

İLERİ GIDA MİKROBİYOLOJİSİ

Prof. Dr. Muhammet Arıcı

KAYNAKLAR

- ✦ Gıda Mikrobiyolojisi: *Adnan Ünlütürk, F. Turantaş*
- ✦ Gıda Mikrobiyolojisi: *Sami Özçelik*
- ✦ Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları
- ✦ Soru ve Cevaplarla Süt Mikrobiyolojisi
- ✦ Süt Mikrobiyolojisi ve Katkı Maddeleri
- ✦ www.mikrobiyoloji.org
- ✦ www.fao.org
- ✦ www.usda.gov
- ✦ Food Microbiology: *Adams*
- ✦ Modern Food Microbiology: *Jay*
- ✦ Microorganisms in Foods: *ICMSF*
- ✦ Prescott's Microbiology: *Prescot*
- ✦ Microbial Food Contamination: *Wilson et al.*
- ✦ Mycotoxins in Food...: *Kuiper-Goodman et al.*
- ✦ The Mycota: *Esser*
- ✦ Microbiology of Meat ...: *Davies & Board*
- ✦ Foodborne Hazards...: *Blackburn et al.*

DERSİN KONULARI

BÖLÜM 1. Mikroorganizmalar ve Gıda

- ✦ Mikroorganizma Gıda İlişkileri
- ✦ Gıdalarda Önemli Mikroorganizmalar
- ✦ Mikrobiyal Bulaşma Kaynakları
- ✦ Gıdalarda Mikrobiyal Gelişmeyi Etkileyen Faktörler

BÖLÜM 2. Gıdalarda İndikatör ve Patojen Mikroorganizmalar

- Gıdalarda İndikatör Mikroorganizmalar
- Gıda Kaynaklı Mikrobiyal Hastalıklar

BÖLÜM 3. Gıda Muhafaza İlkeleri

- Genel İlkeler, Kontaminasyonun Önlenmesi ve Mikroorganizmaların Uzaklaştırılması
- Mikrobiyal Gelişmenin İnhibisyonu
- Mikroorganizmaların Öldürülmesi

(Slayt Konu 1)

BÖLÜM 1. MİKROORGANİZMALAR VE GIDA

GİRİŞ

- ✦ Mikroorganizmaların gıdalardaki varlığının ilk kez ne zaman fark edildiği bilinmiyor.
- ✦ Fermentasyon ve kurutma gıda muhafazasında kullanılan en eski metotlardır. Bunlar günümüzde de geçerliliğini korumaktadır.
- ✦ Turşular, alkolü içecekler, sirke, fermente et ve süt ürünleri fermentasyon ürünleridir.

Gıda Mikrobiyolojisinde Gelişmeler

- ✦ M.Ö. 6000-8000: Pişirmenin kullanılması
- ✦ M.Ö. 3000: Tuzlama, kurutma, yağ kullanılması
- ✦ M.Ö. 1000: Balık-karidesin kara gömülmesi
- ✦ 943 *Claviceps purpurea*, ergotizmden 40.000 kişi ölmüş (Fransa)
- ✦ 10-11. yüzyıl: Hastalıkların gözle görülemeyen varlıklar aracılığıyla oluştuğu (İbn-i Sina)
- ✦ (ve Akşemseddin; 15. yüzyıl)
- ✦ 1658: Gıdaların bozulmasından gözle görülemeyen kurtlar sorumludur (Kircher)
- ✦ 1683: Leeuwenhook mikroskobu keşfetti
- ✦ 1765: Spallanzani “spontan generasyon” teorisini çürütmüş.
- ✦ 1837: Schwann gıdaların ısıl işlemle muhafazasının temellerini oluşturmuş.
- ✦ 1810: Appert cam içindeki etin sıcak suda tutulmasıyla raf ömrünün uzadığını bulmuş.
- ✦ Pasteur mikroorganizmaların gıdalardaki varlığı ve rolünü ilk olarak açıklayan mikrobiyologtur.

Gıda ve Mikroorganizma

- ✦ Tabiatla mikroorganizma, bitki ve hayvanlar arasında sürekli bir ilişki vardır.
- ✦ Birçok jeokimyasal olaylarda önemli rol oynarlar (N, CO₂, O₂ döngüsü).
- ✦ Enzimatik faaliyetler sonucu çeşitli gıda maddelerinin bozulmasına sebep olurlar.
- ✦ Çok sayıda patojen mikroorganizma insan, hayvan ve bitkilerde enfeksiyon sebebidirler.
- ✦ Mikroorganizmaların asıl fonksiyonu kendi nesillerini ve hayatlarını devam ettirmek için çeşitli faaliyetler yaparlar. Bunun için aşağıdaki temel reaksiyonu yürütürler;

Organik bileşikler → Hücre yapıları + Enerji + İnorganik bileşikler

- ✦ Bu reaksiyon sonucu meydana gelen maddeler bitkilerin beslenmesini, bitkiler de hayvan beslenmesini sağlar.

Gıdalarda Mikroorganizma Gelişmesini Engellemek;

1. Bulaşmayı önlemek
2. Bulaşan mikroorganizmaların gelişmesini engellenmesi

3. Bunların etkisiz hale getirilmesi veya öldürülmesi

Mikroorganizmalar Genel Olarak;

1. Faydalı olanlar

2. Zararlı olanlar

✦ Bu durumun sınırları kesin belli değildir.

✦ Mikroorganizma gelişmesini etkileyen birçok faktör vardır. Bunlara etki edilerek mikroorganizma gelişmesi kontrol altına alınabilir.

Mikroorganizma Gelişmesini Etkileyen Faktörler

1. İç faktörler; besin maddeleri, pH, O/R potansiyeli, aw, inhibitör maddeler

2. Çevre faktörleri (Dış faktörler); ortam nemi, ortamdaki gazlar, sıcaklık

Aktivitelerine Göre Mikroorganizmalar;

1. Saprofitler (bozulma)

2. Patojenler

3. Fermentasyon mikroorganizmaları

Fermentasyon mikroorganizmalarından bazıları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir:

Tablo: Fermente gıdaların üretiminde kullanılan bazı mikroorganizmalar.

Mikroorganizma	Ürün
Laktik asit bakterileri (<i>Leuconostoc</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Streptococcus</i> türleri)	Turşular, zeytin, sucuk, tereyağı, yoğurt, peynir
<i>Propionibacterium shermanii</i>	Emmental peyniri
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Bira, şarap, ekmek
<i>Saccharomyces carlsbergensis</i>	Bira
<i>Saccharomyces cerevisiae</i> ve <i>Acetobacter aceti</i>	Sirke
<i>Penicillium camembertii</i>	Kamember peyniri
<i>Penicillium roqueforti</i>	Rokfor peyniri

Gıdaların Bozulması;

“yapılarında bulunan protein, karbonhidrat ve yağlarla çeşitli organik asitler, alkoller, aldehitler, selüloz ve pektin gibi bileşiklerin yıkıma uğratarak gıdaların tüketici tarafından istenmeyen duyuşsal özellikler kazanmasıdır”.

Gıdalarda bozulma sebep olan birçok faktör vardır. Bunlar;

✦ Mikroorganizma aktivitesi ve çoğalması (Bakteri, küf ve maya)

✦ Böceklerin sebep olduğu zararlar

✦ Gıdalarda bulunan enzimlerin aktivitesi

✦ Çeşitli kimyasal reaksiyonlar

- ✦ Donma, yanma, kuruma ve basınç gibi etkiler sonucu meydana gelen fiziksel değişimler

“Bu derste bozulma denince birincisi kastedilmektedir.”

Gıdalarda Mikrobiyolojik Bozulma

- ✦ Bir gıdanın bozulması; hammadde temini, taşınması, işlenmesi ve depolanması sırasında mikroorganizmaların gelişerek yüksek sayılara ulaştıklarının bir göstergesidir.
- ✦ Gıdaları bozan mikroorganizmalar, bunları besin ve enerji kaynağı olarak kullanırlar. Gıdaların bozulmasında mikrobiyal hidrolitik ekzoenzimlerin rolü büyüktür. Bu enzimlerden bazıları aşağıdaki tabloda görülmektedir.

