kurutulan veya dondurulan ürünlerde *Clostridium perfringens* sporları canlı kalabilir. *Salmonella*, *Staphylococcus* ve diğler mikroorganizmalar ise sekonder bulaşma ile bu tür ürünlerde bulunabilirler ve uygun olmayan şartlarda çoğalabilirler.

Vakum ambalajlanmış etler; vakum ambalajlanmış etlerde, ambalaj içerisinde başlangıçta kalmış olan O_2 zamanla azalmakta ve CO_2 artmaktadır. Başlangıçta düşük CO_2 konsantrasyonunda *Pseudomonas*, *Acinetobacter* çoğalabilmekle birlikte, azalan O_2 konsantrasyonu ile *Microbacterium spp.* ile *Enterobacteriaceae* familya üyeleri çoğalmaya başlanmaktadır. Buzdolabı sıcaklığında depolamanın takip eden günlerinde laktik asit bakterileri hızla çoğalırlar. Vakumla paketlenmiş etlerde baskın florayı laktik asit bakterileri (*Lactobacillus* ve *Leuconostoc*'lar) oluşturmaktadır. Depolama süresinin sonlarında floranın %50-90'nını bunlar oluşturmaktadır. İlâveten *Brochothrix thermosphacta* ve *Pseudomonas*'lar tipik olarak floranın küçük bir kısmını oluştururlar. Bu mikroorganizmaların yanında, vakum ambalajlanmış etlerde diğler mikroorganizmalarda belirli sayılarda bulunabilirler.

Vakum ambalajlanmış etlerde bulunan mikroorganizma çeşit ve sayısına etki eden şartlar genelde şöyle sıralanabilir;

1. Et ürününün herhangi bir işlem görmüş veya görmemiş olması, çiğ veya pişirilmiş olması.
2. Üründe nitrat veya nitrit varlığı ve/veya konsantrasyonu.
3. Psikrotrofik bakteri yükünün sayı ve oranı.
4. Vakum ambalaj materyalinin O_2 ve diğler gazları geçirgenliği ve ambalajın kalitesi.
5. Ürünün başlangıç pH değeri.

Örneğin pişirilmiş veya kısmen pişirilmiş etlerin, DFD (dark-firm-dry) etlerin ve "koyu kesim proplemi" (dark-cutting-meats) olan etlerin pH değerleri çiğ, normal etler ve PSE'li (pale-soft-exudative) etlere göre çok yüksektir. Yüksek pH'lı ve vakum uygulanarak ambalajlanmış bu etlerin sahip olduğı mikroorganizma çeşit ve sayısı ise, normal etlerden çok daha farklıdır ve yüksektir. Vakum ile ambalajlanmış, 2°C 'de 6 hafta saklanmış DFD etlerde hakim floranın *Yersinia enterocolitica*, *Serratia liquefaciens*, *Shewanella putrefaciens* ve *Lactobacillus* türleri olduğı görölmüştür. *S. putrefaciens* etlerde yeşil renkler oluşturarak bozulmaya neden olmakta, ancak pH'nın 6.0'nın altında olması durumunda çoğalması engellenmektedir. PH'sı 6.6 olan koyu kesim proplemli vakum ambalajlı etin $0-2^{\circ}\text{C}$ 'de depolanmasında ilk 6 haftada dominant floranın laktobasiller

olduğu, ancak 8. haftadan sonra psikrotrofik *Enterobacteriaceae* familyasının baskın hale geldiği bildirilmektedir. Bu familya içerisinde ise çoğunluğun *S. liquefaciens* olduğu, diğerlerinin *Hafnia alvei* olduğu belirlenmiştir. Yine PH'sı 6.0 civarında olan sığır etlerinin 0-2°C'de 6 hafta depolanmasında *Y. enterocolitica* benzeri mikroorganizma sayısı 10⁷/g'a çıkarken, pH'sı 6.0'dan düşük olan etlerde, aynı şartlarda, 10 haftanın sonunda dahi sayı 10⁵/g'ı geçmemiştir. Yine aynı şartlarda, yüksek pH'lı etlerde, *S. putrefaciens* çoğalması da çok olmakta ve 10 haftanın sonunda sayı logaritmik olarak 6.58 /g'ı bulabilmektedir.

Olgunlaşmasını tamamlamış normal sığır etinin pH'sı 5.60-5.65 civarındadır ve bu etlerin vakum ambalajlanmış halinde hakim flora laktobasiller ve diğer laktik asit bakterileridir. Eğer sığır eti aerobik şartlarda bozulmaya maruz kalır ise, genelde aerobik mezofilik bakteri sayısı 10⁷-10⁸/cm²'ye çıktığında daha ziyade asidik/ekşi bir tat ve koku hissedilir ve bu şartlarda floranın genelde %15'i *Pseudomonas* türlerinden oluşur. Fakat, aynı ürün paket içerisinde bozulmaya uğrar ise, ürün pH'sında kısmen ve ürünün serbest-ekstrakt-hacmi'nde (ERU) ise genel bir yükselme görüldüğü bildirilmektedir. yine yapılan araştırmalarda, 0-1°C'de 9 hafta depolanmış sığır parça etlerinden izole edilen bakterilerin genelde katalaz negatif oldukları, bunlar içerisinde *Leuconostoc mesenteroides*'in çoğunlukta olduğu, laktobasiller içerisinde ise heterofermentatiflerin oranının homofermentatiflerden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Oksijen geçirgenliği çok düşük olan film materyal içerisinde, vakum ambalajda sığır etlerinin 3 haftaya kadar depolanması sonucunda yine heterofermentatif laktobasillerin hakim olduğu, bunlardan da %50'den fazlasının *Lactobacillus cellobiosus*'un olduğu belirlenmiştir.

Vakum ambalajlanmış ürünlerde eğer belirli bir nitrit konsantrasyonu mevcut ise, bu takdirde nitrit, *B. thermosphacta* ve psikrotrofik *Enterobacteriaceae* çoğalmasını engellemekte, nitrite nisbeten dayanıklı olan laktik asit bakterileri ortamda dominant hale gelmektedir. Ancak, düşük dozdaki nitrit, özellikle, pişmiş vakum ambalajda ürünlerde *B. thermosphacta* üzerindeki limitleyici etkisini gösterememektedir. Vakum ambalajlanmış, nitrit içeren sandviçlik etlerin bozulmasında *B. thermosphacta*'nın laktik asit bakterilerinden çok daha fazla önem taşıdığı bilinmektedir. Eğer bu iki grup bakteri ortamda eşit sayılarda bulunur ise, laktik asit bakterilerinin dominant hale geleceği muhakkaktır.

Kurutulmuş etlerde genellikle küfler bozulmaya neden olurlar. Özellikle *Aspergillus* cinsi en başta gelmekte, *A. glaucus* dikkat çekmektedir. *Aspergillus*'u, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Botrytis*, *Penicillium* ve diğer küfler takip edebilmektedir. Kurutulmuş et ürünlerinde özellikle yağ oranı yüksek ve a_w'nın düşük oluşu küfler ile bozulma riskini artırmaktadır. Su oranı nisbeten yüksek olan kurutulmuş et ürünleri yüzeyinde *Enterococcus*, *Lactobacillus* ve *Micrococcus* cinsleri de çoğalabilmektedir.

İnjesiyon ve salamura küring işlemine tabi tutulmuş, büyük parça etlerin daha sonraki kurutulması sırasında, salamurada şeker de olması nedeniyle, değişik bir bozulma şekli ile karşılaşılabilir. Salamuraya bulaşmış olabilen mikroorganizmalar, özellikle laktik asit bakterileri bozulmayı şekillendirirler. Bu tip etlerde, şekerlerin de fermente olması sonucu "ekşimsi" bir tat oluşumu ile bir bozulma görülebilir. Burada en etkin olan bakteriler ise *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Proteus*, *Micrococcus* ve *Clostridium spp*'dir. Bu tip büyük parça etlerde *Clostridium* çoğalımı fazla olur ise "gaz oluşumu" ile de karşılaşılır.

Fermente et ürünlerinde üretimde kullanılan nitrat, nitrit, tuz, baharatlar ve asit, mikrobiyal florayı etkilemektedir. Bu maddelerin kullanım miktarları ve depolama

şartlarına bağlı olarak femente ürünlerde bozulma etmeni mikroorganizmalar özellikle; *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc* bakteri cinsleri ile küflerdir. *Aspergillus* cinsinin çeşitli türleri ve mayalardan da *Candida albicans* bozulmada rol oynayabilirler. Sekonder bulaşma etmeni olarak *Listeria monocytogenes* ve *Clostridium perfringens* ile *Salmonella*'larda bozulmada rol oynayan önemli patojenlerdir. Bu tip ürünlerin üretilmesinde starter kültür olarak kullanılan laktik asit bakterileri ve *Micrococcaceae* üyeleri ise yararlı fonksiyonlar üstlenmektedirler.

2.1.2. Kanatlı Etleri (Beyaz Etler)

Kanatlı etlerinin (beyaz etlerin) mikroflorası kırmızı etlerinkine yakinen bezemektedir. Taze kesilmiş kanatlı karkasında bulunan başlıca mikroorganizmalar *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Proteus*, *Bacillus*, *Sarcina*, *Streptococcus*, *Salmonella*, *Escherichia*, *Streptomyces*, *Penicillium*, *Geotrichum*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Candida*, *Trichosporon* ve *Torulopsis* cinslerine aittir. Kanatlı etlerinde de, hayvanların ayakları, tüyleri ve bağırsak içerikleri en önemli bulaşma kaynaklarıdır. Ayrıca toprak, yemler (*Aspergillus flavus* ve *Salmonella*), içme suyu ve hayvanın dışkısı da önemli bulaşma kaynaklarını oluştururlar.

Kanatlı karkaslarına bulaşan mikroorganizmaların dekontamine edilmesinde de spreylere yıkama çok önemli sonuçlar vermektedir. Bu işlem ile karkas yüzeyine bulaşmış mikroorganizma sayısı yaklaşık %90 oranında azaltılabilmektedir. Büyük tanklarda soğuk klorlu su ile yapılan soğutma işlemi, temel kurallara uygun olarak yapılır ise bakteri redüksiyonuna etkisi %90'ı aşmaktadır. İkinci soğutma metodu olan hava ile soğutmada kros kontaminasyon daha az olmasına rağmen, bu metot ile soğutulanlarda mikrobiyal yük, su ile soğutulanlardan genelde daha yüksek çıkmaktadır.

Tavuk karkaslarında ve parça etlerinde temel bozulma kendisini yüzeyde yapışkanlaşma ve sümüksü yapı oluşumu ile hissettirmekte karkasın iç kısmında, visseral boşlukta (organ ile onu dıştan saran visseral zar arasındaki boşluk) ise, bozulma ekşimsi bir koku ile kendini göstermektedir. Tavuk karkas ve parça etlerinin bozulmasında önce rahatsız edici kokular, yüzeyde total bakteri sayısı $\log 7.2-8.0 /\text{cm}^2$ 'ye çıkınca hissedilir hale gelmektedir. Daha sonra ise yapışkanlaşmalar şekillenmektedir.

Kanatlı etleri gıda zehirlenmeleri ve enfeksiyonlarının yayılmasında sık rastlanan aracı rolü görebilmektedirler. En çok rastlanan patojenler *Salmonella spp.*, *Clostridium perfringens* ve *Staphylococcus aureus*'tur. *Yersinia*, *Campylobacter* ve *Listeria* cinsi bakteriler de kanatlı ürünlerinden izole edilen patojenler arasında bulunmaktadır.

Vakum ambalajlanmış tavuk etlerinde başlıca bozulma etmeni olan bakteriler enterobakterilerdir. Bu ürünlerin bozulmasındaki temel hususlar kırmızı etlerin vakum ambalajlanmasındaki genel seyre benzemektedir.

Tavuk etlerinin bozulmasının geciktirilmesinde vakum ve CO₂ atmosfer altında ambalajlama etkin yöntemlerdir. Örneğin, tavuk parça etlerinin 5°C'lik depolamada, oksijen geçirgen bir film ile ambalajlanmasında bozulma 9 günden daha önce hissedilirken, vakum ambalajlama ile bu süre 9-11 güne ve vakum+CO₂ atmosfer ambalajlama ile 17 güne kadar çıkabilmektedir.

Oksijenli ortamda *Pseudomonas*'lar çok önemli bozulma etmeni iken, gaz geçirimsiz materyal ile paketlenen karkasta biriken CO₂ *Pseudomonas* gelişimini durdurur ve burada *Alteromonas*, *Microbacterium* ve *Lactobacillus* cinslerine ait türler çoğalmaya başlar.

2.1.3. Balık ve Su Ürünleri

Genel olarak taze ve hastaliksız balık eti steril kabul edilmektedir. Mikroorganizmaların büyük kısmı deride, solungaçlarda ve bağırsak sisteminde bulunur. Doğal olarak bu mikroorganizmalar postmortem sürede çoğalarak bütün dokuları sarabilir. Yapılan araştırmalar taze balıklarda *Alcaligenes*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Sarcina*, *Vibrio* ve *Aeromonas* cinslerine ait bakteriler ile bazı maya ve küflerin bulunabildiğini ortaya koymuştur.

Balıklarda bozulmaya neden olan en önemli mikroorganizmalar ise *Pseudomonas*, *Achromobacter* ve *Flavobacterium* gibi Gram negatif çubuk şeklindeki psikrotrof bakterilerdir. Taze balıklarda genelde bozulmayı bakteriler yaparken, tuzlanmış ve kurutulmuş balık ürünlerinde genelde küfler sorun doğurmaktadır.

Yeni yakalanan bir balıkta 20⁰C'lik inkübasyonda yüzeyde 10²-10⁷ CFU/cm², solungaçta 10³-10⁶ CFU/g ve bağırsakta 10³-10⁸ CFU/g canlı mikroorganizma olduğu saptanmıştır. Normal koşullarda pazarlanan balıkların yüzeyindeki 10⁴-10⁵ CFU/cm² mikroorganizma sayısına rastlanabilmektedir. Balığın mikrobiyal florası, mevsim, avlanma mahallindeki çevre faktörleri ve mikrobiyal kirliliğe bağlı olarak değişmektedir.

Balığın yüzeyinde ve bağırsaklarında bulunan flora, çevre ve beslenme şartları florasını yansıtır. Bu nedenle *Salmonella typhi* ile bulaşık sulardan avlanan balıklar tifo etmeni olabilmektedir. Ayrıca ciddi gıda zehirlenmelerine neden olan *C. botulinum* ve *V. parahaemolyticus*'ta deniz sularında ve dolayısıyla balıklarda bulunabilmektedir.

Balıklarda bozulmaya neden olan çoğu bakteriler 0-1⁰C arasında oldukça iyi bir çoğalma kabiliyetine sahiptirler. Hatta, bozulmaya neden olan bazı *Pseudomonas spp.*'nin yavaş da olsa -3⁰C'de dahi çoğaldıkları belirlenmiştir.