Mikroorganizmalar tarafından üretilen önemli hidrolitik ekzoenzimler

Enzim	Etkilediği bileşen
Pektinaz	Pektin (Meyve, sebze)
Selüloz	Selüloz (Meyve, sebze)
Proteaz	Protein (et, balık vd.)
Amilaz	Nişasta (Nişastalı gıdalar)
Lipaz	Yağ (Yağlar ve yağlı gıdalar)

- ✦ Proteolitik bozulma
- ✦ Gıdalarda bulunan proteinlerin bozulması (proteolitik bozulma) sonucu proteinler hidroliz olarak peptid ve aminoasitlere kadar parçalanır. Peynir olgunlaşmasında arzu edilirken bir çok gıdada kötü kokulu bileşiklerin oluşumu söz konusudur.
- ✦ Özellikle proteinlerin anaerob yıkımı sonucu H_2S , amonyak, merkaptan, indol, skatol gibi kötü kokulu bileşikler meydana gelir.

- ✦ Karbonhidrat bozulması

Di-, tri- ve Polisakkaritler basit şekerlere hidroliz edildikten sonra mikroorganizmalar tarafından kullanılabilirler. Glukoz aerob şartlarda su ve CO_2 'e kadar yıkılırken anaerob şartlarda birçok ürün oluşabilir:

1. Mayalar tarafından etanol ve CO_2 'e
2. Homofermentatif Laktik Asit Bakterilerince (LAB) laktik asite
3. Heterofermentatif LAB tarafından laktik asit, diğer organik asitler, alkoller vd.
4. Koliform bakterilerce org. asitler ve birçok bileşiğe,
5. Propiyonik asit bakterilerince; propiyonik asit vd.,
6. Anaerobik bütirik asit bakterilerince bütirik asit, asetik asit vd. üretilir.

- ✦ Asetik asitin parçalanması

Bazı aerob mikroorganizmalar tarafından (film mayaları veya oksidatif mayalar) CO_2 ve suya oksitlenirler.

- ✦ Lipolitik bozulma

Gıdalarda bulunan yağlar mikrobiyal lipaz etkisiyle gliserol ve yağ asitlerine parçalanır. Gliserol ve yağ asitleri de hidrolize uğratılarak CO₂ ve suya parçalanırlar.

✦ Pekt(in)olitik bozulma

Bitki hücrelerinin çeperlerindeki pektin, yapısında metil grupları bulunan galaktronik asit polimerlerinden oluşur. Mikrobiyal pektinesteraz enzimi metil ester bağlarını hidroliz ederek pektini pektik asit ve metanole parçalar. Poligalaktronaz enzimi pektin ve pektik asitteki galaktronik asit molekülleri arasındaki bağları hidroliz ederek pektik asit ve D-galaktronik asit oluşturur.

(Slayt Konu 2)

MİKROORGANİZMALARIN BULAŞMA KAYNAKLARI

Su ve Toprak

Toprak yüzeyinin kuruması sonucu oluşan toz içindeki mikroorganizmalar tozun rüzgarla dağılması sonucu diğer topraklara, nehirlere, okyanuslara dağılmaktadır.

- Büyük su kütleleri üzerinde oluşan bulutların rüzgarla taşınması ve suların yağmur halinde tekrar toprak yüzeyine düşmesiyle de mikroorganizmalar yayılmaktadır. Bu nedenle su ve toprakta bulunan mikroorganizmaların aynı olmaları bir sürpriz olarak görülmemelidir.

Aşağıda sıralanan ve gıda kaynaklı olarak belirtilen bakterilerin daha ziyade su ve topraktan bulaştıkları kabul edilmektedir.

- Bunlar *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacter*, *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas* ve *Serratia* cinsi içinde yer almaktadırlar.
- Küflerin hemen hemen hepsi su ve toprakta bulunmaktadır. Küfler bitkisel ve hayvansal maddelerin parçalanmasında çok önemli rol oynayan ve bitkilerde hastalık da yapan mikroorganizmalar olup, tabiatı çok yaygındırlar.
- Bunlar arasında toprakta en sık görülenler: *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Penicillium*, *Trichotechium*, *Botrytis* ve *Fusarium* 'dur.
- Mayaların çoğu daha ziyade bitkilerle ilişkili olduğu için bunların toprakta da bulunmaları beklenir, sudaki sayıları ise oldukça azdır.

Bitkiler ve Bitkisel Ürünler

Yukarıda su ve toprak için bahsedilen mikroorganizmaların çoğu bitkilerde de bulunmakta olup, zaten bunların bitkilere bulaşma kaynakları da su ve topraktır. Bununla birlikte bazı bakteriler topraktan daha ziyade bitkilerle ilişkilidir.

- Bu cinsler arasında özellikle *Acetobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Kurthia*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Streptococcus* cinsleri önemlidir. Zaman zaman yukarıda sayılmayan bazı cinsler de bitkiler ve bitkisel ürünler üzerinde bulunabilirler.
- Küfler arasında en önemli bitkisel kaynaklı cinsler meyve ve sebzelerin pazarlanması sırasında bozulmaya neden olanlardır.
- Birçok bitkisel üründe ve özellikle meyvelerde bulunan maya cinsi *Saccharomyces* 'tir. Ayrıca *Rhodotorula* da yaygın olarak bulunan mayalardandır.

Gıda Kapları

- Gıda kapları üzerinde bulunan mikroorganizmaların türü, işlenen gıdanın çeşidine, bu kapların gördüğü muameleye, bunların depolama şartlarına ve diğer faktörlere bağlıdır.
- Sebzeler sürekli aynı kaplar içinde işleniyorlarsa tabii olarak bu kapların içinde söz konusu sebze ile ilgili mikroorganizmalar bulunacaktır.
- Kaplar sıcak veya kaynar su ile yıkaniyorlarsa geri kalan mikrobiyota da bu işleme direnç gösteren mikroorganizmalardan oluşur.
- Diğer yandan kaplar açıkta tozlu bir yerde muhafaza ediliyorsa bunlarda da hava kaynaklı bakteri, maya ve küfler bulunur.

Hayvan ve İnsanların Bağırsak Sistemleri

- Bu çevrede toprak, su veya diğer yerlerden ziyade daha sıkça hayvan ve insanların bağırsak sistemlerinde bulunan bakteriler mevcuttur. Bunlar arasında en fazla görülenler; *Bacteroides*, *Escherichia*, *Lactobacillus*, *Proteus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Staphylococcus* ve *Streptococcus*' dur.
- Bunlar arasında en dikkat çeken tabii ortamı insan ve diğer memelilerin bağırsak sistemi olan *Escherichia* cinsidir. Bunlardan ayrı olarak bağırsak sisteminde sıklıkla görülen cinsler arasında *Clostridium*, *Citrobacter*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas* da sayılabilir.
- Bağırsak kökenli bakteriler hayvanların bağırsak sistemlerinden doğrudan doğruya toprak ve suya karışabilirler. Toprak ve sudan da bitkilere, toza ve gıda kaplarına bulaşabilirler.
- Bağırsak sistemlerinde küflerin bulunması pek düşünülmezse de özellikle insan bağırsak sisteminde *Candida* cinsine ait maya türlerine sıklıkla rastlanmaktadır.

Gıda İşçileri

- Gıda işçilerinin ellerinde ve elbiselerinin dış yüzeyinde bulunan mikrobiyota, işçinin alışkanlıkları ve çevresi hakkında önemli ipuçları vermektedir.
- Mikrobiyota normal olarak kişilerin temas ettikleri herhangi bir eşya üzerinde bulunan organizmalardan oluşabileceği gibi, toz, su, toprak ve benzeri ortamlardan da kaynaklanabilir.
- Ek olarak, özellikle eller, burun boşluğu ve ağızdan bulaşan çeşitli mikroorganizma cinsleri vardır.
- Bu cinsler arasında *Micrococcus* ve *Staphylococcus* cinsleri en dikkate değer olanları olup, *Staphylococcus* 'lar el, kol, burun boşluğu, ağız ve vücudun diğer kısımlarında yaygın olarak bulunmaktadır.
- *Salmonella* ve *Shigella* cinsleri ise temelde bağırsak kökenli olup, kişiler sanitasyon kurallarına uymazlarsa bunlardan gıdalara bulaşmaktadır.
- Küf ve mayaların herhangi bir cinsi gıda işçisinin o andaki davranışlarına bağlı olarak el veya elbiselerinde bulunabilir.

Hayvan Yemleri

- Şimdiye kadar değinilen bakteri, küf ve mayaların biri veya hepsi hayvan yemlerinde bulunabilir. Yemlerde bulunan organizmaların cinsi her şeyden önce yemin kaynak ve çeşidine bağlı olup, mikroorganizmaları öldürmek amacıyla bir işlem yapıp yapılmadığına, depolandığı ambalaj malzemesinin çeşidine ve benzeri faktörlere de bağlıdır.
- Yemler özellikle gıda enfeksiyonuna neden olan *Salmonella* cinsinin yayılmasında önemli rol oynarlar. Bu organizmaların işletmenin bir yerinde görülmesiyle birlikte her yerine dağılması çok hızlı olmaktadır.

Hayvan Deri ve Postları

- Toprak, su, hayvan yemleri, toz ve fekal kaynaklarda bulunan mikroorganizmaların hepsine hayvan deri ve postunda rastlanabilir. Bu mikroorganizmalar hayvan postlarından da işçilerin ellerine veya doğrudan doğruya gıdalara bulaşabilirler.
- Deri ve post mikrobiyotasında bulunan bazı organizmalar kasaplık hayvanların lenf sistemine yerleşerek kesim sonrası buradan kas dokusuna geçebilirler.

Hava ve Toz

- Hava ve tozda bulunan mikroorganizmalar bazı patojenler dışında tüm mikroorganizma cinslerini içine alır. Bunlardan ayrı olarak *Staphylococcus* ve *Salmonella* türleri de gıdalara başlıca bulaşma kaynağı olmamakla beraber hava ve tozda bulunmaktadır.
- Hava ve tozda bulunan mikroorganizmalar arasında değişik derecelerde kuruluğa dayanıklı olan *Bacillus* ve *Micrococcus* türleri özellikle kayda değerdir. Zaman zaman çeşitli küf ve maya cinslerine de rastlanmaktadır.

Gıda Zehirlenmelerine Neden Olan Bakterilerin Kaynakları

- Gıda zehirlenmelerine neden olan en önemli bakteri cinsleri, *Staphylococcus*, *Salmonella* ve *Clostridium* 'dur.
- Stafilokoklar daha ziyade insan ve hayvanların burun sistemi ile vücutlarının diğer kısımlarından bulaşmaktadır. *Salmonella*'lar ise esasen insan ve hayvanların bağırsak sistemlerinden bulaşmakta olup, dışkı ile bulaşan diğer kaynaklardan da gelmektedir.
- Streptokoklar da insan ve hayvan kökenli olmakla beraber, bitkilerden de bulaşmaktadır, buna karşılık *Clostridium*'ların bulaşma kaynağı topraktır.
- Bunlara ilaveten *Bacillus cereus* ve *Vibrio parahaemolyticus* bakterileri de gıda zehirlenmelerine neden olmaktadır. Bunların kaynakları da sırasıyla toprak, toz ile su ve denizdir.

(Slayt Konu 3)

GIDALARDA BULUNAN MİKROORGANİZMALAR

Bakteriler

Gıdalar açısından önemli mikroorganizmalar temel özelliklerine göre:

A- Bozulma yapanlar (özellikle $> 10^6$ /g, ml veya cm^2 düzeyine geldiklerinde kalite ve ekonomik kayıplara neden olanlar)

B- Faydalı fonksiyonlar (aroma ve yapı geliştirerek özellikle fermente ürünlerdeki laktik asit bakterileri gibi, ürüne katkı sağlayanlar)

C- Sağlığa zarar verenler

1. Oluşturdukları toksinlerle gıda zehirlenmesine neden olanlar

2. Hastalık etmeni olanlar

Üremesi sırasında bizzat kendisi hastalık unsuru (*Salmonella*, *Shigella*, *Clostridium* spp., *Bacillus cereus* vb.)

D- İnört yani ne faydalı ne de zararlı olan mikroorganizmalardır.

Acetobacter: Bu bakteriler genç hücreleri Gram (-), yaşlı hücreleri gram değişken, spor oluşturmayan, aerobik, katalaz (+) çubuk şeklindedir. Hareketli ve hareketsiz türleri vardır. Alkolü asetik aside okside etmeleri nedeniyle sirke işlemede yararlı, alkollü içki üretiminde ise zararlıdırlar. Organizma doğal olarak meyve ve sebzelerde bulunur. Bazı türleri asetik asit ve laktik asidi oksidasyon yoluyla CO_2 ve suya dönüştürürler. *Acetobacter xylinum* gibi aşırı derecede mukoz oluşturan bazı türleri sirke üretiminde üremeye başlayarak sirke jeneratörlerinin tıkanmasına yol açarlar.

Alcaligenes: Bu cins aerobik, Gram (-) olmakla birlikte bazen Gram (+) boyanırlar. Pigment oluşturmazlar. Çubuk, kokobasil veya kok şeklinde hücreleri vardır. Toprak, su, toz, çığ süt, kanatlı etleri ve dışkıda yaygın olarak bulunur. Yumurta ve süt gibi ürünlerin bozulmalarında rol oynarlar ve şekerleri fermente ederler, ancak alkali reaksiyon oluştururlar. Gelişme sıcaklıkları $20-37^\circ\text{C}$ arasındadır.

Bacillus: Bacillus cinsi *Bacillaceae* familyasına dahil olup, Gram (+) (bazı türleri değişken), aerobik veya fakültatif anaerobik, spor oluşturan çubuk şeklinde bakterilerdir. Çoğunlukla mezofilik olmakla birlikte psikrotrof ve termofilik türleri de vardır. Bu cinsin 34 türü bulunmaktadır. Toprak, su ve çeşitli gıdalarda bulunurlar. *Bacillus anthracis* insan ve hayvanlarda şarbon hastalığına neden olur. *B. thuringiensis*, *B. larvae*, *B. lentimorbus*, *B. popilliae* ve *B. sphaericus* 'un bazı türleri böcek patojenidir ve *B. thuringiensis* biyoinsektisit olarak kullanılmaktadır. *B. cereus* 'un bazı suşları insanlarda gıda zehirlenmesine neden olur. *B. coagulans* ve *B. stearothermophilus* 4,2 gibi oldukça düşük pH değerlerinde gelişebilirler ve özellikle konserve gıdalarda bozulmalara neden olurlar.

B. stearothermophilus sporları bakteri sporları arasında yüksek sıcaklığa en dirençli sporlardır. *B. coagulans* (*B. thermoacidurans*) sıcaklığa daha az, ancak asitliğe daha fazla dayanıklıdır. *B. subtilis* subtilin adlı bir bakteriyosin üretmektedir. *B. licheniformis* basitrasin, *B. polymyxa* ise polimiksin antibiyotiklerinin üretiminde kullanılır. *B. subtilis*, *B. amiloliquefaciens* ve *B. stearothermophilus* bakteriyel α -amilaz enzim üretiminde kullanılmakta olup amiloz ve amilodekstrini dekstrinlere parçalamaktadır. *B. subtilis*, *B. mesentericus* ve *B. stearothermophilus* ise bakteriyel proteinaz enzimi üretiminde kullanılmaktadır. Bu enzim ise et ve balık etlerinin tenderize edilmesinde (yumuşatılması) şarap ve bira endüstrisinde protein bulanıklığının alınmasında stabilize edici olarak kullanılmakta olup miso ve soysos üretiminde starter kültür olarak da yararlanılmaktadır.