Tuzlanarak işlenen balıklarda ise florayı *Bacillus*, *Micrococcus*, *Serratia* ve *Sarcina* oluşturmaktadır. Bozulmaya neden olan bakterilerden *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Sarcina* ve *Bacillus* cinsine ait bakteriler sarı-yeşil, sarı-pembe veya kırmızı renk oluşumlarına yol açarlar. Bunlardan özellikle *Pseudomonas*'lar az tuzlanmış balıklarda önem taşırlar ve salyamsı yapışkan bir yapı da üretebilirler.

Tütsüleme işleminde kullanılan sıcak dumanlama (70⁰C 30 dakika) sırasında, sıcaklığa hassas bakteriler öleceği için, bu yöntemle hazırlanmış balıklarda mikrokoklar ve *Bacillus spp.* esas florayı oluşturmaktadır. Tütsülenmiş ve kurutulmuş balıklarda bozulmanın en yaygın nedenlerinden biriside küflerin bulaşmasıdır. Bulaşan küfler içerisinde en önemli olanları ise *Penicillium spp.* ve *Aspergillus spp.*'dir.

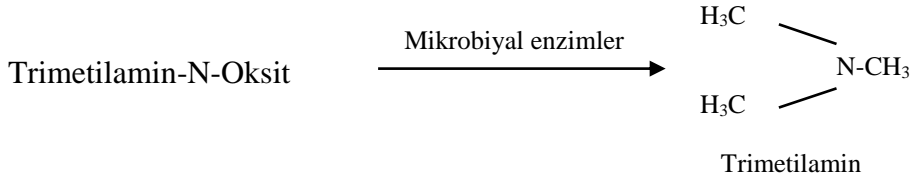
Balık konservelerinde *C. botulinum*, *C. sporogenes*, *C. perfringens* ve *C. putrificum* türleri, yağlı domates soslu balık konservelerinde *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *P. fluorescens* ve *Proteus* türleri risk oluşturabilirler.

Kızartılmış balık ürünlerinde ise, *B. mesentericus*, *B. subtilis*, *P. fluorescens* ve mikrokoklar önem taşımaktadır.

Balıklarda Bozulmayı Etkileyen Başlıca Faktörler:

Deniz ve tatlı su balıkları ve su ürünleri dahil, tüm su ürünleri, kırmızı etler ve kümes hayvanları etlerinden yapısal olarak oldukça farklılık gösterirler. Bu etler, oldukça yüksek oranlarda protein ve protein tabiatında olmayan diğer azotlu bileşiklere, diğer etlerden daha fazla sahiptirler. Balık etlerinde karbonhidrat miktarı hemen hemen yok gibi iken, yağ oranı tür ve mevsimlere göre büyük varyasyon göstermektedir. Balık etlerinin özelliğinde, özellikle azotlu bileşenlerin çeşidi ve yapısı önem arz etmektedir. Total azot miktarı ile protein tabiatında olmayan azotlu bileşenlerin azot miktarı ve oranları balık etlerinin aroması, kokusu ve mikrobiyal bozunmaya uğraması açısından önem taşımaktadır. Protein tabiatında olmayan azotlu bileşenler içerisinde; özellikle serbest amino asitler, amonyak ve trimetilamin gibi volatil nitrojenli bazlar, kreatin, taurin, betaninler, ürik asit gibi bileşikler anserin, karnosin ve histamin gibi biyojenik aminler büyük önem taşımaktadır.

Balık ve su ürünlerinin mikrobiyal olarak bozulmalarının tespitinde mevcut trimetilaminoksidin (TMAO) trimetilamine (TMA) indirgenme indeksi başarılı bir şekilde ölçüt olarak uygulanabilmektedir.



TMAO taze balıkların, özellikle deniz balıklarının normal bileşenidir. Taze avlanmış balıklarda TMA çok azdır veya hiç yoktur. TMA varlığı, balık etinin mikrobiyal olarak bozulmasının işareti. Bazı balıkların kaslarında, aktivitesi düşük de olsa, TMAO'ü TMA'ye indirgeyen enzimlerde bulunabilmektedir. Bazı hallerde TMAO mikroorganizmalar tarafından dimetilaminde indirgenebilmektedir. Bakterilerin TMAO'ü indirmeye özellikleri de birbirlerinden farklı olabilmektedir ve indirgenme ortam pH'sına da bağımlıdır. Balık etlerinde TMA miktarını belirlemek için, çeşitli ekstraksiyon ve son yıllarda da gaz kromatografisi yöntemleri geliştirilmiştir.

Yine, balık ve su ürünlerinin mikrobiyal olarak bozulmasında kullanılan diğer temel bazı indikatörler ise, histamin, diaminler ve total volatil bileşenler miktarıdır. Histamin, histidin amino asidinden mikrobiyal enzimler olan histidin dekarboksilaz enzimlerinin katalizlediği reaksiyonlar sonucu oluşarak, üründe biriktirmektedir. Histamin toksik etkiye sahip bir bileşiktir. Balık ve diğer et ürünlerinin bozulması sonucu oluşan diğer iki önemli indikatör diamin ise kadaverin ve putresindir.

Total volatil bileşenler; total volatil bazları (TVB), total volatil asitleri (TVA), total volatil nitrojenli bileşenleri (TVN) ve diğer total volatil substratları (TVS) ihtiva etmektedir. TVB amonyak, dimetilamin, trimetilamini; TVN buhar distilasyonu sonucu elde edilebilen TVB ve diğer azotlu bileşenleri içerir; TVS ise et ürününden normal havaya karışan ve alkali permanganat çözeltisini indirgeyen ürünlerdir. Bu son ürünler, indirgen özelliklerden dolayı bazen volatil indirgeyen bileşenler (VRS) diye de isimlendirilmektedir. TVA'ler ise asetik, propiyonik ve diğer volatil asitleri içerir.

TVN miktarı Japonya ve Avustralya gibi ülkelerde özellikle karideslerde tazeliğin bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Kaliteli bir üründe en yüksek 30 mg TVN/100g et ve 5 mg trimetilamin-N'tu/100g et müsaade edilmektedir.

Diğer su ürünlerinden krustasealar (sert kabuklular) içerisinde; karides (pembe ve kahverengi karides, derin su karidesi), istakoz, kerevit (tatlı su istakozu), yengeçler (pavurya, mavi yengeç), kalamar ve sübya gibi su ürünlerinin mikrobiyal bozulmaları birbirlerine yakinen benzemektedir. Bozulmanın seyrini avlama sonrası yapılan işlemler ve bunların tipik kimyasal bileşimi belirlemektedir. Bunlar etlerinde, balıkların aksine ortalama % 0.5 dolayında karbonhidrat içermektedir. Bunlardan özellikle karides etlerinde, serbest amino asitler ve proteolitik kateptik enzim oranları yüksektir. Avlanan krustaseaların mikrobiyal florası; avlandıkları suyun ve avlanma koşullarının mikrobiyal florasını yansıtır. Taze balıklarda mevcudiyeti belirtilen pek çok bakteri bu ürünlerde de bulunabilmektedir. Özellikle, *Acinetobacter*, *Morexella* ve bazı maya türleri bozulmaya başlamış bu ürünlerde dominant olarak görülebilmektedir. Bozulmaya terk edilmiş karideslerde (0°C'de 13 gün) *Pseudomonas* türlerinin dominant duruma geldiği görülmüştür. Bu türlerin etlerinde de bozulma balık etlerine benzer şekilde dış yüzeyden içe doğru olmaktadır. Krustasea etlerin de balık etlerine kıyasla, ortalama 300mg azot /100g et olmak üzere daha yüksek azot bulunmaktadır. Yüksek miktardaki total azot ve ekstrakte edilebilir azot miktarının yüksekliği, bu etlerin bozucu proteolitik mikroorganizmalar tarafından daha fazla bozulmaya uğramalarına neden olabilmektedir.

Istiridyeye (Avrupa yassı istiridyesi) taraklar (deniz yelpazeleri), deniz salyongazları, midye, mürekkep balığı ve ahtapot gibi **yumuşakçalar** sınıfına giren su ürünlerinin diğer etlerden farklı olarak tipik özellikleri; etlerindeki yüksek glikojen (midyede % 5'e kadar) ve düşük total azot içeriğidir. Bu nedenle bu etlerde fermentatif aktiviteleri sonucu oluşan bozulmalar sıkça görülebilmektedir. Yine, yumuşakça etlerinde balık etlerine kıyasla daha yüksek oranlarda serbest orginin, aspartik ve glutamik amino asitleri bulunmaktadır. Yine bu tür etlerinin mikrobiyal florası; avlandıkları bölgenin su florası ve avlanma koşullarını yansıtmakla birlikte en sık görülenler, *Clostridium*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Shewanella*, *Lactobacillus*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter* spp.'dir. Yüksek karbonhidrat nedeni ile, etlerin bozulmasında fermentatif aktivite sonucu oluşan bozulmanın temel olduğu belirtilmiş ve araştırmacılar bu etlerin pH değerlerinin bozulmada bir kriter olarak alınabileceğini ileri sürmüşlerdir. Örneğin midyelerde, pH 6.20-5.90'un iyi kalite, 5.90-5.80'de bozulma başlangıcı, 5.70-5.50'de etlerin aşırı yumuşadığı ve kokuşmanın hissedildiği, pH 5.50-5.20'de ise oldukça ekşimiş ve kokuşmuş bir ürün ile karşılaşılabilceği belirtilmektedir.

Balık ve diğer su ürünlerinde bozulmayı etkileyen faktörleri genelde aşağıdaki şekilde özetlemek olasıdır;

- a) **Balığın türü;** genelde yassı balıklar, oval ve silindirik şekilli balıklara kıyasla daha hızlı bozulurlar.
- b) **Balığın avlanma durumu;** avlanma sırası ve sonrasında fazlaca çırpınan balıklar, vücutlarındaki glikojeni harcarlar, bu nedenler ölüm sonrası pH yeterince düşmez ve balık daha kısa sürede bozulur.
- c) **Balığa bulaşan mikroorganizma yükü;** kirli sularda yakalanan balık ve su ürünleri daha çabuk bozulmaya uğramaktadır.
- d) **Muhafaza sıcaklığı;** avlanmayı takibeden bekletme sıcaklığı 0°C civarına düşürülür ise bozulma geciktirilir.

Balık ve su ürünlerindeki duyuusal bozulma belirtileri ise şöyle sıralanabilir:

- a) Balığın derisi yüzeyinde kendine özgü canlı parlak rengi giderek kaybolur, deri önce solgunlaşır. Daha ileri aşamada vucut yüzeyinde kahverengimsi renk oluşumları izlenir.
- b) Pulları ve deriyi örten mukoz madde miktarı artar, koyulaşır, yapışkanlaşır. Bu durum öncelikle solungaç ve yüzgeçlerde belirginleşir.
- c) Gözler yavaş yavaş çöker, pörsür, matlaşır ve küçülür. Gözbebeği bulutlu bir görünüm kazanır.
- d) Kırmızı renkli olan solungaçlar önce uçuk pembe ve daha ileri aşamada soluk grimsi renklere dönüşür.
- e) Et dokusu gevşer. Balık iki parmak arasında sıkılacak olursa hücre suyu dışarı çıkar ve parmak izi uzun süre balığın gövdesi üzerinde kalır.
- f) Et kılçıktan kolayca ayrılır ve özellikle kuyruk kısmına doğru et dokusunda bulunan hemoglobulinin oksidasyonu sonucu koyu kırmızısı-kahverengi renk oluşumu başlar.
- g) Taze balığın kendine özgü olan normal ve yosunumsu kokusu kaybolur. Bunun yerini mide bulandırıcı, tatlımsı bir koku alır. Bozulma daha ileri aşamaya gidecek olur ise trimetilamin kokusu ve en son safhada amonyak ve H₂S kokusu kendini belli eder.

Balıkların dışındaki su ürünlerinde de (kabuklular ve yumuşakçalar) balık gibi soğukkanlı olduklarından ve aynı çevrede bulduklarından aynı mikrobiyal flora bulunmaktadır. Bunlarda da bozulma rengin değişmesi, kokuşma ve nihayet mukoz yapı oluşumu ile kendini belli etmektedir.

2.1.4. Et ve Ürünlerinde Bozulmanın Genel Mekanizması ve Belirlenmesi

Kırmızı et, beyaz et, balık ve diğer su ürünleri etleri ve işlenmiş et ürünlerinde, yukarıdaki bölümlerde tartışılan temel mikrobiyal bozulmaları, aşağıda verilen dört genel bozulma tipi içerisinde toplamak mümkün olabilmektedir:

- a) **Renk Değişimi**; Renk değişimi özellikle kas dokusuna rengini veren myoglobulinin oksidasyonu ile meydana gelmektedir. Ayrıca, bazı pigment oluşturan bakteri türleri ile, çeşitli renklerde hif veya sporangium oluşturan küfler de et yüzeylerinde çeşitli renk bozulmalarına ve lekelerine neden olabilmektedirler.
- b) **Mukoz Madde Oluşumu**; Özellikle yüksek nisbi nem içeren ortamlarda *Pseudomonas*, *Alcaligenes* grubu mikroorganizmalar et yüzeyinde hızla çoğalarak etin yapışkanımsı bir karakter kazanmasına neden olmaktadır. Su oranı nisbeten düşük ürünlerde (kurutulmuş ürün) yüzeylerinde oluşan mukoz maddelerden başlıca mikrokok ve mayalar sorumlu olmaktadır.
- c) **Asitlenme ve Ekşi Tat Oluşumu**; Mikrobiyal ve özellikle bakteriyel faaliyet sonucu oluşan çeşitli organik asitler (laktik, asetik, formik, propiyonik vb.) bu tür bozulmalara neden olmaktadır.
- d) **Kokuşma**; Bu tür bozulmalardan proteolitik karakterli mikroorganizmalar sorumludurlar. Kokuşmanın nedeni proteinlerin anaerob şartlar altında parçalanması sonucu oluşan hidrojen sülfür, merkaptan, indol, skatol, amonyak ve aminler gibi fena kokulu bileşiklerdir.

Et ve et ürünlerinin bozulma ve bozulma derecesini belirleyen metotların, doğal olarak, etlerin bozulma mekanizmasını belirleyen yöntemler olması gerekmektedir. Tablo 5.6'da et ve et ürünlerinde mikrobiyal floranın etkisi ile oluşan bozulmalar, meydana gelebilecek kimyasallar, bozulmanın kimyasal, fiziksel, fiziko-kimyasal ve bakteriyolojik genel ölçüm metotları verilmiştir.