Carnobacterium: Gram (+), katalaz negatif çubuklardır. Daha önce laktobasiller içinde sınıflandırılmış olan suşları içine alır. *Lactobacillus divergens*, *Carnobacterium divergens*; *Lactobacillus piscicola* ise *Carnobacterium piscicola* olarak adlandırılmıştır. Heterofermentatiftirler ve çoğu 0oC' de gelişir, 45°C'de gelişemez. Bazı türleri glikozdan gaz oluşturur. Laktobasillerden asetat ortamında gelişememeleri ve oleik asit sentezi yapmalarıyla ayrılırlar. Bu cinslere vakum paketli etlerde, balık ürünlerinde, balık ve kanatlı etlerinde rastlanmaktadır.

Enterococcus: *Tabiatta* yaygın olarak bulunurlar, ayrıca omurgalıların dışkıсында da miktarları yüksektir. Bazen enfeksiyonlara neden olurlar. Gram (+), spor oluşturmeyen, bazı türleri hareketli bazı türleri hareketsiz, kapsülsüz, fakültatif anaerob koklardır. Sıvı kültürde oval şeklinde 0,6 – 0,2 x 0,6 x 2,5 mm büyüklüğünde hücreler oluştururlar. Karbohidratları fermente ederler ve esas olarak L(+)-laktik asit üretirler, gaz oluşturmazlar, son pH' ları 4,2 – 4,6'dır. 10oC ve 45oC'de gelişebilirler, optimum gelişme sıcaklıkları 37oC'dir. %6,5 NaCl ortamında ve %40 safra tuzunda gelişme yeteneğindedirler. Bu cins içinde Lancefield'in D grup streptokokları yer almaktadır. Bazı peynirlerin üretiminde starter kültür olarak kullanılan türleri vardır.

Eski isim	Yeni isim
<i>Streptococcus faecalis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>Streptococcus faecium</i>	<i>Enterococcus faecium</i>

Erwinia: *Enterobacteriaceae* familyasına dahil Gram (-), katalaz (-), anaerobik enterik çubuklardır. *E. caratovora* şekerleri ve alkollerini fermente edebilir ve bazı sebzelerde bulunan ramnoz, sellobioz, arabinoz ve mannitol gibi şekerleri kolaylıkla kullanabilir. Çoğu 37°C'de gelişme gösterirken bazı suşlarının buzdolabı sıcaklığında geliştiği (hatta 1oC'de gelişebilen suşları) belirlenmiştir. Bitkilerde protopektin halinde bulunan pektini, sahip oldukları protopektinaz enzimi ile parçalayarak bakteriyel yumuşak çürümeye neden olurlar. Bu cinsin içinde yer alan üç tür *Pantoea* cinsi içine aktarılmıştır.

Flavobacterium: Gram (-) aerobik, katalaz (+) çubuklardır. Agar yüzeyinde sarı pigment oluştururlar. Mezofilik ve psikrotrof türleri vardır. Buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen et ve et ürünleri ile sebzelerde bozulmaya neden olurlar. Yeni sınıflandırmada bu gruptan *Weeksella*, *Chryseobacterium*, *Emedobacter* ve *Bergeyella* gibi farklı cinsler ortaya çıkmıştır, ancak hiç biri gıdalarla ilgili değildir. Bazı suşları balıklara patojendir, bazı türler ise halofilik özellik gösterir.

Gluconobacter: Gram (-) olup yaşlı hücreleri Gram (+)'e dönüşebilir. Mutlak aerob, katalaz (+), oksidaz (-), polar flagellumlu olmalarına rağmen bazıları hareketsiz, çubuk şeklinde bakterilerdir. Fermentatif değil, oksidatif bir metabolizmaya sahiptirler. Etanolü asetik aside okside ederler. Sebze, meyve, ekmek mayası, bira, şarap ve sirkede üreyerek bozulmalara yol açar. Bu cinsin tek temsilcisi *Gluconobacter oxydans* 'dır. Bu bakteriden endüstride C vitamini üretiminde yararlanılır.

Hafnia: Gram (-), fakültatif anaerobik ve fermentatif, oksidaz (-), hareketli enterik çubuklardır. Özellikle buzdolabı sıcaklığında saklanan et ve et ürünlerinde bozulmaya neden olurlar. *Hafnia alvei* bu cinsin tek türüdür. Toprak, su, süt ürünleri, kanalizasyon suları, insan ve hayvan dışkısında bulunur.

Halobacterium: Gram(-), katalaz(+), mutlak aerob ancak bazı suşları fakültatif anaerob, hareketli veya hareketsiz çubuk veya disk şeklindeki bakterilerdir. Ekstrem halofilik bakterilerdir. Gelişebilmeleri için ortamda en az %15 tuza ihtiyaçları vardır. Optimum gelişebilmek için %20-26 oranında tuza ihtiyaç duyarlar. *Halobacterium* türleri pembe, turuncu ve kırmızı renkte pigment oluştururlar ve daha çok tuzlanmış balık ve et ürünlerinde gelişerek bozulmalara neden olurlar.

Halococcus: Gram (-), mutlak aerob, oksidaz ve katalaz (+), hareketsiz, ikili ve dördü sarsına veya düzensiz kok şeklinde bakterilerdir. *Halococcus morrhuae* bu cinsin tek türüdür. Turuncu ve kırmızı pigment oluştururlar ve tuzlanmış balık, et ve et ürünlerinde gelişerek bozulmaya neden olurlar.

Kocuria: *Micrococcus* cinsinden ayrılan üç tür *Kocuria rosea*, *K. varians*, *K. kristinae* ismini alarak bu gruba aktarılmıştır. Bu grubun üyeleri Gram (+), aerobik, oksidaz (-), katalaz(+) kok şeklinde bakterilerdir

Kurthia: Gram (+), spor oluşturmayan, mutlak aerob, hareketli, uzun çubuklardır. Bu cins içinde *Kurthia zophii* ve *Kurthia gibsonii* adlı iki tür vardır. Çiftlik hayvanlarının dışkısında, sütte ve toprakta bulunmaktadır. *Kurthia zophii* -5 ile 35oC arasında, *Kurthia gibsonii* ise 5' den başlayarak 45°C ve daha yüksek sıcaklıklarda gelişebilme yeteneğindedir. *Kurthia zophii* indikatör mikroorganizma olarak kullanılmaktadır. *Dondurularak saklanan etlerde bu mikroorganizmanın bulunması o etin dondurulduktan sonra bir ara çözündüğünü göstermektedir.*

Lactobacillus: Düzgün veya kıvrımlı uzun çubuk şeklinde, spor oluşturmayan, katalaz (-), Gram (+) olarak kabul edilmekle birlikte yaşlanmayla Gram (-)

hücreler oluşturan bakterilerdir. Mikroskop altında çoğunlukla uzun zincirler halinde görülmekle birlikte tek tek de bulunabilirler. Genellikle hareketsiz, çoğu mikroaerofilik veya anaerobik olup homofermentatif ve heterofermentatif türleri bulunmaktadır. Bitki ve hayvansal materyal üzerinde ve çeşitli gıdalar üzerinde (hububat, et ve süt ürünleri, bira, şarap meyve ve meyve suyu, hamur, turşu ve zeytin) yaygın olarak bulunurlar. Bazıları fermente süt ürünlerinin üretiminde önemlidir. Pek çoğunun gelişme istekleri çok belirgin olduğu için laboratuarda vitamin ve amino asit tayininde ve et ürünlerinin işlenmesinde starter kültür olarak kullanılırlar. Laktobasiller, gıda mikrobiyolojisinde yararlı gruba girmekle beraber zararlı olmaları da söz konusudur. Bu cins içinde Betabacterium, Streptobacterium, Thermobacterium olmak üzere 3 farklı grup bulunmaktadır. Zorunlu heterofermentatif *Lactobacillus* türlerinin (*L. brevis*) hepsi Betabacterium içinde yer almaktadır. Homofermentatif ve fakültatif heterofermentatif *Lactobacillus* türleri ise Streptobacterium ve Thermobacterium grubu içindedir. *Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* Thermobacterium grubunda yer alır, 40°C'de optimum gelişirler, %3 veya daha yüksek miktarda laktik asit üretirler. *Lactobacillus casei*, Streptobacterium grubu içindedir, optimum gelişme sıcaklığı 30°C'dir ve %1,5 veya daha yüksek miktarda laktik asit üretirler.

Lactococcus: *Lancefield'* in serolojik sınıflandırmasında N grup olarak bilinen streptokoklar yeni sınıflandırmada *Lactococcus* olarak adlandırılmıştır. Gram (+), spor oluşturmeyen, hareketsiz, fakültatif anaerob, katalaz (-), oksidaz (-) koklardır. Sıvı kültürde geliştiklerinde 0,5 - 1,2 x 0,5 µm büyüklükte oval şekilli hücreler oluştururlar, tekli, çift veya zincir yaparlar. 10°C'de gelişirler ancak 45°C'de gelişemezler. %0,5 NaCl ortamında gelişme gösteremezler. Karbohidratları fermente ederler ve çoğunlukla L(+)-laktik asit üretirler, gaz oluşturmazlar.

Eski isim

Yeni isim

Streptococcus lactis subsp. *lactis* ve
Lactobacillus xylosus

Lactococcus raffinolactis

Streptococcus lactis subsp. *cremoris*

Lactococcus lactis subsp. *lactis*

Lactobacillus hordniae

Lactococcus lactis subsp. *cremoris*

Streptococcus garvieae

Lactococcus hordniae

Streptococcus plantarum

Lactococcus garvieae

Streptococcus raffinolactis

Lactococcus plantarum

Leuconostoc: Gram (+), katalaz(-), hareketsiz, fakültatif anaerob, kok şeklinde laktik asit bakterileridir. *L. cremoris* süt ürünlerinde aroma maddesi oluşturur, özellikle asetaldehiti etil alkole dönüştürerek tereyağında yoğurt aroması oluşumuna engel olmaktadır. Bir tür hariç *Leuconostoc* türleri laktozu heterofermentatif yolla kullanarak laktik asit yanında, etil alkol ve karbondioksit üretirler. Bitkilerde ve sütte çok yaygın olarak bulunurlar. *L. mesenteroides* türleri turşu fermentasyonunda önemlidir. Yüksek şeker konsantrasyonuna dayanıklıdır. Hatta %55-60 oranındaki şeker ortamlarında kolayca

gelişebilmektedirler. Bu nedenle şeker fabrikalarında, şurup, kek, dondurma gibi ürünlerin üretimi sırasında kolayca gelişebilmekte ve ürettikleri mukoz madde nedeniyle problem oluşturabilmektedirler. Bu türler tıpta kullanılan dekstran üretiminde kullanılır. Tuza (%3-6,5) toleranslıdır. Bu özelliklerinden dolayı salatalık turşularının ilk aşamasında *L. mesenteroides* 'e rastlanmaktadır.

Micrococcus: Bu gruptaki bakteriler, Gram (+) ve katalaz (-), aerobik, tekli, dörtlü veya düzensiz gruplar oluşturan kok şeklinde bakterilerdir. Bazıları pembe, portakal veya kırmızıya değişen pigment oluştururlar. Çoğunluğu yüksek düzeyde tuz varlığında gelişebilmektedir. Mezofilik olan bu cins içinde psikrotrof türler de vardır. Daha önce büyük bir grup olan *Micrococcus* cinsinden beş yeni cins ortaya çıkmıştır: *Dermaococcus*, *Kocuria*, *Kytococcus*, *Nesterenkonia* ve *Stomatococcus*. *Micrococcus luteus*'un G+C mol yüzdesinin %69-76 olduğu belirlenmiştir.

Eski isim

Micrococcus agilis

Micrococcus varians

Micrococcus roseus

Micrococcus kristinae

Yeni isim

Artrobacter agilis

Kocuria varians

Salinicoccus cinsine dahil edilmiştir

Kocuria kristinae

Moraxella: Gram (-) kısa çubuklardır. Glikozdan asit oluşturamazlar, oksidatif metabolizmaları vardır. Penisiline hassasiyetleri ve oksidaz (+) olmaları nedeniyle önceleri *Acinetobacter* olarak adlandırılmakta olan bazı suşlar *Moraxella* cinsi içine aktarılmıştır. Ancak bazı suşları tekrar buradan alınarak yeni ortaya konan *Psychrobacter* cinsine dahil edilmiştir.

Paenibacillus: Yeni ortaya konmuş bir cinsdir. Daha önce *Bacillus* ve *Clostridium* cinslerinde bulunan bazı suşları içine almakta olup ek olarak 11 adet yeni üyesi vardır. Bu türler: *Paenibacillus alvei*, *P. amylolyticus*, *P. azotofixans*, *P. circulans*, *P. durum*, *P. larvae*, *P. macerans*, *P. macquariensis*, *P. pubuli*, *P. pulvificiens*, *P. validus*'dur.

Pantoea: Gram (-), kapsül ve spor oluşturmayan, peritrik flagella ile hareket eden çubuk şekilli bakterilerdir. Bitkiler, toprak, su ve insan dışkısında yaygın olarak bulunurlar. Bazıları bitki patojenidirler. Eski taksonomide *Erwinia* ve *Enterobacter* içinde yer alan suşların bazıları bu cins içine aktarılmıştır. Buna göre; *Pantoea agglomerans*; *Enterobacter agglomerans*, *Erwinia herbicola* ve *Erwinia millitiae*'yi içermektedir. *Pantoea ananas* daha önce *Erwinia ananas* ve *Erwinia uredovora* ve *Pantoea stewartii* ise *E. stewartii* olarak biliniyordu. *P. dispersa* bu cinsin içinde yer alan yeni bir türdür.

Pediococcus: Gram (+), katalaz (-), mikroaerofilik, homofermentatif kok şeklinde bakterilerdir. Hücreleri iki boyutta bölünerek ikili ve dörtlü gruplar oluşturabilirler. Diğer laktik asit bakterileri gibi özellikle bitkilerde yaygındır, %5,5' luk tuz konsantrasyonunda rahatlıkla gelişirken, %10'luk tuz konsantrasyonunda zayıf gelişme gösterirler. Laktozu kolayca kullanamadıkları ve ihtiyaçları olan gelişme

faktörlerinin bulunmaması nedeniyle sütte iyi gelişemezler. *P. acidilactici* sosis ve sucuk üretiminde, *P. cerevisiae* soysos üretiminde kullanıldığı gibi şarap ve biralarda diasetil ürettiği için kötü kokuya, sünmeye ve sarsına hastalığına da neden olmaktadır. *P. pentosaceus* yeni bir türdür. Bu grup bakterileri gıda mikrobiyolojisi bakımından önemli yapan tuza dayanıklı olmaları, asit üretmeleri ve 7-45°C gibi geniş sıcaklık aralıklarında gelişebilmeleridir. Son kaynaklarda *Tetragenecoccus halophilus* olarak adlandırılan *P. halophilus* yüksek tuz içeren ürünlerde serbest amino asitleri dekarboksile ederek gıda bozulmalarına yol açmaktadır.