Tablo 5.6. Kırmızı ve Beyaz Etler İle Deniz Ürünlerinde Mikrobiyal Bozulmanın Tesbitinde Uygulanan Bazı Analizler

Kimyasal Metotlar

- a. H₂S Üretim Ölçümü
- b. Merkaptanların Üretimi
- c. Koagüle Olmayan Azot Miktarının Belirlenmesi
- d. Di- ve Trimetilamin Miktarının Belirlenmesi
- e. Tirosin Komplekslerinin Belirlenmesi
- f. İndol ve Skatol Belirlenmesi
- g. Serbest Aminoasit Miktarının Belirlenmesi
- h. Volatil İndirgenmiş Bileşenler Miktarının Belirlenmesi
- i. Amino Azotunun Belirlenmesi
- j. Biyolojik Oksijen İhtiyacının Belirlenmesi
- k. Nitrat İndirgenme Kapasitesinin Belirlenmesi
- l. Toplam Azot Ölçümü
- m. Katalaz Ölçümü
- n. Keratin İçeriğinin Belirlenmesi
- o. Boya İndirgeme Kapasitesinin Belirlenmesi
- p. Hipoksantin Ölçümü
- q. ATP Ölçümü
- r. CO₂'in Radiometrik Ölçümü
- s. Etil Alkol Üretimi (balık bozulmasında)
- t. Laktik Asit Ölçümü
- u. Renk Değişimi

Fiziksel Metotlar

- a. pH Değişiminin Ölçümü
- b. Kas Sızıntı Suyunun Refraktif Ölçümü
- c. Elektrikli Konduktivitedeki Değişimlerin Belirlenmesi
- d. Yüzey Gerilim
- e. UV İlliminasyonunun (fluorescence) Ölçümü
- f. Yüzey Elektrik Yükünün Belirlenmesi
- g. Kriyoskopik Özelliklerin Belirlenmesi
- h. İmpedance Değişimi
- i. Mikrok calorimetre

Direk Bakteriyolojik Metotlar

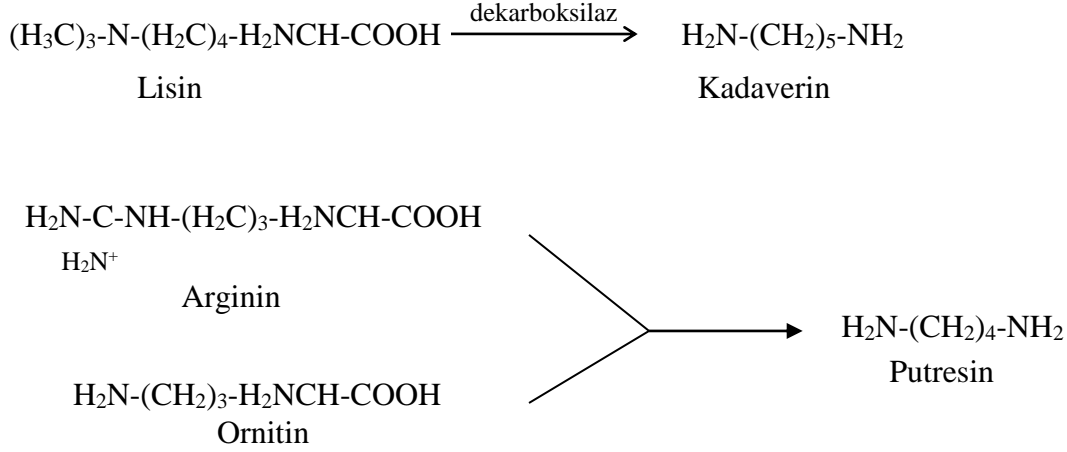
- a. Toplam Aerobe Sayımı
- b. Toplam Anaerobe Sayımı
- c. Toplam Aerob / Anaerobe Oranı
- d. Gram (-) Endotoksin Üretenlerin Belirlenmesi

Fizyokimyasal Metotlar

- a. Ekstrakt-Release Volümünün Belirlenmesi
 - b. Su Tutma Kapasitesinin Belirlenmesi (WHC)
 - c. Vizkozite Ölçümü
 - d. Absorbsiyon (swelling) Kapasitesinin Belirlenmesi
-

Buzdolabı sıcaklığında depolanan etlerde oluşan bozulma; kendisini genelde amonyak H₂S, indol ve çeşitli volatil aminler gibi fena kokulu bileşenlerin oluşumu ile gösterir. Ancak şurası unutulmamalıdır ki, bozulmaya neden olan mikroorganizmaların hepsi bu sayıların bileşenleri aynı derecede üretmez ve bunların kokuları pek belli olmazken de et bozulmuş olabilir.

Tablo 5.6’da verilen et ürünlerinin bozulmasını belirleyen metotlardan, özellikle kadaverin ve putresin diaminlerinin oluşumu bozulmanın en belirleyici indikatörleri olarak kullanılabilir. Kadaverin, lisin; putresin ise ornitin ve/veya arginin amino asitlerinin, mikrobiyal dekarboksilaz enzimleri ile yıkımları sonucunda oluşmaktadır.



Çeşitli şekillerde muhafaza edilen ve vakum ambalajlanmış etlerin depolanması sırasında, total bakteri sayısının 10⁶/cm²’ye çıkması halinde özellikle kadaverin oluşumu daha fazla olurken, putresin çok düşük seviyelerde olabilmektedir. Bu iki diaminin birikimi; vakum ambalajlı etlerin bir kalite ölçüsü olarak da kullanılabilir. Kadaverin genellikle *Pseudomonas*’lar tarafından oluşturulurken, putresin daha ziyade *Enterobacteriaceae* familyası tarafından oluşturulmaktadır. Örneğin bir araştırmada, doğal olarak kontamine olmuş 5°C’de 4 gün depolanmış sığır parça etlerinde, putresin seviyesi 1.2 ppm’den 26.1 ppm’e yükselirken, kadaverin seviyesi ise daha düşük düzeylerde kalmıştır. Başka bir araştırmada ise bu iki amin seviyesinin aynı düzeyde seyrettiği belirlenmiştir. Sığır kıymaları ile yapılan araştırmada ise; kadaverin miktarının koliform grubu bakteri sayısı ile direkt bir korelasyon gösterdiği saptanmıştır. Genelde sığır etlerinde toplam aerobik mezofilik bakteri sayısının 4x10⁷/g’ı aşıncaya kadar kadaverin ve putresin miktarında belirgin bir değişimin olmadığı belirtilen çalışmalarda, bu iki diaminin etlerin bozulmasında direkt indikatör olarak kullanılmasının geçerliliği tartışılmakta ve bunların yalnız başlarına, bozulmanın tek ölçüsü olamayacağı haklı olarak vurgulanmaktadır.

Extract-release volume (ERV) (serbest-ekstrakt hacmi); bu ölçüm tekniği ilk defa 1964 yılında ileri sürülmüş ve etlerin kontamine olmuş mikroorganizmalar ile bozulmasında ve buzdolabı koşullarındaki raf-ömrünün belirlenmesinde bir ölçü olarak kullanılabilir. Bu tekniğin esası; su içerisinde homojenize edilmiş etin, belirli bir zaman içerisinde filtre kağıdından aşağıya geçen miktarın ölçümüne dayanmaktadır. Bu teknikle, iyi kalitede ve bozulmamış taze etler daha yüksek ERV değeri verirken bozulmuş etler düşük veya sıfır ERV değeri verebilmektedir.

Aminler, H₂S, NH₃, ve indol gibi fena kokulu bileşenlerin etlerin bozulma sırasındaki oluşumlarında, birinci derecede et içinde bulunan serbest amino asitlerin fonksiyoner olduğu bildirilmektedir. Daha sonra da ise bu ürünler proteolizis sonucu oluşan amino asitlerden oluşurlar. PH’sı 6.0’dan yüksek olan DFD etlerde bakteriyel çoğalma ve

bozulma daha hızlı seyretmekte, mikroorganizmalar genelde karbonhidrat ve serbest amino asitleri kullanıldıktan sonra, primer proteinleri parçalanmaya başlamaktadırlar. Bu etlerde mikroorganizma sayısı $10^6/\text{cm}^2$ 'yi bulduğunda kokuşma kendisini kolaylıkla belli edebilmektedir.

Balıkların bozulmasında; genelde çiğ balık et flatolarının preslemesi ile çıkan sıvı miktarı, balık bozulmasının bir indikatörü olarak kullanılabilir. Bu ekstrakt sıvısı içerisinde proteinlerin çok az bulunması, mikrobiyal olarak balığın bozulmadığı ve proteinlerin parçalanmadığını göstermektedir.

Etlerin tipik bozulması ile birlikte, genelde pH'da yükselme kendini gösterir. Normalde 5.60-5.70 olan taze kırmızı et pH'sı mikrobiyal bozulma ile 6.0'nın üstüne çıkar. PH 6.5'da bozulma belirginleşir ve pH 8.5'de ise et tamamen kokuşmuş olur. Pek çok araştırmacı pH'nın taze etlerde yükselmesi ile total mikrobiyal sayının artışı ve etin kokuşarak bozulması arasında direkt bir korelasyon olduğunu belirtmektedir.

Etlerin bozulması sırasında, total mikrobiyal sayının 10^8 - $10^9/\text{cm}^2$ 'lere çıkması sonucu, sarkoplazmik ve myofibriler proteinlerin mikroskopik yapılarında da bazı bozulmalar görülebilmektedir. Örneğin, myofibriler proteinlerin ince ve kalın band yapılarında değişimler oluşabilmektedir. Ancak, farklı tür mikroorganizmaların farklı proteinler üzerindeki etkilerin farklı farklı olabildiği unutulmamalıdır.

Sosis, salam ve sandviçlik etler gibi işlenmiş ve içerilerine çeşitli katkı maddeleri ilave edilmiş et ürünlerinin mikrobiyal bozulmasında yine doğal olarak bakteri, maya ve küfler rol oynarlar. Ancak, bu üç sınıftan özellikle bakteri ve mayalar, bu ürünlerin bozulmasında çok daha fazla öneme sahiptir. Bu ürünlerin bozulma tiplerini genelde 3 grup altında toplayabiliriz;

- a) Dış yüzeyde yapışkanlaşma ve sümüksü bir yapı oluşturarak, bozulma
- b) Ekşime ile bozulma,
- c) Yeşillenmeler oluşturarak bozulmalar

Dış yüzeyde yapışkanlaşma ve sümüksü bir yapı ile bozulma daha ziyade sosislerin kılıfı üzerinde görülür. Bozulmanın ileri safhasında üniform grimsi bir tabaka ve lekeler oluşumu takip eder. Bu tabakalardan çeşitli mayalar ve *Lactobacillus*, *Enterococcus* türleri, *Brochotrix thermosphacta* çoğunlukla izole edilebilmektedir. Özellikle, *L. viridescens* gri-yapışkan bir tabaka ve yeşillenme rengini birlikte oluşturabilmektedir. Sosilerin yüzeyindeki bu tabakanın ılık su ile yıkanması sonucu, sosisin geri kalan kısmında belirgin bir değişimin olmadığı görülebilir.

Ekşime ile bozulma, genelde kılıfın altında, üründe hissedilmektedir. Neden olan mikroorganizmaların çoğunlukla laktobasiller, enterokoklar ve ilgili diğer organizmalar olduğu bildirilmektedir. Bu organizmaların ürüne kontamine olduğu kaynak ise; genelde süt kaynaklı olarak kullanılan kuru katkı maddeleridir. Ekşime, laktozun mikroorganizmalar ile fermentasyonu sonucu oluşan asitlerden kaynaklanmaktadır. Sosis ve salam gibi ürünlere katılan çeşitli katkı maddeleri ve baharatlar ile çok çeşitli mikroorganizmalar bulaşabilmektedir. Ancak, pek çok araştırmacı bu tip ürünlerde en yaygın mikroorganizmanın *B. thermosphacta* olduğunu belirtmektedirler. Sosis ve salam gibi ürünlerde küflerin neden olduğu bozulma çok sık görülmekle birlikte özellikle, bakteri ve mayaların gelişemediği ortamlarda ürünün tutulması halinde, ürün yüzeyinin belirli ölçüde kurumması ile çeşitli küfler çoğalıp, problem oluşturulabilmektedir.

İşlenmiş ve depolanmış kırmızı et ürünlerinde temelde iki çeşit yeşillenme kendisini gösterir; Bunlardan birincisi, oluşan H_2O_2 'nin neden olduğu, ikincisi ise H_2S 'nin neden olduğu yeşillenmelerdir. Bunlardan birincisi; daha ziyade sosislerde görülmekle birlikte, kür edilmiş ve vakum ambalajlanmış tüm et ürünlerinde de görülebilir. Genellikle, oksijensiz ortamlarda depolanan ürünlerin ve ürün iç yüzeylerinin, sonradan hava ile temasları sonucu oluşan H_2O_2 'nin, nitrosohemokrom ile reaksiyona girerek yeşil renkli okside porfirinler oluşturması ile meydana gelir. Yeşillenme, özellikle ürün iç oluşumlarında, düşük O/R potansiyelinde H_2O_2 'in birikmesi ve sonra hava ile teması sonucu da oluşur. Bu tip yeşillenmede *Lactobacillus viridescens* en yaygın görülen bakteridir. Bununla birlikte *L. leuconoctocs*, *Enterococcus faecium* ve *E. faecalis*, *L. fructovorans*, *L. jensenii*'de önemli ölçüde rol oynarlar. Özellikle *L. viridescens* 200 ppm'den daha yüksek $NaNO_2$ konsantrasyonuna karşı dayanıklıdır ve %2-4'lük $NaCl$ konsantrasyonunda gelişebilir, ancak, %7'de gelişemez. *L. viridescens* sosis ve salamlardan olduğu gibi, vakum ambalajlanmış, işlenmiş diğer et ürünlerinden de yüksek sayıda izole edilebilmektedir. Bu bakteri CO_2 ve N_2 gazı atmosferi altında ambalajlanmış ürünlerde de çoğalabilmektedir. Bu yeşillenmeye karşın, bu ürünlerinin tüketiminin sağlık açısından mikrobiyal bir problem doğurmadığı bilinmektedir.

İkinci tip yeşillenme; taze et ürünlerinin gaz geçirmeyen ambalajlarda veya vakum ambalaj içerisinde ambalajlanması ve 1-5°C'de depolanması sırasında oluşan H_2S gazı sonuc oluşturmaktadır. Oluşan H_2S taze et pigmenti myogloblin ile reaksiyona girerek yeşil renkli sulfimyogloblin oluşturmaktadır. Bu yeşillenme, eğer etin pH'sı 6.0'nın aşağısında ise genelde görülmez. H_2S oluşturarak bozulmaya neden olan tüm mikroorganizmalar, bu probleme neden olurlar. Ancak, bu problemde en yaygın görülebilen mikroorganizmalar *Pseudomonas mephitica* ve *S. putrefaciens*'dir.

Bazı sandviçlik etlerde görülen sarı renkli bozulmalar *Enterococcus casseliflavus* tarafından oluşturulmakta, 4°C'de depolanan ürün yüzeylerinde sarı renkli bölgeler olarak kendini göstermektedir. Uzun dalga boylu ultraviyole ışık altında fluorescent görünüm vermektedir. Bu rengin oluşması için 3-4 haftalık bir depolama süresine ihtiyaç vardır. Bu mikroorganizma 71.1°C'de 20 dakikalarda ölmemektedir, ancak 30 dakikada etkisiz hale getirilebilmektedir.

Et ve ürünlerinin çeşitli bozulma şekilleri, bozulma mekanizmaları ve genelde neden olan mikroorganizmalar verildikten sonra kırmızı et, tavuk etleri, su ürünleri ve bazı besi ortamları ve depolama şartlarında en yaygın olarak kokuşmaya neden olan bakteriler ve oluşan temel volatillerin bir tablo halinde özetlenmesinde de yarar olacağı şüphesizdir (Tablo 5.7).

2.2. Yumurta ve Ürünlerinde Görülen Bozulmalar

Taze yumurta kabuk içerisinde mikroorganizma içermez ve adeta sterilidir. Aynı zamanda bileşiminde bulunan lizozim ve avidin isimli antimikrobiyal bileşenler de mikrobiyal faaliyet üzerine inhibitif etkili olurlar. Yumurta kabuğu, özellikle tavuk bağırsak florası başta olmak üzere çeşitli kirlilikler ile bulaşmış olmasına rağmen kabuk ve kabuk zarı mikroorganizmaların içeriye bulaşmasına engel olur. Ancak uygun olmayan muhafaza ve işleme şartları mikroorganizmaların içeriye nüfuzuna sebep olur. Yukarıda belirtilen diğer engelleri de aşarak çoğalan mikroorganizmalar yumurtanın bozulmasına ve kokuşmasına neden olurlar.

Tablo 5.7. Bazı Et Ürünleri ve Besi Ortamlarında Volatil Bileşenler Oluşturarak Etlerin Bozulmasında En Yaygın Olarak Görülen Bakteriler ve Genelde Oluşturdukları Volatil Bileşenler

Mikroorganizma	Besiyeri ve Şartları	Temel Olarak Oluşan Volatiller
<i>Shewanella putrefaciens</i>	Steril balık kası, 1-2 °C, 15 gün	Dimetil sülfid, dimetil trisülfid, metil merkaptan, trimetilamin (TMA), propionaldehit, 1-penten-3-ol, H ₂ S, vb.
<i>Achromobacter spp.</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Yukarıdaki üretilenlerin aynısı, ancak dimetil trisülfid ve H ₂ S oluşmamıştır.
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Metil sülfid, dimetil disülfid
<i>P. perolens</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Dimetil trisülfid, dimetil disülfid, metil merkaptan, 2-metoksi-3-izopropilpirazin (patates benzeri koku)
<i>Moraxella sp.</i>	TSY Agar, 2-4°C, 14 Gün	Dimetil disülfid, dimetil trisülfid, metil izobutirat ve metil-2-metilbutiratı da içeren 16 bileşen
<i>P. fluorescens</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Metil izobutirat hariç yukarıdakilerin tümünü içeren 15 bileşen
<i>P. putida</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Metil izobutirat ve metil-2-metilbutirat hariç <i>Moraxella sp.</i> için verilenlerin aynısını içeren 14 bileşen
<i>B. thermosphacta</i>	İnoküle edilmiş vakum ambalajlanmış tuzlanarak kurutulmuş Sığır eti, 5°C'de	Diasetil, asetoin, nonane, 3-metil butanal ve 2-metil butanolu içeren 7 bileşen
	Aerobik depolanmış, inoküle edilmiş sığır dilim eti, 1°C'de, 14 gün, pH 5.5-5.8	Asetoin, asetik asit, izobutirik ve izovalerik asitler. 28 günden sonra asetik asit 4 kat artar.
	Yukarıdaki şartların aynısı, pH 6.2-6.6	Asetik asit, izobutirik, izovalerik ve n-butirik asit
	APT broth, pH 6.5, %0.2 glukoz	Asetoin, asetik, izobutirik ve izovalerik asit
<i>B. thermosphacta</i> (15 suş)	APT broth, pH 6.5, %0.2 glukoz	Asetoin, asetik, izobutirik ve izovalerik asit, 3-metilbutanol kalıntısı
<i>S. putrefaciens</i>	Işınlanmış piliç eti, 10°C'de 5 gün	H ₂ S, metil merkaptan, dimetil disülfid, metil alkol, etil alkol
<i>P. fragi</i>	Yukarıdaki şartların aynısı	Metil alkol, etil alkol, metil ve etil asetat, dimetil sülfid
<i>B. thermosphacta</i> Flora	Yukarıdaki şartların aynısı Bozulmuş piliç eti	Metil alkol, etil alkol H ₂ S, metil alkol, etil alkol, metil merkaptan, dimetil sülfid, dimetil disülfidi içeren 11 bileşen

Yumurtaların bozulmasında rol oynayan en önemli bakteri cinsleri *Pseudomonas*, *Proteus*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Serratia* ve *Streptococcus*'tur. Bunlardan özellikle ilk üç tanesinin soğukta depolanan yumurtalarda bulunması istenmez.

Yumurtaların bozulmasında küfler de önemli rol oynarlar. En önemli bozulma etmeni küfler *Penicillium*, *Cladosporium*, *Mucor*, *Thamnidium*, *Botrytis* ve *Aspergillus* cinslerine dahildir.

Yumurtada görülen başlıca bozulma çeşitleri ve etmenleri şunlardır:

a) Yeşil kokuşma; soğukta saklanan yumurtalarda görülür. Oluşumundan birinci derecede *Pseudomonas fluorescens* ve *P. aeruginosa* sorumludur. Yumurta akında yeşil floresans renk oluşur. Yumurtada amonyak kokusu ile birlikte trimetil amin kokusu hissedilir.

b) Beyaz kokuşma; yine psikrofil mikroorganizmaların özellikle de *Pseudomonas* türlerinin neden olduğu bozukluktur. *Acinetobacter*'lerde rol oynamaktadırlar. Yumurta sarısının rengi koyulaşır ve tipik kokuşma hissedilir.

c) Siyah kokuşma; Bazı *Pseudomonas* türleri ile birlikte, *Proteus vulgaris* ve *Aeromonas* cinsi bakteriler tarafından meydana getirilmektedir. Yumurta sarısı zeytin yeşilinden siyaha kadar değişen renklerde dir. Tipik H₂S kokusu hissedilir.

d) Pembe ve kırmızı kokuşma; *Pseudomonas*, *Serratia* ve *Proteus* türleri rol oynarlar. Yumurta içeriği kırmızı-kahverengi renk alır ve yumurta akı ile sarısı birbirine karışır. Tipik H₂S kokusu hissedilir.

e) Peynirimsi kokuşma; *E. coli* ve bazı *Alcaligenes* türleri oluşturur. Yumurta içeriği sarıdan sarı-yeşil renge dönüşür. Tipik kokuşmuş peynir kokusu oluşur.

f) Otumsu kokuşma; Tipik ot kokusu ile karakterize olur. Bazı psikrotrof bakteriler ile küfler tarafından oluşturulur. Yumurta sarısı ve akı birbirine karışmış şekildedir. Yumurta kırıldığında çok kötü koku duyulur.

Yumurtalarda, bahsedilen bu bozulmalara neden olanlara ilaveten insan sağlığı açısından önemli patojen mikroorganizmalara da rastlanılmaktadır. Bir çalışmada tüberkuloza yakalanmış tavuk yumurtalarının %1'inden *Mycobacterium tuberculosis* izole edilmiştir. Ayrıca çiğ yumurta tüketiminden sonra *Salmonella*'lardan kaynaklanan gıda zehirlenmelerine de oldukça sık rastlanılmaktadır.

2.3. Süt ve Süt Ürünlerinde Görülen Bozulmalar

2.3.1. Çiğ ve İçme Sütleri

Süt, besin öğelerini yeterli, dengeli oranlarda bulundurması ve mikroorganizmaların büyük çoğunluğunun rahatlıkla gelişebileceği pH değerlerinde (6.4-6.8 pH) olması nedeniyle mikroorganizmaların gelişimi için ideal bir besiyeri ortamı oluşturmaktadır. Aşağıda bulaşma kaynakları özetlenen çok çeşitli mikroorganizmalar sütlere bulaşabilmekte ve hızla çoğalarak bu ürünün dayanıklılığında rol oynamaktadır.

- a) Süt Hayvanından Bulaşma:** Süt hayvanının derisinden, meme derisinden veya buralara bulaşmış fekal kirliliklerden süte bulaşabilir. Normal kurumuş bir dışkı 10^5 - 10^7 adet/g mikroorganizma içermektedir. Meme derisi ise şu florayı içermektedir; Mikrokoklar, Stafilokoklar, Streptokoklar ve *Corynebacter*'ler. Ayrıca tübeküloz ve bruselloz gibi hastalığı olan hayvanlar bu hastalıkların etmeni olan bakterileri sütlerinde barındırırlar. İnsanlarda da önemli hastalıklara neden olan bu bakteriler *M. tuberculosis*, *M. bovis*, *Brucella abortus*, *B. melitensis* ve *B. suis*'tir.
- b) Yem, toz-toprak ve havadan bulaşma:** Süte en fazla toprak kökenli mikroorganizmalar (*Bacillus subtilis* ve *B. mesentericus*) bulaşmaktadır. Ayrıca insanların enfeksiyonuna neden olan çeşitli bakteriler de hava ve yem aracılığı ile bulaşabilmektedir.
- c) Ahır malzemesi, kaplar, sağıım makinaları ve diğer alet-ekipmanlardan bulaşma:** Kullanılan alet ve ekipmanlar iyi temizlenip, dezenfekte edilmezlerse sütün bulaşması için önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Yeterli temizliği yapılmayan alet-ekipmandan süte hızlı gelişme gösteren laktik Streptokoklar ile koliform bakteriler, *Pseudomonas*, *Alcaligenes* ve *Flavobacterium* gibi Gram negatif bakteriler bulaşmaktadır. Daha yavaş gelişen Mikrokok, Enterokok ve Laktobasiller ise ancak kapların uzun süreli temizlik ihmali sonucu oluşan kalıntıların gözeneklerinde zamanla büyük sayılara ulaşabilmekte ve bunlara konulan sütleri önemli sayılarda kontamine etmektedirler.
- d) Sağıım personelinden bulaşma:** Ahırda çalışan işçiler veya özellikle sağıımda görev alan kişiler arasında portörlerin bulunması süte sekonder bulaşmanın ortaya çıkmasında önem taşımaktadır. Birçok süt kaynaklı hastalıklar (tifo, dizanteri, salmonellosis, vb.) portörler tarafından bulaştırılan çiğ sütlerin tüketimi ile ortaya çıkmaktadır. Özellikle el, yüz ve vucutlarında yara ve sivilceler bulunan kişilerin temaslari ve üst solunum yolları ile Stafilokok, Mikrokok ve Streptokoklar elle sağıım esnasında süte kolayca bulaşabilmektedir.

Sağııklı hayvandan hijyenik şartlara dikkat edilerek yapılan sağıımla 70-350 adet/ml mikroorganizma içeren süt elde edilebilmektedir. Normal işletmelerde kullanılan iyi temizlenmiş ve dezenfekte edilmiş makinalar ile yapılan sağıımda 10^3 - 10^4 adet/ml mikroorganizma, özenle temizlenmemiş makinalar ile yapılan sağıımda süt yaklaşık 10^6 adet/ml mikroorganizma içermektedir. Sütte bulunan ve bozulmalara neden olan mikroorganizmalar genelde bakterilerden oluşmaktadır. Taze ve çiğ sütlerde rastlanan mikroorganizmalar Tablo 5.8'de sunulmuştur.

Tablo 5.8. Taze Sütte Bulunan Mikroorganizmalar

Termorezistans Bakteriler (63°C'de 30 dak. dayanıklı)	Psikrotrof Bakteriler	Küfler	Mayalar	Viruslar
<i>Microbacterium</i>	<i>Pseudomonas</i>	<i>Aspergillus</i>	<i>Cryptococcus</i>	
<i>Micrococcus</i>	<i>Acinetobacter</i>	<i>Penicillium</i>	<i>Candida</i>	
<i>Bacillus</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Mucor</i>		
<i>Clostridium</i>	<i>Achromobacter</i>	<i>Geotrichum</i>		
□ <i>Streptococcus</i>	<i>Alcaligenes</i>			

Tablo 5.8'de verilen taze sütte rastlanılan mikroorganizmalara ilaveten yemler ve su vasıtasıyla sütlere çok önemli patojen mikroorganizmalar da bulaşabilmektedir. Bulaşabilen bu mikroorganizmalar ve neden oldukları hastalıklar Tablo 5.9'da sunulmuştur.

Tablo 5.9. Sütte Bulunabilen Patojenler ve Neden Oldukları Hastalıklar

Hastalık	Etmeni
Mastitis	<i>Streptococcus agalactia</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> <i>Corynebacterium pyogenes</i> , <i>Streptococcus dysgalactiae</i> , <i>Streptococcus salivarius</i>
Tifo	<i>Salmonella typhosa</i>
Brusella	<i>Brucella abortus</i>
Difteri	<i>Corynebacterium diphtheria</i>
Dizanteri	<i>Shigella dysenteriae</i>
Çocuklarda ishal	<i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium welchii</i>

Pastörize sütlerde bulaşan mikroorganizmaların en önemlileri *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes* ve *Flavobacterium* türleridir. Pastörize sütlerde koliform grubu bakterilerin varlığı bulaşmanın en belirgin kanıtıdır. Yine *Pseudomonas* ve *Aeromonas*'ların bulunması da sekonder bulaşma işaretidir. Pastörize sütler sekonder olarak tanklar, dolum makinaları veya ambalaj materyalinden bulaşabilirler.

Sterilize sütlerde de UHT uygulamasından sonra özellikle sıcaklık-süre normlarının yetersiz uygulanması ile *Bacillus subtilis* ve *B. macerans* gibi mezofil sporlular ile *Bacillus stearothermophilus* gibi termofillerin sporları canlı kalabilmektedir. Ayrıca bazı araştırmalarda *Bacillus cereus* ve *B. coagulans* suşlarının da izole edilebildiği bildirilmektedir. Sterilize sütlerde mikrobiyolojik problemlerin doğuş nedeni iki sebebe bağlanabilir; Yeterli sıcaklık-süre normu uygulanmaması veya sterilizasyondan sonra borular, tanklar ve aseptik paketleme sistemindeki bulaşmalar.

Çiğ süte bulaşmaların azaltılabilmesi için alınması gerekli önlemler gıda kodeksimizde dikkate alınarak aşağıda açıklanmıştır.