Propionibacterium: Bu cins içinde yer alan organizmalar genellikle pleomorfik olup Gram (+), hareketsiz, anaerobik ancak oksijene tolerans gösterebilen, katalaz (+), spor oluşturmeyen çubuklardan oluşur. Çubuklar davul tokmağı şeklinde olabildiği gibi ince uzun veya dallanmış olabilir. %6,5 tuz içeren ortamlarda gelişebilirler. *Propionibacterium*'lar daha ziyade insanlarda bulunmakla birlikte insan ve hayvan bağırsak sistemlerinde görülürler. Bu gruptaki bakteriler fermentasyonları sırasında ana ürün olarak propiyonik asit ve asetik asit üretmekte olup az miktarda da diğer organik asitleri oluştururlar. *P. freudenreichii* subsp. *shermanii* İsviçre peyniri üretiminde kullanılmaktadır. Propiyonik asit ve karbondioksit ürettiği için peynirin karakteristik kokusu ve gözeneklerinden bu bakteri sorumludur. Ayrıca önemli miktarda B12 vitamini ve propiyonik asit oluşturduğu için ticari amaçlı üretimlerde de kullanılabilir.

Proteus: Gram (-), fakültatif anaerob, hareketli, pleomorfik ve kısa çubuk şeklinde bakterilerdir. *Proteus* türleri toprak, su, çürümekte olan maddelerin üzerinde ve insan ve hayvan bağırsak sistemlerinde bulunur. Bu bakteriler yüksek proteolitik aktiviteye sahiptir ve buzdolabı sıcaklığının üzerinde saklanan et, deniz ürünleri ve yumurta gibi proteinli gıdaların bozulmasına neden olurlar. *Proteus vulgaris* ve *Proteus mirabilis* et ürünlerinde ürediklerinde bu ürünlerin tüketilmesi sonucunda bağırsak bozulmalarına neden olabilir. Laktozu fermente edememeleri ve hareketli olmaları nedeniyle *Salmonella* türlerine benzerlik gösterirler. *Proteus* 'u *Salmonella* 'dan ayıran en belirgin özellik üreyi hızlı bir şekilde hidroliz etmeleridir.

Pseudomonas: Son derece önemli olan bu cinsin türlerinin bazıları oksidaz pozitif, bazıları oksidaz negatiftir. Türlerin tamamı katalaz (+), Gram (-), aerobik, polar flagellası ile hareket edebilen çubuk şekilli bakterilerdir. Bazı türleri insan, hayvan ve bitki patojenidir. *Pseudomonas* 'ları gıdalar için önemli kılan pek çok özelliğe sahiptirler. Bazı türleri proteolitik ve lipolitik aktivite göstermektedir. Aerobik olmaları nedeniyle gıdaların yüzeyinde hızla gelişebilmeleri sonucu okside ürünler ve mukoz madde oluştururlar. Kendi gelişmeleri için gerekli gelişme faktörleri ve vitaminleri sentezleme yeteneğindedirler. Psikrofil, mezofil veya psikrotrof türleri vardır. Özellikle soğukta saklanan et, tavuk eti, yumurta ve deniz ürünlerinin birinci derecede bozulma etmenidirler. Bazı gıda maddeleri üzerinde *Pseudomonas fluorescens* yeşilimsi, *P. nigrificans* siyah, diğer türleri ise kahverengi pigment oluştururlar. Isı ve radyasyonla kolayca öldürülürler, oksijen olmadığı zaman ve 42°C' nin üzerinde üreyemezler ve kurumaya dirençleri zayıftır. *Pseudomonas*

aureginosa saprofit bir tür olmakla birlikte gastroenterik hastalıklara neden olabilir.

***Psychrobacter*:** Gram (-), aerobik, hareketsiz, katalaz (+), oksidaz (+) çubuk şeklinde bakterilerdir. Daha önce *Moraxella* ve *Acinetobacter* cinsleri içinde yer alan bazı suşlar buraya aktarılmıştır. Glikozu fermente edemezler, %6,5 NaCl varlığında ve 10°C'de gelişme eğilimindedirler. Ancak genellikle 35-37°C'de gelişemezler. Tween 80'i hidroliz ederler ve bu cinsde yer alan çoğu suş lesitinaz (+) özellik gösterir. Penisiline hassasiyet gösterirler, *Acinetobacter*ler g - aminovaleratı kullanamazken bu cinsin üyeleri kullanırlar. Oksidaz (+) olmaları ve g - aminovalerate'i kullanabilme özellikleri ile *Acinetobacter*'lerden ayrılırlar. *Moraxellae* cinsine çok benzerlik gösterirler. Bu nedenle daha önce *Achromabacter* ve *Moraxellae* cinsinde yer alan bazı suşlar bu grup içindedir. Et, kanatlı etleri, balık ve suda yaygın olarak bulunurlar.

***Serratia*:** *Enterobacteriaceae* familyasına dahildir. Gram (-), aerobik, proteolitik, bazı gıdalarda ve agar yüzeyinde genellikle kırmızı pigment oluştururlar. *Serratia liquefaciens* ve *Serratia marcescens* en önemli türlerindendir. *Serratia marcescens* ette ve sütte gelişerek kırmızı pigment oluşturur.

***Shewanella*:** Bu cins içinde *Pseudomonas putrefaciens* olarak bilinen önce *Alteromonas putrefaciens* şeklinde ifade edilen yeni taksonomide ise *Shewanella putrefaciens* olarak adlandırılan bakteri yer almaktadır. Gram (-), pigmentsiz ve polar flagella ile hareket eden düz veya kıvrımlı çubuk şeklinde bakterilerdir. Bu suşlar oksidaz (+) özellik gösterirler. Bu cins içinde yer alan diğer üç tür *S. hanedai*, *S. benthica* ve *S. colwenilliana* su ve deniz kaynaklıdır. *S. benthica* 'nın gelişmesi hidrostatik basınç altında artar.

***Streptococcus*:** Gram (+), katalaz negatif, fakültatif anaerobik, bazı türleri mikroaerofilik, kok şeklinde genellikle hareketsiz olan bu bakteriler kültür ortamında küçük ve renksiz koloniler oluştururlar. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (1994)'e göre yeni sınıflandırmada piyogenik hemolitik, oral streptokoklar, laktik streptokoklar (*Lactococcus* içinde) ve diğer streptokoklar olarak adlandırılmaktadır. Piyogenik grupta yer alan streptokoklar kanlı agarda b - hemoliz yaparlar, insan ve hayvana patojendir. İnsanlarda kızıl, boğaz ağrısı ve deri hastalıklarına neden olur. Oral *Streptococcus* türleri genel olarak ağız ve üst solunum yollarında bulunur. Bu grupta yer alanlar a-hemolitik viridans olarak bilinen gruba dahil türlerdir. Diğer *Streptococcus* 'lar grubunda yer alan ve gıdalarda önem taşıyan tür *Streptococcus thermophilus* 'dur. Daha önce viridans grupta yer alan *Streptococcus thermophilus* türünde Lancefield grup spesifik antijeni tanımlanmamıştır. Termudurik bir bakteridir. Laktozdan laktik asit üretir ve 37-45°C'de iyi gelişir. *S. bovis* ve *S. equinus* türleri de bu grupta yer almaktadır. *S. bovis* sığırların salyasından sütlere bulaşır ve *S. thermophilus* gibi termudurik olduğu için pastörize sütte hayatıyetini devam ettirir. 10°C altında üreyemezler ancak 45°C'de gelişebilirler.

Vagococcus: *N* grup laktokoklardan oluşan yeni bir cinstir. Peritrik flagella ile hareket ederler, gram (+), katalaz (-) olup 10°C'de gelişirler ancak 45°C'de gelişemezler. %4 NaCl ortamında gelişebilirler, %6,5'da ise gelişemezler. pH 9,6 da gelişme görülmez. En azından bir türü H₂S üretir. Balık, su, bazı gıdalar ve dışkıda bulunur.