- Sağım hijyenik koşullarda gerçekleştirilmelidir.
- Sağımdan sonra süt, iki saat içinde toplanmayacaksa 8°C'ye, günlük toplanacaksa <8°C'ye, günlük toplanmayacaksa <6°C soğutulmalıdır. Süt, sağımdan sonra iki saat içinde işleme ve üretim tesisine ulaştırılmazsa işleme veya üretim tesisine taşınırken, sıcaklığın 10°C'yi geçmemesi sağlanmalıdır. Eğer sağımdan itibaren 2 saat içinde ulaştırılabilecekse soğutma yapılmayabilir.
- Sütle temas edecek sağım, toplama ve nakil için gerekli kaplar, taşıyıcılar, tanker gibi alet ve ekipmanlar düzgün, kolay temizlenebilen, dezenfekte edilebilen, korozyona dirençli ve insan sağlığı açısından tehlike yaratmayacak veya sütün duyuşsal ve kimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilemeyecek malzemedir.
- Sağımda kullanılan, sütle temas eden kap ve cihazlar kullanımdan hemen sonra temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Çiğ sütün naklinde kullanılan tanklar her sevkıyattan sonra veya art arda yüklemeler arasında çok kısa boşluklar olduğunda, her bir sevkıyat serisinden sonra temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir. Her koşulda günde en az bir kere temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.
- Çiğ süt sağımını ve ilgili işlemleri gerçekleştiren kişiler aşağıdaki kurallara uymalıdır: Sağım yapanlar uygun, temiz sağım kıyafetleri giymeli, sağımdan önce ellerini yıkamalı ve sağım boyunca temiz tutmalıdır. Sağım sırasında sütü kontamine etme ihtimali olan

kişiler sağımdan uzaklaştırılmalı, sağımda çalışan tüm kişiler böyle bir işte çalışmalarını önleyici hastalıkları olmadığını 3 ayda bir portör muayenesi ve 6 ayda bir akciğer kontrollerini yaptırarak belgelemelidirler.

Çiğ ve içme sütlerinde bulunan mikroorganizmalar bu ürünlerde çok farklı değişimlere ve bozulmalara neden olabilirler. Bunlar aşağıda sistematik şekilde özetlenmiştir.

a) Ekşime ve asit oluşumu; Sütte bulunan bakterilerin önemli bir kısmını da laktik asit bakterileri oluşturur. Sütte bulunan laktoz bunlar ve diğer bazı mikroorganizmalar tarafından başta laktik asit olmak üzere diğer organik asitlere parçalanır. Bu bozulmanın en önemli etmenleri, *Streptococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *L. thermophilus*, *Bacillus calidolactis* gibi bakterilerdir. Ancak bunlar kadar olmasa da *Micrococcus*, *Bacillus*, *Clostridium* ve *Mycobacterium* cinsi üyeleri de bu tür bozulmaya yol açarlar.

b) Gaz oluşumu; Sütlerde ve çeşitli ürünlerde rastlanan bu hatadan özellikle *Clostridium* (*C. butyricum*, *C. welchii*) ve *Bacillus* cinsleri üyeleri mesul olmakla birlikte, heterofermentatif Laktik asit bakterileri ile koliform grubu organizmalar da neden olabilmektedir.

c) Proteolitik parçalanma; Sütte proteinli maddelerin parçalanması (proteoliz) olayı ile meydana gelen bozulma dört şekilde cereyan edebilir;

- 1.Asit oluşumu ile birlikte proteoliz
- 2.Asitliğin çok az olduğu proteoliz
- 3.Bakterilerin oluşturduğu rennin tipi enzimlerce proteoliz
- 4.Bakteri hücrelerinin otolizi ile dışarı çıkan enzimlerin sebep olduğu proteoliz

Proteoliz olayından sorumlu olan bakteriler içerisinde sporlu veya sporsuz olanlar bulunmaktadır. Çoğunlukla düşük sıcaklıklarda çoğalabilme kabiliyetindedir. En önemlileri spor oluşturmayanlardan *Micrococcus caseolyticus*, *Serratia marcescens*, *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas fluorescens* ile *Proteus spp.* ve *Flavobacterium spp.* spor oluşturanlardan ise *Bacillus subtilis*, *B. cereus* ve *Clostridium sporogenes* türleridir.

d) Lipolitik parçalanma; Süt yağının gliserin ve yağ asitlerine parçalanması şeklinde oluşan bozulmalardır. Butirik asit kokusu ve ransid tat oluşumuna yol açarlar. En önemli bozulma etmenleri *Pseudomonas fluorescens*, *Enterobacter aerogenes*, *Alcaligenes spp.*, *Bacillus spp.*, *Micrococcus spp.* ve *Clostridium spp.* dir.

e) Sünme olayı; Sütte ve kremada rastlanılan sünme olayına farklı bakteriler sebep olmaktadır. Eğer sünme olayı sadece üst yüzeyde oluşturuluyor ise, bundan *Alcaligenes viscolactis* sorumludur. Fakat süt tamamen sünen bir özellik kazanmışsa *Enterobacter aerogenes* veya *E. cloacea* türleri ile bunların yanında *Streptococcus lactis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus cremoris* türleri neden olabilirler. Ayrıca *Bacillus* ve *Micrococcus*'lardan da benzer kusura neden olanlar vardır.

f) Sütün renginin değişmesi; Sütlerde bu bozukluk ya gelişen mikroorganizmanın pigment oluşturmasında ya da enzimler ile sütte komplike reaksiyonlar oluşturmasından kaynaklanabilir. Bu bozulmanın etmeni bakteriler ve oluşturdukları renk değişimi Tablo 5.10'da verilmiştir.

Tablo 5.10. Sütlerde Renk Değişimine Neden Olan Bakteriler ve Oluşturdukları Renkler

Etmen Bakteri	Sütte Oluşan Renk
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	sarı-yeşil
<i>Pseudomonas synchyaneae</i>	mavi
<i>Serratia marcescens</i>	kırmızı
<i>Micrococcus rubens</i>	kırmızı
<i>Pseudomonas syxantha</i>	sarı

g)Tatta değişimler; Mayalardan *Torula amora* sütte acı tat oluşumuna neden olmaktadır. *Streptococcus lactis* var. *maltigenes* pişmiş yanık ve karamel gibi tatlar oluşturabilirken, diğer bazı bakterilerde cevizimsi ve sabunumsu tatlar oluşturabilmektedir.

2.3.2. Süt Tozu

Süt tozlarının mikroflorası kullanılan süte ve uygulanan teknolojiye göre değişmektedir. Süt tozlarında belirli oranlarda *Staphylococcus aureus* ve *Bacillus cereus* bulunabilmekte ve bunlardan hazırlanan ürünlerde problemler oluşturabilmektedir. Ayrıca çeşitli yollarla bulaşma sonucu süt tozları *Salmonella*, *Penicillium* ve *Mucor* gibi mikroorganizmaları da içerebilmektedir. Ancak süt tozu, uygun şartlar da muhafaza edilirse mikrobiyal çoğalma meydana gelmemekte hatta azalma meydana gelebilmektedir.

2.3.3. Yoğurt

Yoğurdun florasında starter kültür olarak kullanılan *S. thermophilus* ve *L.delbruckii* ssp. *bulgaricus* en önemli grubu oluşturur. Yoğurt yapımında süte uygulanan yüksek ısı ve üretim safhasında oluşan, düşük pH yoğurdun güvenilir bir gıda olmasını sağlar.

Ancak yine de ısıtma işleminden sonra bulaşan mikroorganizmalar yoğurtlarda istenilmeyen değişimlere yol açabilirler.

Bacillus cereus yoğurtta fermantasyonun başında henüz pH düşmemiş iken çoğalır ve kıvam hatalarına neden olur. Psikrofiller özellikle 10^4 - 10^5 CFU/g sayısına eriştiklerinde ekşimsi ve acı tadın oluşmasına neden olabilirler. Yine bulaşan *Yersinia enterocolitica* ve *Staphylococcus aureus* yoğurtta uzun süre canlı kalabilir. Ancak yoğurtta bozulmaya neden olan asıl mikroorganizma grubu asit ortamlarda kolay çoğalan maya ve küflerdir. Bunlar özellikle gaz oluşumu ile beliren bozulmalara neden olurlar. Başlıca bozulma etmeni mayalar *Candida*, *Kluyveromyces*, *Saccharomyces*, *Rhodotorula*, *Pichia* ve *Debaryomyces* cinslerine dahildirler. Yoğurtlarda küflerden ise *Mucor*, *Rhizopus*, *Aspergillus* ve *Penicillium* bulunabilir. Ancak bunların yüzeyde nadiren üreyerek bozulmaya sebep oldukları bilinmektedir. Çoğalmaları sonucu yoğurtta küf koku ve lezzeti oluşturabilirler.

Yoğurtta ekşi tadın oluşmasında en önemli sebeplerden birisi de starter kültür olan *L. bulgaricus*'un aşırı üremesidir.

2.3.4. Tereyağı

Tereyağı önemli miktarda (%82) süt yağı içermesine rağmen üretim tekniğine de bağlı olarak değişen miktarlarda su (%15) ve diğer besin öğelerini (%0.5 Karbonhidrat ve protein) içermektedir. Tereyağlarına bulaşan mikroorganizmalar öncelikle protein ve diğer besin öğelerince zengin olan yağsız fraksiyonda çoğalırlar. Bu yüzden tereyağında su oranı ne kadar artarsa mikroorganizma çoğalma rizikosunu da o derece artırır. Tereyağ üretiminde *Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Leuconostoc cremoris* ve diğer bazı *Leuconostoc* türleri faydalı yönleri ile starter kültür olarak kullanılırlar. Sütte bulunan ve uygulanan ısı işleminden sonra canlı kalabilen mikroorganizmalar (özellikle bakteriler ve küfler) ile sonradan bulaşan mikroorganizmalar tereyağında çoğalma imkanı bulurlar. Tereyağında bozulmaya yol açan önemli mikroorganizmalar ve sebep oldukları bozulma belirtileri Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11. Tereyağlarında Bozulmaya Neden Olan Mikroorganizmalar ve Neden Oldukları Değişimler

Mikroorganizma	Neden Olduğu Değişim
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Ransidite
<i>Pseudomonas fragi</i>	Ransidite
<i>Pseudomonas nigrificiens</i>	Siyah lekeler
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	Tereyağı yüzeyinde kokuşma
<i>Pseudomonas mephitica</i>	Kokarca benzeri koku
<i>Bacillus cereus</i>	Metalimsi tat ve gıda zehirlenmesi
<i>Serratia marcescens</i>	Proteolitik ve lipolitik aktivite
<i>Micrococcus, Serratia</i>	Yüzeyde lekeler oluştururlar
<i>Streptococcus lactis var. maltigenes</i>	Malt kokusu ve lezzeti
<i>Geotrichum candidum</i>	Maya kokusu, daha ileri derecede tiksindirici tat ve koku
<i>Mucor stolonifer</i>	Lipolitik ve proteolitik parçalanma
<i>Penicillium, Aspergillus, Mucor Cladosporium, Fusarium, Rhizopus, Geotrichum</i>	Yüzeyde lekeler oluşturur ve küf tadına sebep olurlar
<i>Candida lipolytica</i>	lipolitik aktivite, maya kokusu, peynirimsi ve yakıcı lezzet
<i>Rhodotorula, Candida, Torula</i>	yüzeyde lekeler ve maya tadına sebep olurlar

2.3.5. Peynirler

Peynirler içerdikleri besin öğeleri ile mikroorganizma faaliyeti için uygun olarak gözükse de, katılan tuz oranı birçok bakterinin gelişimini sınırlandırmaktadır. Peynir yapımı için sütün ısıtılmasında aşırı sıcaklıklardan kaçılması, hatta bazen küçük aile işletmelerinde hiç ısıtılma uygulanmaması sütte bulunan tüm mikroorganizmaların peynir pıhtısına da geçmesine neden olabilmektedir. Bu da peyniri riskli bir gıda durumuna sokmaktadır.

Ancak, peynirlere katılan tuz ile *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus lactis*, *L. helveticus* ve *L. lactis* tarafından oluşturulan asit diğer birçok mikroorganizmanın gelişimini baskılanmaktadır. Ancak yine de başta maya ve küfler olmak üzere, bazı bakterilerde peynirler de gelişerek istenilmeyen değişimlere yol açarlar. Peynirlerde görülen istenilmeyen değişimler ve sebep olan etmenler aşağıda kısaca özetlenmiştir.

a) Renk Hataları; *Serratia marcescens* ve *Proteus vulgaris* gibi bakteriler peynir yüzeyinde çoğalarak sırasıyla kırmızı ve kahverengi renkli oluşumlara yol açarlar. Küflerden *Penicillium casei* ve *Cladosporium herbarum* siyah ve koyu kahverengi lekeler oluşumuna, diğer bazı küfler de beyaz ve yeşil renkli görünümlere neden olmaktadır. İlâveten, bazı mayalar özellikle *Torula* türleri kabuğun beyaz yağlı bir görünüm almasına neden olmaktadır.

b) Hatalı Gözenek ve Yarıkların Oluşması; Çoğunlukla gaz oluşturan mikroorganizmalardan kaynaklanmaktadır. Bu kusur yumuşak peynirlerin süngerimsi şekil alması, sert peynirlerinde şişerek şekil değiştirmesi ile kendini belli etmektedir. İleri safhalarda sert peynirlerde çatlama ve dağılmalar görülebilmektedir. Olgunlaşmanın ilk günlerinde görülen küçük gözeneklerin amili koliform grubu mikroorganizmalarıdır. Özellikle *Escherichia coli* ve *Enterobacter aerogenes* bu hatayı meydana getirmektedir. Ayrıca, mayalarda çoğalarak değişik büyüklükte ve elips şeklinde gözenekler oluşturabilirler. Olgunlaşmanın ileriki günlerinde oluşan gözeneklerden ise, propiyonik asit bakterileri ve *Clostridium* türleri özellikle de, *C. Sporogenes*, *C. tyrobutyricum* ve *C. butyricum* sorumludur. *Clostridium*'lar az sayıda, fakat, büyük gözenekler meydana getirmektedirler. *Lactobacillus fermenti*, *Leuconostoc mesenteroides* gibi heterofermantatif laktik asit bakterileri ile *Streptococcus diacetylactis* de bu tür hatalara neden olabilmektedir.

c) Tat Değişimleri; *Streptococcus fecalis var. liquefaciens* ve bazı mikrokoklar proteinleri parçalayarak acı lezzet oluşturan peptitler meydana getirmektedir. *Streptococcus lactis var. maltigenes* malt ve yanık tadı oluşturmaktadır. Proteolitik karakterli *Clostridium*'lar proteinleri H₂S, merkaptan, indol, skatol gibi kötü kokulu ürünlere parçalayarak bozulmalara neden olmaktadır. Ayrıca *Pseudomonas*'lar tarafından üretilmiş sıcaklığa dayanıklı lipazlar da peynirlerde acı tat ve ransiditeye neden olabilmektedirler.

d) Sünme Olayı; *Bacillus mesentericus* ile çeşitli *Proteus*, *Pseudomonas* ve *Alcaligenes* cinsi üyelerinin çoğalması ile bu tür yapılar üretilmektedir.

2.3.6. Dondurma

Dondurma yapımında süte uygulanan ısıtılma işlemi sporların dışındaki florayı inhibe etmektedir. Ancak bazı termorezistans mikroorganizmalar canlı kalabilmekte ve dondurma makina-alet, kullanma suyu, hava, şahıslar ve ambalaj malzemesinden sekonder bulaşmaya uğrayabilmektedir. Dondurmalarda bulunabilen ve arzu edilmeyen tat değişimlerine yol

açan mikroorganizmalar *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Enterococcus* ve *Corynebacterium* cinsi üyelerinden oluşmaktadır. Ayrıca çeşitli katkı maddelerinden bulaşan *Salmonella* 'lar ve küfler de dondurmalarda bulunabilmektedir.

2.3.7. Kondanse Süt

Kondanse sütler genelde şekerli olarak hazırlanmaktadır ve bunlar yaklaşık %55-60 şeker içermektedirler. Bu ürünün hazırlanmasında şeker, sütler evapore edildikten sonra ilave edilmekte ve son ürün hermetikli kaplara ambalajlanmaktadır. Bu safhadan sonra ısıl işlem uygulanmamaktadır.

Üretim teknolojisinde ambalajlamadan sonra ikinci bir ısıl işlem uygulanmaması dolayısıyla bu ürünlerin mikrobiyal kontaminasyona uğramasında en önemli etken ambalaj materyali ve üretim bölgesinin sanitasyonudur. Eğer işletmede sanitasyon uygulaması yetersiz ise son ürün mayalar, küfler, mikrokoklar, koliformlar ve spor oluşturan aerob bakteriler ile bulaşabilmektedir. Bunlardan yüksek şekeri tolere ederek gelişebilen mayalar üründe çoğalarak gaz oluşumu şeklinde bozulmalara neden olabilmektedirler. Mikrokoklar tarafından viskozite artışı ve *Aspergillus spp.* ve *Penicillium spp.* gibi küfler tarafından da düğme şeklinde yapılar meydana getirilebilmektedir.

3. Bitkisel Ürünlerde Görülen Bozulmalar

Bitkisel kaynaklı ürünleri tahıl ve tahıl ürünleri, meyve ve sebze ürünleri ve diğer gıdalar olmak üzere 3 alt başlık altında inceleyeceğiz.

3.1. Meyve ve Sebzeler

İnsan tüketimi için üretilen meyve ve sebzelerin yaklaşık %20'sinin mikrobiyolojik bozulmalar ile kaybedildiği tahmin edilmektedir. Meyvelerin florası genel olarak mayalar ve küf mantarları tarafından oluşturulur iken, sebzelerde, buna bakteriler de katılmaktadır. Baklagiller dışında tüm sağlıklı bitkilerin iç dokularında mikroorganizmalar bulunmamasına rağmen, dış yüzeyleri çeşitli yollarla bulaşmaya uğramaktadır. Bu bulaşma kaynakları içerisinde en önemlileri; yetiştiği çevre, hasatta ve daha sonra sınıflamada kullanılan alet-ekipman, ambalaj materyali ve depo ortamıdır. İşletmede daha önceki partide işlenen meyve artıklarının temizlenmemesi gibi hatalarda yeni partilere daha fazla mikroorganizma bulaşmasına neden olmaktadır.

Taze meyve ve sebzelerin yüzeyinde bulunan kutikula tabakası ile doğal olarak bulunabilen mum tabakası ve içerdikleri çeşitli antimikrobiyal maddeler mikroorganizma faaliyeti üzerine etkili olmaktadır. Meyvenin olgunlaşması, çarpma, böcekler gibi etmenler ile kutikula tabakasının zarar görmesi ve yaralanmalar mikroorganizmalara karşı olan direçlerini azaltmaktadır.

Yetiştirilmesi, hasatı, işlenmesi veya taşınması sırasında bulaşabilen özellikle fekal kaynaklı mikroorganizmalar meyve sebzeleri de riskli gıdalar haline getirebilmektedir. Taze sebze ve meyvelerde 10^5 - 10^7 kob/g düzeyinde mikroorganizma bulunur. Bu florada toprak orijinli mikroorganizmalar baskındır. Bakteri florasının %80-90'ını gram negatif çubuklar oluşturmaktadır. Tablo 5.12'de Meyve sebzelerle bulaşabilen hastalık etmeni mikroorganizmalar ve kaynakları verilmiştir.

Tablo 5.12. Meyve Sebzeler İle Bulaşabilen Hastalık Etmeni Mikroorganizmalar

Mikroorganizma	Hastalık	Kaynak
<i>Salmonella spp.</i>	Salmonellosis	Domates, fasulye, karpuz, pastörize edilmemiş portakal ve elma suyu
<i>Shigella spp.</i>	Shigellosis (basilli dizanteri)	Yeşil marul, sebze salataları, kavun, portakal suyu
<i>E.coli O157:H7</i>		Marul, kırmızı turp, kavun, karpuz
<i>Y. enterocolitica</i>	Yersinosis	Salata sebzeleri
<i>L. monocytogenes</i>	Listeriosis	Yeşil salata, marul, domates, kuşkonmaz, brokoli, karnabahar ve lahana
<i>Vibrio spp.</i>		Çiğ sebzeler
<i>Aeromonas spp.</i>		Kuşkonmaz, brokoli, kereviz, sebze salataları, karnabahar, maydonoz, ıspanak
<i>Campylobacter spp.</i>		İspanak, marul
<i>C.botulinum</i>	Botulizm	Hazır paketli lahana salatası, vakumlu mantarlar
Cryptosporidium		Marul, kırmızı turp, domates, salatalık, havuç
<i>Giardia lamblia</i>	Giardiasis	Çiğ olarak dilimlenmiş sebzeler
Hepatit A	Hepatit A infeksiyonu	Marul, küp halinde doğranmış domates, ahududu, çilek
Norwalk		Kavun, yeşil salata
Colicivirus		Ahududu

Sebze ve meyvelerin tüketimden önce yıkanması sağlık riskini önleme açısından en önemli basamaktır. Yıkama işlemi ile ürün kaba kirlilerden temizlenirken aynı zamanda taşıdığı mikrobiyal yük de azaltılmaktadır. Yıkama işleminde yalnızca su kullanılması durumunda mevcut mikroflora mekanik olarak uzaklaştırılırken, yıkama suyuna etkili bir dezenfektan katılması ile buna mikrobiyal inhibisyonda katılmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan dezenfektan madde klordur. Sıvı klor ve hipoklorit formları sebze ve meyvelerin yüzey dezenfeksiyonu için etkilidir. Genellikle bu amaçla 50-200 ppm klor solüsyonu 1-2 dakika temas süresi olacak şekilde uygulanır.

Meyve, çiçekli bitkilerin tohum taşıyan kısmıdır. Meyvelerin çoğunluğu %10-25 arasında karbonhidrat %1'den daha az protein ve %0.5'den daha az yağ içerir. Çoğu meyve organik asitler bakımından yüksektir. Bundan dolayı düşük pH'lıdır. Taze meyvelerde bulunan mikroorganizmaların sayısı ve tipini; toprak, hava, böcekler, hasat ve taşıma için kullanılan aletler, hava koşulları, meyvenin tipi, meyvenin toprağa yakınlığı, sulama ve hasat öncesi kullanılmış kimyasallar etkiler. Taze meyvelerin pH değerinden dolayı, mikrobiyolojik bozulmaya çoğunlukla mayalar ve küfler neden olur.

Taze meyvelerde görülen başlıca çürüme ve etmenleri şunlardır:

a) Yumuşak Çürüme; Bu bozulmada pektin parçalanır. Hücre suyu dışarı çıkmakta ve meyve adeta ezilmiş bir görünüm almaktadır. Bu tip bozulmaya daha çok *Rhizopus nigricans* neden olmaktadır.

b) Çekirdek evi çürümesi; Özellikle elma ve armutlarda görülmektedir. Dış yüzeyi normal görünen meyvenin çekirdek evi etrafında kahverengileşme ve çekirdek evi boşluklarında beyaz rekli miseller meydana gelmektedir. Etmenlerini; *Fusarium*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Cladosporium* ve diğer bazı küfler oluşturmaktadır.

c) Monilia çürümesi; Dokular yumuşamakta ve kahverengi renk almaktadır. İlerleyen bozulma ile tüm meyve küflenmekte ve siyah bir renk almaktadır. Etmeni *Monilia* cinsi üyeleridir.

d) Yeşil küf çürümesi; Bozulan meyvelerde dokular yumuşamakta, meyve yüzeyi beyaz-gri zamanla yeşil renk alan bir küf tabakası ile kaplanmakta ve tipik küf kokusu oluşmaktadır. Etmeni *Penicillium digitatum* veya *P. italicum*'dır.

e) Gri küf çürümesi; Meyve yüzeyi gri renkli küf miselleri ile kaplanmakta ve meyve kahverengimsi bir renk almaktadır. Nemli ve ılık havalarda bozulma teşvik edilmektedir. Bozulma etmeni *Botrytis cineria* ve diğer *Botrytis* türlerinden müteşekkildir. Üzüm ve çilek başta olmak üzere portakal, limon, elma, kayısı ve şeftalilerde görülmektedir.

f) Phytophthora-Meyve çürümesi; Meyve sarı renkli ise kahverengi, yeşil renkli ise koyu yeşil renkli lekeler oluşmaktadır. Rutubetli yerlerde bu lekelerin üzerinde beyaz miseller görülebilmektedir. Bozulma etmeni *Phytophthora cactorum*'dır.

g) Mayaların sebep olduğu değişimler; Bunlar henüz meyve dalında iken etkili olabilirler. Meyve şekerini parçalayarak alkol, CO₂ ve su oluşturmaktadırlar.

Bitkinin yenilebilir sap, kök, çiçek soğanı, çiçek ve tohumlarını içeren kısımlarına sebze denir. Temel bileşenleri su, nişasta, belirli bazı vitaminler, mineraller, yağlar ve liflerdir. Bitkilerin protein içeriği düşüktür. pH değerleri genelde 5-7 aralığındadır. Sebzenin sahip olduğu bu bileşim ve pH değerinden dolayı pek çok mikroorganizma için uygun ortam olması dolayısı ile sebzeler mikroorganizmalar tarafından bozulmaya karşı dirençsizdir. Çiğ sebzeler gıda zehirlenmesi açısından genelde hayvansal ürünlerden daha az risklidirler. Ancak, lağım suyu, doğal gübre kullanımı, yıkama esnasında kirli suların kullanılması, hijyenik olmayan koşullarda işlenmesi sebzelerin patojenik mikroorganizmalar, virüsler ve parazitleri insanlara taşınmasına neden olmaktadır.

Sebzelerin doğal mikroflorasını toprak, hava, su, böcekler ve hayvanlar ile bitkinin yapısı etkiler. *Pseudomonas*, *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Flovabacterium* *Alcaligenes*, *Acinetobacter*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Serratia* ve *Streptococcus* gibi bakteriler, *Cryptococcus*, *Candida*, *Rhodotorula* ve *Sporobolomyces* gibi mayalar ve *Cladosporium*, *Aureobasidium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Botrytis*, *Fusarium* ve *Geotrichum* gibi küfler sebzelerin mikroflorasındaki en önemli cinsleri oluştururlar.

Taze sebzelerde de meyvelerdeki benzer küfler bozulma oluşturmaktadır. Ancak, sebzelerin pH'sının daha yüksek olması dolayısıyla bunlarda bakteriler de önemli bozulma etmenidirler. Sebzelerde görülen bozulmalar da şöyle özetlenebilir:

a) Gri küf çürümesi; etmeni yine *Botrytis cineria*'dır. Hemen hemen tüm sebzelerde bozulmaya neden olabilmektedir. Sebzeğe yara ve çatlardan nüfuz etmekte ve sonra tüm dokuya yayılmaktadır.

b) Ekşi bozulma; *Geotrichum candidum* sebep olmaktadır. Çürüme ile birlikte asit oluşumu ve ekşi tat, koku da meydana gelmektedir. Toprakta ve çürümekte olan sebzelerde yaygın bulunmaktadır. İlk gelişme için kabuğun zedelenmiş olması gerekir.

c) Rhizopus yumuşak çürümesi; *Rhizopus stolonifer* türünün sebep olduğu yaygın bir bozulma türüdür. Sebze üzerinde pamuk yığını şeklinde çoğalarak gri renkli miseller ve koyu renkli sporanyumlar oluşturmaktadır. Hemen tüm sebzelerde görülmekle birlikte taze fasulye, havuç, patates, domates ve salatalıkta yaygındır. Buzdolabı sıcaklığında da bozulma meydana gelebilmektedir. Yüksek nem bozulmayı teşvik etmektedir.

d) Phytophthora çürümesi; Daha çok tarlada meydana gelir. En çok soğan, sarmısak, kuşkonmaz domates, patates ve patlıcanda görülmektedir. Bozulma etmeni *Phytophthora cactorum*'dur

e) Anthracnose; Değişik sebzelerin meyve ve yapraklarında genellikle kahverengi ve kiremit renginde lekeler olarak görülmektedir. Özellikle havaların yağılı ve ılık gitmesi ile fasulye, salatalık, kabak, domates ve biberde sıkça oluşmaktadır. Etmenleri *Fusarium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Trichothecium* ve *Sclerotinia* küfleridir.

f) Bakteri Yumuşak Çürümesi; Pektolitik enzime sahip bakteriler bu tür çürümeye neden olmaktadır. En önemli etmenleri *Erwinia caratovora* ve *Pseudomonas marginalis*'tir. Çürüme sonucu, sebze dokusu peltemsi bir hal almakta ve kötü kokular oluşmaktadır. Buzdolabında saklanan ürünlerde de bozulmaya neden olabilirler. Bunlar tarafından pelte haline getirilen dokuda daha sonra diğer bakteriler de gelişerek sebzeği tümünden yokederler. Yumuşak çürüme en çok soğan, sarmısak, kuşkonmaz havuç, kereviz, enginar, ıspanak, patates, lahana, karnabahar, domates, hıyar, biber ve patlıcan gibi sebzelerde görülmektedir.

Kuru meyve ve sebzeler çoğu kez %14-15 düzeyinde su içermektedir. Su oranı ancak %22'nin üzerine çıkacak olursa bozulmalar başlayabilir. En önemli bozulma etmenleri *Zygosacchomyces rouxii*, *Aspergillus glaucus*, *A. niger* ve bazı *Penicillium* türleridir.

Dondurulmuş meyve ve sebzelerin florasında tazelerinde bulunan mikroorganizmalar bulunabilmekle birlikte çoğalmaları sınırlandırılmıştır. Örneğin dondurulmuş ve -10°C 'de depolanan fasulyede mikrobiyolojik bozulma 60 haftadan sonra ortaya çıkmakta ve 90. haftadan sonra tam bozulma görülmektedir.

Meyve ve sebzelerde görülen ve yukarıda bahsedilen mikroorganizma bozulmaları ve etmenleri Tablo 5.13'de özetlenmiştir.