Weisella: 1993 yılında Yunan fermente sucuğundan izole edilen bakterinin *Leuconostoc* 'lara benzer olduğu ancak yapılan genetik çalışmalar sonucunda farklı bir yapıya sahip olduğu anlaşılmış ve bazı *Lactobacillus* türlerini de içeren *Weisella* adlı yeni bir grup oluşturulmuştur. Bu cinse ait bakteriler Gram (+), hareketsiz, spor oluşturmayan, katalaz (-), fermentatif, kısa çubuk veya kokoid şekilli hareketsiz bakterilerdir. Heterofermentatif ve asiduriktirler. Bazı suşları arjinini hidrolize eder. *Weisella paramesenteroides* ve *Weisella hellenica* glikozdan D-laktik asit, diğer türler ise DL-laktik asit üretirler. 15°C' de gelişebilir ancak 45°C' de gelişemezler.

Eski isim

Lactobacillus viridescens

Lactobacillus minor

Lactobacillus kandleri

Lactobacillus halotolerans

Leuconostoc paramesenteroides

Lactobacillus confusus

Yeni isim

Weisella viridescens

Weisella minor

Weisella kandleri

Weisella halotolerans

Weisella paramesenteroides

Weisella confusus

Weisella hellenica (sucuktan izole edilen yeni izolat)

Küfler

Bakteri ve birçok mayanın aksine küfler karmaşık yığınlar halinde gelişirler. Çok süratli bir yayılma özelliği gösterirler. 2-3 günde 5 ile 10 cm²' lik alanı kaplayabilirler. Oluşan flament yığımına misel adı verilmektedir ve miseller hiflerden oluşmaktadır.

Eşeysiz çoğalmada sporlar Sporangiofor denilen keseler içinde veya açıkta oluşur. Açıkta meydana gelen sporlara konidi denmektedir. Miselin herhangi bir hücresinin çevresinde kalın çeperler oluşması sonucu meydana gelen yapıya klamidosporlar denir.

- Bu yapıların hepsi çevre şartlarına çok daha dayanıklıdır. Miseller bölmesiz olduğu gibi, septalı (bölmeli) da olabilirler.
- Septalı misellerin küçük parçalara ayrılması sonucunda ise Artrospor veya Oidiumlar meydana gelir. Küflerin oluşturduğu eşeysiz sporlar onlara karakteristik renklerini verir.
- Küfler eşeysiz sporları yanında askospor, oospor ve zigospor gibi eşeyli sporlar da oluştururlar.
- 1980' li yıllara kadar gıda kaynaklı küflerin sistematğinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Sadece bazı bilinen cins ve türlerin üremeleri ile ilgili durumları daha detaylı olarak belirlenmiştir.
- Bu kısımda gıda mikrobiyolojisi için önemli olan küf cinsleri anlatılacaktır.

Alternaria: Bu küfler septalı misel oluştururlar. Konidiler ve konidioforları koyu renklidir. Konidilerde enine ve boyuna septalar bulunur. Bitkisel ürünlerin çoğunda bozulmalara neden olurlar. *A. solani* patateslerde sert çürüme yapar. *A. teneus* meyvelerde mavi küf çürümesine neden olur. *A. radicina* havuç ve kerevizde, *A. brassicae* ise marul ve kıvırcıkta siyah benekler oluştururlar. *A. citri* özellikle greylift ve portakal gibi sitrus meyvelerinde yumuşak çürümeye neden olur. *A. tenuissima* bir tarla küfidir ve buğdayda gelişebilir. İlave olarak kırmızı etten de izole edilmiştir. *A. citri*, *A. tenuissima* ve *A. alternata* bir mikotoksin olan tenuazonik asidi oluştururlar.

Aspergillus: Misellerinden dik olarak yükselen konidioforların uçları küre veya oval şeklinde şişkindir. Konidiler tek hücreli, yuvarlak ve değişik renklidir. Pek çok gıda üzerinde sarı, yeşil, turuncu veya siyah koloniler oluştururlar. Miselleri septalıdır. Bu cinsin bazı türleri kanserojen özellikte aflatoksin üretirlerken, bazıları endüstride proteaz enzimi ve sitrik asit üretiminde kullanılarak gıda endüstrisine hizmet vermektedir. Hububat ve ürünleri, meyve, sebze, et ve diğer pek çok gıda üzerinde yaygın olarak bulunurlar. *A. flavus* ve *A. parasiticus* aflatoksin oluşturmaktadırlar. *A. oryzae* pirinçten sake içkisinin yapılmasında ve a -amilaz üretiminde kullanılır. Bu küfden aynı zamanda soysos imalinde ve koji fermentasyonunda starter olarak yararlanılmaktadır. *A. niger* meyvelerde siyah küf çürümesine ve ekmeklerde sarı pigment oluşumuna neden olmakta aynı zamanda endüstride sitrik asit, lipaz, invertaz, glukoamilaz, b -galaktozidaz enzimlerinin üretiminde kullanılmaktadır. *A. glaucus* ve *A. restrictus* depo funguslarıdır ve fasulye ve soya gibi ürünlerde sorun oluşturur. *A. candidus* ve *A. chevalieri* türleri

A. parasiticus'un aflatoksin üretimine engel olurlar. *A. ochraceus*, *A. alliaceus*, *A. ostiarius* ve *A. mellus*; *Penicillium viridicatum*, *P. cyclopium*, *P. variable* ile beraber okratoksin üretirler. *A. versicolor*, *A. nidulans* ve *A. rugulosus* ise sterigmatoksin adlı toksini oluştururlar. *A. fumigatus* nişastalı organik bileşiklerden insan veya hayvanlar için kullanılabilecek mikrobiyel protein üretiminde kullanılır.

Botrytis: Bu organizma uzun, ince ve çoğu kez renkli konidioflar oluşturur. Miselleri, septalı olup konidiler en uçtaki hücre üzerinde meydana gelir. Konidileri tek hücreli olup, gri renklidirler. Birçok bitki ve bitkisel gıda üzerinde gri küflenmeye yol açarlar. Meyve ve sebzelerin pazarlanması sırasında büyük sorun oluştururlar. *B. cinerea* bağlarda görülen küllenme hastalığını yapar. Turunçgiller, çilek, armut, elma, üzüm gibi pek çok sebze ve meyvelerde de gri küf çürümmesine neden olurlar. *B. allii* soğanların boyunlarında gri çürüme yaparak boğazdan itibaren dokuyu yumuşatır.

Byssochylamys: *Ascomycetlere* dahil olan bu cins ask içinde 8 tane askospor oluşturur. Diğer ascomycetlerden farklı olarak askın etrafını çevreleyen askokarp veya duvar bulunmaz. Askosporları ısıya dayanıklı olduğu için özellikle yüksek asitli gıdaların bozulmalarında önemli rol oynar ve düşük Eh değerlerine dayanıklıdır. Toprakta ve olgunlaşmakta olan meyvelerde bulunurlar. En önemli türleri olan *Byssochylamys fulva* ve *B. nivea* ısıl işlem görmüş asidik gıdaların, özellikle konserve meyve ve meyve sularının bozulma etmenidirler. Bozulmanın yanı sıra bu iki tür patulin toksini üreticisidirler. Bazı türlerinden ise pektinaz enzimi üretiminde yararlanılır.

Cladosporium: Miselleri septalıdır. Kültürde kadifemsi, zeytin renginden siyaha değişen pigment oluştururlar. Bazılarının konidileri limon şeklindedir. *Cladosporium herbarum* sığır eti ve dondurulmuş kuyruk yağında siyah benek oluşturur. Bazı türleri tereyağı ve margarinde bozulma yapar, bazıları ise meyvelerde siyah kök çürümmesine neden olur. Bu cins bir tarla küfüdür ve buğday, arpa gibi hububatlarda sıklıkla rastlanır. *C. herbarum* ve *C. cladosporioides* meyve ve sebzelerde yaygın bulunan türleridir.