Tablo 5.13. Meyve ve Sebzelerde Görülen Yaygın Küf Bozulmaları, Etmenleri ve Görüldüğü Ürünler

Bozulma Türü	Etmen Küf Türü	Etkilenen Ürün
Alternaria çürümesi	<i>Alternaria tenuis</i>	Turunçgiller
Anthracnose	<i>Colletotrichum musae</i>	Muz
	<i>C. lindemuthianum</i>	Fasulye
	<i>C. lagenarium</i>	Karpuz
Siyah Çürüme	<i>Aspergillus niger</i>	Soğan, Portakal, Limon
Siyah Çürüme	<i>Ceratocystis fimbriate</i>	Tatlı Patates
Mavi Küf Çürümesi	<i>Penicillium italicum</i>	Turunçgiller
	<i>Penicillium expansum</i>	Elma, Armut
	<i>Penicillium spp.</i>	Üzüm
Kahverengi Çürüme	<i>Monilinia fructicola</i>	Şeftali, Kiraz
	<i>Phytophthora spp.</i>	Turunçgiller
	<i>Trichoderma sp.</i> , <i>Fusarium sp</i>	Portakal ve Limonlar

Cladosporium Çürümesi	<i>C. herbarum</i>	Kiraz, Şeftali
Crown Çürüme	<i>Colletotrichum musae</i> , <i>Fusarium roseum</i>	Muz
İnce Tüylü Küf	<i>Plasmapara viticole</i> , <i>Phytophthora spp.</i>	Üzüm
Kuru Çürüme	<i>Fusarium spp.</i>	Patates
Gri Küf Çürümesi	<i>Botrytis cinerea</i>	Üzüm, Portakal, Limon ve Bir Çok Ürün
Yeşil Küf Çürümesi	<i>Penicillium digitatum</i>	Turunçgiller
Phytophthora Çürümesi	<i>Colletotrichum coccodes</i>	Sebzeler
Pembe Küf Çürümesi	<i>Trichothecium roseum</i>	
Rhizopus Yumuşak Çürümesi	<i>Rhizopus stolonifer</i>	Tatlı Patates, Domates
“Lekeli” Siyah Küf Çürümesi	<i>Aspergillus niger</i>	Şeftali, Kayısı
Ekşi Çürüme	<i>Geotrichum candidum</i>	Domates, Turunçgiller, Erik
Sap Sonunda Siyahlaşma	<i>Alternaria citri</i>	Turunçgiller
Sulu Yumuşak Çürüme	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Havuç
Ananas Siyah Çürümesi	<i>Ceratocystis malicorticis</i>	Ananas
Viskoz Kahverengi Çürüme	<i>Rhizoctonia spp.</i>	Sebzeler

3.2. Tahıl ve Ürünlerinde Görülen Bozulmalar

3.2.1. Tahıllar

Bitkisel ürünler olan tahıllarda, bitki florasından olan mikroorganizmalar ile birlikte hasatta ve depolamada bulaşan mikroorganizmalar da bulunmaktadır. Bu ürünler yüksek oranda karbonhidrat ve düşük a_w ’ye sahip oldukları için mikrobiyal gelişme açısından güvenlidirler. Ancak, depolama problemlerinden dolayı a_w değeri yükselecek olursa özellikle bakterilerden *Bacillus*’lar ile bazı küf türleri bu ürünlerde çoğalabilir.

Tahıllarda yaygın olarak rastlanılan florada bakterilerden *Pseudomonadoceae*, *Micrococcaceae*, *Lactobacillaceae*, ve *Bacillaceae* familyası mensubları, küflerden ise *Aspergillus*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Alternaria* ve *Cladosporium* cinsi üyeleri bulunmaktadır.

Tahıl ve tahıl kırmalarında a_w değeri biraz yükseldiğinde (%16-20 su) küfler çoğalmaya başlayarak bozulmalara neden olurlar. Eğer a_w değeri bakterilerin çoğalmasına uygun hale gelirse (%25 su) bakteriler de devreye girerek asit oluşumu ile ekşimeye, takiben mayalarda devreye girerek alkol ve CO₂ gibi ürünler üretimine neden olurlar.

3.2.2. Un

Unlarda da tahıl tanelerinde olduğu gibi küfler, mayalar ve bakteriler uygun şartlarda gelişerek bozulmaya neden olabilirler. Unlarda su miktarı %15'in üzerine çıktığında küfler faaliyete başlayarak bozulmaya neden olabilirler. Su oranı %17'nin üzerine çıkması ile bakterilerde bu faaliyete katılabilirler.

3.2.3. Ekmekler

Ekmekler normalde küfler hariç diğer mikroorganizmaların çoğunluğu için su içeriği açısından bozulmaya uygun değildir. Küf sporları ve vejetatif formları da, bakteriler ve sporları gibi pişirme esnasında büyük oranda ölürler. Ancak ekmek fırından çıktıktan sonra ekmeğin soğutulması veya paketlenmesi sırasında havadan, soğutma raflarından, ambalaj materyalinden veya personelden sekonder olarak bulaşmaktadır.

Ekmek, düşük a_w değerinden dolayı küflenme suretiyle bozulmaktadır. Ekmekte bozulmaya neden olan küf mantarlarının en önemlisi ekmek küfü de denilen *Rhizopus nigricans*'dir. Bu küf ekmek üzerinde pamuk yığını şeklinde miseller oluşturur. Siyah renkli sporangiumlar içerir. Yine zaman zaman görülen ve kırmızı ekmek küfü denilen *Monilia stophila* da kırmızı renk oluşumlarına neden olmaktadır.

Ekmeklerde ayrıca *Penicillium expansum* (yeşil), *Aspergillus niger* (kahverengi, siyah) ile *Mucor* ve *Geotrichum* cinslerinin (kırmızı, pembe) üyeleri de bozulmalara neden olabilmektedir.

Ekmeğin pişirilmesi sırasında küf sporlarının öldürülebileceği sıcaklığa çıkarılmasına rağmen daha sonra aşağıda maddeler halinde verilen sebeplerle ekmek küf bozulmasına uğrar.

- a) Pişirmeyi takiben fazla sayıda küf sporu ile bulaşma
- b) Ekmeğin dilimlenmesi
- c) Ekmeğin henüz ılık iken ambalajlanması
- d) Ekmeğin ılık ve nemli yerde saklanması

Küf bozulmalarını önlemek için şu önlemler alınmalıdır.

- a) Bulaşmanın mümkün olduğunca önlenmesi
- b) Paketlenecek ekmeğin çabuk ve yeterince soğutulması
- c) Ekmek yüzeyindeki küflerin UV veya elektrikli ısıtma sistemleri ile yok edilmesi
- d) Ekmeğin dondurularak saklanması
- e) Küf inhibitörü (mikostatik) maddeleri ekmek hamuruna katmak. %0,1- 0,3 civarında Na ve Ca propiyonat bu işlem için kullanılmaktadır.

Ekmekte görülen diğer önemli bir bozulma sünme veya ipliklenme şeklinde görülen rope oluşumudur. Bu bozulmanın nedeni *Bacillus subtilis* (*B.mesentericus*) ve ikinci derecede de *B. licheniformis* bakterileridir.

Ekmeğin pişirilmesi sırasında iç sıcaklık çoğu kere 100⁰C'yi geçmemektedir. Bu sıcaklık *B. subtilis* sporlarını öldürmek için yetersiz kalmaktadır. Bu yüzden ekmek fırından çıktıktan sonra soğutma yavaş yapılır ve ekmek sıcak bir yerde bekletilirse endosporlar vejetatif forma geçer ve bakteri gelişmeye başlar. Bu bakterinin gelişmesi ile önce ekmek

kavun kokusunu andıran bir koku alır. Bu sırada ekmek içinde sarımsı ve esmer lekeler oluşur. Zamanla bu lekeler koyulaşmakta ve ekmek içi tamamen sünnen bir yapı kazanmaktadır. Bu yapı bakteri enzimleri ile nişasta ve proteinlerin parçalanması ile oluşturulmaktadır.

Ekmekte rope bozulmasını önlemek için de aşağıdaki tedbirler alınmalıdır.

- a) Bozulmaya sebep olan bakteri yükü az olan hammadde kullanmak
- b) Hamur üretiminde kullanılan ekipmanın temizlik ve dezenfeksiyonuna dikkat etmek (klorlu bileşikler)
- c) Uygun fermantasyon ile hamur pH'sını düşük tutmak 5,7 pH'da bozulma geciktirilir. Mümkün ise 5,1 pH'nın altına düşürülmelidir.
- d) Mikroorganizma faaliyetini inhibe eden katkıları kullanılabilir. Kalsiyum fosfat (%0,1) , asetik asit (%12'lik asetik asitten %0,2), sodyum ve kalsiyum propiyonat veya sorbik asitten (%0,1- 0,3).
- e) Pişirme işleminden sonra ekmekleri çabuk soğutmak
- f) Ekmekleri soğukta saklamak

Ekmeklerde sık rastlanan ve büyük önem taşıyan bu iki bozulma dışında; *Serratia marcescens*'in neden olduğu kırmızı leke (kanayan ekmek) ve *Trichosporan variable*'ın neden olduğu tebeşirimsi bozulma da görülmektedir. Yeterli temizlik ve dezenfeksiyon ile önceki bozulmaların önlenmesi için alınan tedbirler bunların önlenmesi için de yeterlidir.

3.2.4. Kek ve Pastalar

Bunlar yüksek oranda şeker içermeleri dolayısıyla birçok mikroorganizma için uygun olmayan a_w değerine sahiptirler. Asıl bozulma etmeni küflerdir. Ancak bazılarında sünme olayı ile de karşılaşılabilir.

Bu ürünler, hazırlanmasında kullanılan katkılardan önemli derecede bulaşabilmekle birlikte pişirme sırasında bunların önemli kısmı inhibe olmaktadır. Bu yüzden bozulmaya neden olan mikroorganizmalar sekonder bulaşanlardır. Sekonder bulaşmada da işletme havası, ambalaj materyali, krema, karamel ve meyveler gibi faktörler önemli rol oynamaktadır.

3.2.5. Makarnalar

Makarnalarda da küf ve bakterilerden ileri gelen bozulmalar ile karşılaşılabilir. Küflerden genellikle *Monilia* cinsine rastlanmaktadır. Bakterilerden ise *Enterobacter cloacea* türü ve genellikle üretim aşamasında gaz oluşumu şeklinde bozulmaya neden olmaktadır.

4. Fermente Gıdalarda Görülen Bozulmalar

Bu grup altında bira, şarap, sirke, turşu ve zeytin gibi ürünler toplanmaktadır.

4.1. Bira

Biralar sık olarak bozulmaya uğrarlar. Mayalar ve bakteriler tarafından oluşturulan bozulma dört grup altında sınıflandırılır.

a) **Sünme**; birada viskoz yapıya sebep olan bozulmanın etmenleri *Acetobacter*, *Lactobacillus*, *Pediococcus cerevisiae* ve *Acetomonas oxydans* türleridir.

b) **Sarsina hastalığı**; birada bal benzeri kokuya neden olan bozulmanın etmeni *P. cerevisiae*'dir. Koku bakteri tarafından üretilen diasetil ile biranın normal kokusunun kombinasyonundan ileri gelir.

c) **Ekşime**; bu bozulma etil alkolün asetik asite oksidasyonu ile miktarı artan asetik asitten kaynaklanmaktadır. Etmeni *Acetobacter spp*'dir.

d) **Bulanıklık**; bu bozulma ise *Saccharomyces* cinsi mayalar ile *Achromobacter* cinsi bakteriler tarafından oluşturulmaktadır.

4.2. Şarap

Şaraplarda bozulma etmenleri daha çok bakteri ve mayalardır. Şaraplarda rastlanılan bozulma türleri ve etmenleri şunlardır:

a) **Çiçek hastalığı**: Şaraplarda bulunan en önemli maya olan *Candida valida* tarafından meydana getirilir. Bu maya şarabın yüzeyinde ince zar oluşturur.

b) **Sirkeleşme**: En önemli bozukluklardan olan sirkeleşmeye *Acetobacter* cinsi üyeleri yol açarlar. Şarapta bulunan etil alkolü asetik asite dönüştürürler.

c) **Dönme hastalığı**: Fakültatif anaerob veya anaerob bakteriler düşük alkol oranlarında şekerleri kullanarak bu bozulmaya yol açarlar. Bozulma uçucu asitlerin artışı ile karakterize edilir. Bozulmanın sonunda koku ve tatta istenilmeyen değişimler olur.

d) **Malo-laktik fermentasyonu**: Üzümde ve dolayısıyla şarapta bulunan 2 değerlikli malik asitin, laktik asit ve CO₂'e parçalanması ile oluşan bozulmadır. Asitliği ve flavoru etkiler. Bu bozukluğa *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Lactobacillus* cinslerine dahil bir çok laktik asit bakterisi neden olmaktadır. Ayrıca şaraplarda *L. plantarum*'un bazı suşları şarapta bulunan diğer 2 değerli asit tartarik asiti, laktik, asetik asit ve CO₂'e parçalayarak da istenilmeyen değişimlere yol açarlar.

e) **Sünme**: Biralara göre şaraplarda daha az meydana gelmektedir. Etmeni *Leuconostoc*'lardır.

4.3. Turşular

Sebzelerin asit fermentasyonuna tabi tutulmasıyla elde edildiklerinden pH değerleri 4.0 civarındadır. Bu yüzden daha çok asit ortamlarda çoğalabilen bakteriler ve küfler tarafından çeşitli şekillerde bozulmaya uğrarlar.

a) **Siyahlaşma**; suda çözünen koyu renkli pigment üreten *Bacillus nigrificans* tarafından meydana getirilir.

b) **Şişme**: *Enterobacter spp.*, *Lactobacillus spp.* ve *Pediococcus spp.* tarafından üretilen gaz ile meydana gelir.

c) **Yumuşama**: Pektolitik özelliğe sahip mikroorganizmalar tarafından meydana getirilir. Turşularda yumuşamadan mesul mikroorganizmalar, *Bacillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Mucor* ve *Aspergillus* gibileridir. Yumuşamaya bunlardan biri veya bir kaçısı sebep olabilir.

4.4. Salamura Zeytinler

Salamura zeytinlerde de farklı mikroorganizmaların neden olduğu bozulma tipleri mevcuttur.

a) **Zapatera bozulması**; zeytinlerde sıkça görülebilen ve üretilen propiyonik asitten dolayı onun kokusuna neden olan bir bozulma şeklidir. *Propionibacterium* cinsinin bazı türleri etmelidir.

b) **Yumuşama**; İspanyol tipi yeşil zeytinlerde dokunun yumuşaması şeklinde görülen bozulmadır. Etmeni Poligalaktarunaz ve pektin metil esteraz enzimleri üreten *Rhodotorula glutinis* ve *R. minuta*'dır.

c) **Kabuk atılması**; Selülotik aktivite gösteren *Cellulomonas flavigena* tarafından gerçekleştirilir. Bu mikroorganizmanın gelişimi ve bozulma *Xanthomonas*, *Enterobacter* ve *Escherichia spp.* tarafından teşvik edilir.

5. Diğer Gıdalarda Görülen Bozulmalar

5.1. Şeker

Şeker düşük su aktivitesi nedeniyle mikrobiyal bozulma açısından güvenilir olsa da bazı mikroorganizmalarla bulaşık durumdadır. Bu mikroorganizmalar uygun şartlarda (çok yüksek nisbi nem içeren depolarda) veya şekerin katkı olarak ilave edildiği diğer ürünlerde önemli problemlere yol açabilmektedir. Şekerde bulunan mikrobiyal flora bakterilerden özellikle *Bacillus* ve *Clostridium* mayalardan ise *Saccharomyces* ve *Candida*'dan oluşmaktadır.

Yüksek nem içeren ortamda depolanan şekerlerde beklenildiği gibi en önemli zararlanmayı *Torula* ve ozmofilik mayalardan ise *Zygosaccharomyces spp.* meydana getirir.

Şeker fabrikalarında difüzyon kazanları filtre veya süzgeçlerde tıkanmalara sebep olarak işlemi aksatan ve büyük güçlükler çıkaran bakterilerden en önemlisi *Leuconostoc mesenteroides*'tir. Bu bakteri sukroz'u hidroliz eder ve glukozlardan dekstran diye isimlendirilen bir polisakkarit sentezler. Dekstran viskoz ve yapışkan bir yapıdadır. Yine işletmede ozmofil mayalar belirli konsantrasyondaki şeker şurubunun bozulmasına yol açarlar.

5.2. Bal

Bal normalde %75 kuru madde içeren ve pH'sı 3.2-4.2 arasında olan bir gıda maddesidir. Bu hali ile bal mikrobiyal bozulma açısından oldukça güvenilir bir gıda maddesidir. Ancak yine de osmofil mayalardan *Zygosaccharomyces* cinsi başta olmak üzere diğer osmofil mayalar ve *Torula melis* bozulmaya neden olabilir. Baldan izole edilen bu mikroorganizmaların balda bozulmaya neden oluşlarındaki faktörler üç esasa bağlanmıştır.

- a) Bal yüzeyi havadaki nemi çekmekte ve yüzeyde su aktivitesi yükselmektedir. Osmofil mayalar bu kısımda çoğalmaya başlayarak uzun süre de balın şeker konsantrasyonuna adapte olmaktadır.
- b) Bal şekerinin büyük kısmını teşkil eden glikozun kristalleşmesi ile sıvı kısımdaki konsantrasyonu azalmaktadır.
- c) Uzun süre depolamada mayalar bu şartlara adapte olmakta ve bozulmaya neden olmaktadır.

5.3. Şekerlemeler

Değişik şekerlemeler içerisinde yüksek şeker içeren ve sert yapıya sahip olanalarda dikkati çeken bir bozulma olayı gözlenmez. Ancak iç kısmı yumuşak yapıda olan fondant türü çikolatalı şekerlemeler gaz oluşumu altında bozulurlar. Buna neden olan organizmalar *Clostridium spp.* özellikle de *C. sporogenes* türüdür. Bu mikroorganizmalar bahsedilen ürünlere şeker, nişasta veya diğer katkı maddeleri ile bulaşabilirler.

5.4. Mayonez ve Salata Sosları

Mayonezler bitkisel yağ, limon suyu veya sirke ve diğer bazı katkı maddeleri ile hazırlanan pH'sı 3.6-4.0 civarında olan yarı katı ürünlerdir. Düşük pH ve su aktivitesi birçok maya, küf ve bakterinin bu üründe gelişimini sınırlandırır. Mayalardan *Saccharomyces*, *Zygosaccharomyces* cinsleri ile bakterilerden *Lactobacillus brevis* bu tür ürünlerde bozulmaya sebep olabilirler. Genelde patojenik bakteriler bu ürünlerde çoğalamazlar.

2.4.4.5. Konserve Gıdalar

Gıdaların konserve edilmesi ile bunlarda bulunan mikroorganizmaların öldürüldükleri kabul edilmekle birlikte, belirli şartlar altında bu ürünler de mikrobiyal bozulmaya maruz kalmaktadırlar. Bunun sebebi yetersiz ısı işlem, sonradan kenetlerden sızıntı ile bulaşma veyahutta sterilizasyon öncesi bozulma olabilir. Konserve gıdalar, bozulmanın niteliğini ve etkeni olan mikroorganizmaların çeşitini etkileyen bileşimlerine göre dört grupta toplanabilirler.

- a) **Düşük asit gıdalar;** pH değeri > 5.3 olan bezelye, mısır ve taze fasulye gibi sebzeler, kırmızı ve beyaz et ile balık etlerinden hazırlanan konserveledir.
- b) **Orta asit gıdalar;** pH değeri 4.5-5.3 arasında olan havuç, ıspanak, kuşkonmaz gibi sebze konserveledir.

Düşük ve orta asit konservelerde bozulmalara termofilik düz-ekşime yapan *Bacillus stearothermophilus*, *Bacillus coagulans*, sülfid bozulmasına neden olan *Clostridium nigrificans*, *C. bifermentas* ve/veya gaz oluşumuna neden olan *C. thermosaccharolyticum* türleri neden olabilirler. Ayrıca mezofilik putrefaktif anaeroblar da önemli bozulma etmeni olabilirler. Bu ürünlerde *C. botulinum* suşları toksin üretebilirler.

c) Asit gıdalar; pH'sı 3.7-4.5 arasında olan domates, patlıcan, kırmızı lahana gibi sebzeler ile muz ve armut gibi meyveler bu grupta sayılabilirler. Bozulmaya sebep olan mikroorganizmalar daha ziyade termofilik gruptan *B. coagulans* ile mezofilik gruptan *B. polymyxa*, *B. macerans* (*B. betanigrificans*), *C. pasteurianum*, *C. butrycum*, Laktobasiller ve diğer bazı mikroorganizmalardır.

d) Yüksek asit gıdalar; pH'sı <3.7 olan daha çok meyveler ile çeşitli meyve sebze ürünleridir. Bunlar içerisinde elma, potakal, limon, sauerkraut ve turşular sayılabilir. Genellikle bozulma etmenleri spor oluşturmeyen mezofillerdir. Mayalar, küfler ve/veya laktik asit bakterileri de dikkati çekerler.

Spor oluşturmeyen bakteriler ile maya ve küflerin bozulmaya neden olanları ve neden olduğu bozulmalar şu şekilde özetlenebilir. *Torula lactis* tatlandırılmış koyulaştırılmış sütlerde gaz oluşumuna, *Aspergillus repens* yine tatlandırılmış koyulaştırılmış sütlerin yüzeyinde düğme şeklinde gelişimlere yol açmaktadır. *Lactobacillus brevis* ketçap, et sosları ve benzeri ürünlerde güçlü fermantasyona neden olmaktadır. *Leuconostoc mesenteroides*, ananas konservelerinde gaz oluşumuna, şeftali konservelerinde ise salyamsı yapıya neden olmaktadır. Küflerden *Byssochlamys fulva* meyve konservelerinde ürettiği pektolitik enzim ile meyvelerin parçalanmasına neden olmaktadır.

Dondurulmuş konsantre portakal suları da bakteriler ve mayalar tarafından bozulmaya uğratılabilmektedir. Portakal sularındaki bozulma sirkemsi kokudan tereyağ kokusuna kadar değişen koku ile karakterize olur. Bu ürünlerin, bozulma meydana gelenlerinden *L. plantarum var mobilis*, *L. brevis*, *Leuconostoc mesenteroides* ve *Leuconostoc dextranicum* izole edilmiştir.

Konservelerde bozulmaya neden olan bakterilerin konserve kutuları ve içeriklerinde meydana getirdikleri değişimler Tablo 5.14'de özetlenmiştir.

5.6. Kurutulmuş Gıdalar

Kurutma işlemi en eski gıda muhafaza metotlarından birisidir. Bu işlemin esası ve uygulanma şekilleri Gıda Muhafaza Metotları kısmında daha ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Kurutma işlemini mikroorganizmalar üzerine etkisi açısından iki fazda düşünmek doğru olacaktır. Birinci fazda kurutma işleminde 90°C gibi yüksek bir sıcaklık kullanılmasına rağmen su kaybı çok hızlı olduğu için gıda maddesinin sıcaklığı 40-50°C arasında bulunmakta ve bu yüzden mikroorganizma sayısında çok az bir azalış meydana gelmektedir. İkinci fazda buharlaşan su miktarının azalması ile kurutulan gıda maddesinin sıcaklığı 60-70°C'lere çıkmakta ve mayalar ile çoğu bakteriler ölümü bu fazda gerçekleşmektedir. Kurutma işlemi sonucunda canlı kalan florada baskın olarak spor oluşturan bakteriler (*Bacillus spp.*) kalmakla birlikte, enterokoklar ve çeşitli küfler de (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium spp.*) bulunabilmektedir.

Tablo 5.14. Asit ve Düşük Asitli Konservelerde Görülen Bozulmalar

Organizma tipi	Konserve kutusunun durumu	Konserve içeriğinin Durumu
	Asit Ürünler	
B. thermoacidurans (Düz Ekşime, Domates suyu)	Kutu normal, vakumda az değişim var	pH'da önemsiz değişim
Butirik Anaeroblar (Domates ve Domates suyu)	Kutu şişmiş, patlamış olabilir.	Fermente olmuş ve önemli butirik kokulu oluşmuş
Spor Oluşturmayan Bakteriler		
(Laktik asit bakterileri çoğunluklu)	Kutu şişmiş, genellikle patlamış ancak şişme şekli muhafaza ediliyor olabilir.	Acid kokulu
	Düşük Asit Ürünler	
1-Düz Ekşime	Kutu normal depolamada vakum kaybı olabilir	Görünüm genellikle değişmemiş, pH önemlice düşmüş, hafif normal koku oluşabilir, çoğu kere bulanık sıvı kısım oluşumu
2-Termofilik Anaeroblar	Kutu şişmiş ,patlamış olabilir	Fermente olmuş, ekşi, peynirimsi veya butirik koku
3-Sülfid Zararlanması	Kutu düz, üründe H ₂ S gazı absorlanmış	Genellikle siyahlanmış çürük yumurta kokusu
4-Putrefaktif Anaeroblar	Kutu şişmiş ,patlamış olabilir	Kısmen sindirilmiş olabilir, pH hafifçe normalden yüksek, tipik putrefaktif koku
5-Anaerobik Spor Oluşturanlar	Kutu normal ,genellikle şişme yok	Koagule olmuş evapore süt

Sprey kurutulmuş gıda maddesinde (süt, yumurta vb.) sıcaklık çok fazla yükselmeyeceği için çok farklı flora canlı kalabilmektedir. Bununla birlikte yine baskın florayı spor oluşturanlar ve termodurik streptokoklar oluşturmaktadır.

Dondurarak kurutma işleminde mikroorganizmaların inhibisyonunun sağlandığı asıl kısım dondurma işlemidir. Kurutma sırasında gıda maddesinde sıcaklık düşük değerlerde kaldığı için (yüzeyde 40-50°C'ye ulaşabilir) ancak sıcaklığa hassas bazı bakteriler ölebilirler. Bundan dolayı dondurarak kurutmada gıda maddesinde orjinal floranın %30'u canlı kalmaktadır.

Kurutulmuş gıdaların aw değeri düşük olduğu için mikrobiyal gelişme meydana gelmemekte ve depolama sırasındaki bozulmalar genellikle kimyasal değişimler yolu ile olmaktadır.

5.7. Yarı-Kurutulmuş Gıdalar

Bunlar a_w değerleri arasında olan ve eşdeğer olarak %20-40 su içeren ürünlerdir. Kurutulmuş meyveler, bazı fırın ürünleri, tuzlanmış etler ve balıklar ile reçeller, şuruplar ve bal gibi ürünler bu grup içerisinde sayılabilirler. Bu ürünlerden et ve et ürünlerinde bulunabilen mikroorganizmalardan daha önceki konularda bahsedilmişti. Diğer Yarı-Kurutulmuş gıdalardan reçeller, şuruplar gibi yüksek şeker konsantrasyonu (%60-70) ve düşük pH değerine (<4.0 pH) sahip ürünlerde ancak bu şartları tolere edebilen ozmofilik

mayalar (*Saccharomyces spp.* ve *Torulopsis spp.* gibi) gelişebilmekte ve şekerleri parçalayarak alkol üretmektedir. Reçellerin yüzeyinde çeşitli küfler de gelişebilmektedir. Bunlardan *Aspergillus* ve *Penicillium*'lar yaygın bozulma etmenleridir. Ancak bu ürünlerin üretiminde uygulanan ısı işlem osmofillerin (yüksek sıcaklığa hassastırlar) ölmesine neden olduğu için bu tür bozulmalar ancak sekonder bulaşma varsa meydana gelmektedir.

5.8. Dondurulmuş Gıdalar

Donma gıdalarda genellikle -1°C ila -3°C 'de başlamaktadır. Dondurulan gıda maddesinde dondurma sıcaklığı ne kadar yüksek ise o kadar fazla olmak üzere donmamış formda su kalmaktadır. Donmamış halde bulunan bu su gıda maddesinde varolan bazı mikroorganizmaların -7°C gibi hatta bazı küflerin -10°C gibi düşük sıcaklıklarda gelişebilmesine imkan tanımaktadır.

Gıda maddesinde mikroorganizmalar tarafından kullanılan suyun bir kısmının donması ve donmamış sıvı kısımda da çözünmüş madde miktarının artması ile meydana gelen düşük a_w değeri de dondurulmuş gıdalardaki mikrobiyal gelişimi sınırlandırmaktadır. Yine buna ilaveten dondurma işlemi ile bir kısım mikroorganizmalar türüne, dondurma hızına ve gıdanın bileşimine bağlı olarak yaklaşık %50 civarında ölmektedirler.

Bakteriyel sporlar dondurma işleminden etkilenmez iken, Gram pozitif kok ve çubuklar, Gram negatiflerden daha dayanıklıdır. Dondurma işleminin mikroorganizmalar üzerine etkisi daha ayrıntılı olarak Gıda Muhafaza Metotları bölümünde açıklanmıştır.

Dondurulmuş gıdalarda çözünme işleminden sonra baskın florayı psikrotroflar oluşturmaktadır. Bezelye kullanılarak yapılan çalışmada, bu üründe varolan *Leuconostoc* ve streptokokların dondurma işleminden sonra canlı kaldıkları ve floraya hakim oldukları belirlenmiştir. Bu bakteriler çözünme işlemi sonrasında çoğalarak bezelyedeki şekerini parçalamakta ve pH'nın düşüşü ile sarı renk oluşumuna neden olmaktadır. Ayrıca, bezelyelerin yüzeyinde salyamsı yapı ile sirke ve tereyağı kokusu da oluşturabilmektedirler. Diğer dondurulmuş yeşil sebzeler için de benzer şeyler geçerlidir.