Fusarium: Bu küfler çok miktarda pamuk görünümünde ve pembe eflatun veya sarı renkli miseller oluştururlar. Konidiler tek veya zincir şeklinde oluşur. Pek çok sebze ve meyvenin bozulmasına neden olan bu küfler muzlarda görülen boyun çürümmesine de neden olurlar. *F. culmorum* tereyağında koyu pembe lekeler oluşturur, kuşkonmazda ise başlangıçta beyaz duman renkli miseller meydana getirir, doku daha sonra ıslak bir görünüm alarak yumuşar ve çürür. *F. oxysporum* aynı *F. culmorum* gibi etki yapar ancak pembe miseller yerine kahverengi miseller oluşturur. *F. oxysporum* ve *F. sambucinum* sambutoksin, *F. moniliforme* (*Gibberalla fujikuroi*), *F. proliferatum* ve *F. hygami* fumonisin, *F. graminearum* (*F. roseum*; *Gibberalla zeae*) zearalenon toksinini oluşturur. *F. moniliforme* incirlerde yumuşak çürüme veya endosepsis denilen hastalığa neden olur. Burada küf, incir yüzeyinde pembe lekeler ve dışa açık olan delik kısmından da şiddetli koku yayılmasına neden olur.

Geotricum: Daha önceleri *Oidium lactis* ve *Oospora lactis* olarak bilinen bu küf içinde maya benzeri organizmalar da vardır. Değişik renkte fakat genellikle beyaz koloniler oluştururlar. Miselleri septalı olup çoğalmaları misellerinin artrospora parçalanmasıyla meydana gelir. Bu organizmalara çeşitli peynirlere aroma kazandırmaları nedeniyle, bazen süt küfü adı verildiği gibi, gıda endüstrisinde, gıdalarla temas eden alet ve ekipmanın üzerinde geliştiği için makina küfü de denmektedir. Bu durum özellikle domates işleyen işletmelerde görülür. *Geotricum albidum* özellikle turuncgillerde, şeftali ve süt kremasında ekşimeye neden olur. Et ve sebzelerde de yaygın olarak bulunur. *G. candidum* ekmek mayasına bulaştığında bu mayayla imal edilen ekmeklerde küf kokusuna neden olur. Bazı türleri Uzak doğuda tüketilen Gari adlı ürünün fermentasyonunda starter kültür olarak kullanılır.

Monilia: Miseller beyaz veya gri renkli olup dallanmış konidioforları taşırlar. Konidiler pembe veya ten rengi kütleler oluşturur. Miselyumları septalı olup, gelişmelerinin ileri aşamasında bölmeleri oluştururlar. Bu cins değişik isimler altında tanımlanmış ve eşeyli formları *Neuspora*, *Monilina* ve *Sclerotinia* cinslerine dahil edilmiştir. *Neurospora* olarak da bilinen bu küflerden *M. sitophila* (kırmızı ekmek küfü) ekmeklerde pembe kırmızı koloniler meydana getirir, şeker kamışı ve pancarı posasında da üreyerek pembe renkli koloniler oluşturur. Ayrıca makarnaların kağıt üzerinde kurutulmaları sırasında kağıt ile birleşme noktasında pembe hatlar meydana getirir. *Monilina* türleri sert çekirdekli meyvelerde kahverengi çürümeye neden olur. *Monilia fructicola* meyve ağaçlarında kangren, meyvelerde çürüme ve *Sclerotinia fructigena*, *S. cinerea* ise sebzelerde benek şeklinde bozulmalara yol açar. *M. nigra* sert peynirler üzerinde gelişerek kenar bölgelerde siyah benekler meydana getirir.

Mucor: Septasız misel oluştururlar. Sporları sporangium adı verilen kese içinde oluşur. Gıdalarda yaygın olarak bulunan bu küflerden *Mucor miehei* ve *M. pusillus*, *Endothia parasitica* ile birlikte peynir mayası olarak da bilinen mikrobiyel rennet (rennin) enzimi üretiminde kullanılır. *M. rasemosus*, *M. mucedo* ve *M. lusitanicus* etlerde püsküllenme hastalığına neden olurlar. Etin donma sıcaklığına yakın bir sıcaklık derecesinde saklanması sırasında bu küfler sporulasyon yapmadan beyaz renkli, tüylü yapıda miseller oluşturarak etin püsküllü bir görünüm almasına neden olurlar. *M. pyriformis* endüstride sitrik asit üretiminde; *M. rouxii* amilaz ve *M. miehei* ise mikrobiyel lipaz enzimi üretiminde kullanılır.

Penicillium: Oluşturdukları miseller septalıdır. Konidiforları bazen tek, bazen de dallanmış haldedir. Uç taraflarında fırça görünümünde konidi taşıyıcıları yer alır. Konidileri yuvarlak olup, maviden mavi-yeşile kadar değişen tonlarda koloni oluştururlar ve bunları hemen hemen her türlü gıda maddesi üzerinde görmek mümkündür. Bazı türler peynir yapımında önem taşıırken, bazıları da antibiyotik üretiminde kullanılmaktadırlar. Toprak, hava, toz, unlu gıdalar, meyveler üzerinde yaygın olarak bulunurlar. Bunlardan *Penicillium expansum* meyvelerde yumuşak çürüme, *Penicillium digitatum* ve *Penicillium expansum* ise turuncgillerde yumuşak çürümeye neden olmaktadır. *P. camemberti* ve *P. roqueforti* peynir

üretiminde kullanılır. *P. puberulum*, *P. cyclopium*; *A. ochraceus* ile penisilik asit, *P.citrinum*, *P. viridicatum* citrinin, *P. patulum*, *P. expansum*, *P. claviforme*; *A. clavatus*, *A. teneus* ve bazı *Aspergillus* suşları, *Byssoschlamys nivea* ve *B. fulva* ile birlikte patulin (clavisin, expansin) toksini üretirler. *P. viridicatum*, *P. cyclopium*, *P. variable* ve bazı *Penicillium* türleri ise okratoksin üreticisidirler. *Penicillium nalgiovensis* ve *P. camemberti*'nin kuru sosislere starter olarak ilave edilmesinin mikotoksin üreten suşların gelişimini inhibe ettiği belirtilmektedir.

Rhizopus: Bu küflerin septasız misellerinde tipik olarak stolon ve rizoidler bulunur. Sporangioforlar stolonların birleşme yerlerinden çıkar. Sporları genellikle siyah renkli olup sporangium içinde oluşur. Tabiatıta çok yaygın olan bu küfler her türlü gıda maddesinden izole edilebilirler. Bazıları endüstride nişastadan alkol elde edilmesinde kullanılır. *Rhizopus stolonifer* gıdalarda en yaygın bulunan türüdür ve ekmek küfü olarak bilinmektedir. Çeşitli sebzeler ile elma, armut, üzüm, incir ve sert çekirdekli meyvelerde yumuşak çürümeye neden olur. Buzdolabı sıcaklığında saklanan bazı et ürünlerinde ve kuyruk yağında siyah benekler oluşturur. *R. oligosporus* oncom, bonkrek ve tempeh gibi fermente ürünlerin üretiminde starter kültür olarak kullanılır.

Thamnidium: Septasız misel oluştururlar ve büyük sporangiumları sporangioforların uç kısımlarında, küçük sporangiofilleri ise tabana yakın yan kısımlarda oluşur. Soğukta saklanan etlerde püsküllenme hastalığına neden olur. Çürümekte olan gıdalarda yaygındır. Bilinen tek türü *T. elegans* etlerde püsküllenme hastalığına neden olur.

Trichothecium: Septalı miselleri vardır. *Trichothecium roseum* pembe renkli pigment oluşturur ve meyvelerde pembe renkli kök çürümelerine neden olan tek türdür. Buğday, mısır ve arpa gibi hububatlarında yaygın olarak bulunur. Bazı türleri ise trikotesen (Trichothecenes; deoxynivalenol) mikotoksinlerini üretirler.

Mayalar

Mayalar, her ne kadar misel oluşturabiliyorlarsa da küflerden tek hücreli oluşları, bakterilerden ise hücrelerinin daha büyük olması ve oval, uzun, eliptik veya yuvarlak hücre şekilleri ile bölünme esnasındaki tomurcuklanmaları sayesinde ayrılırlar. Tipik bir maya hücresinin büyüklüğü 5-8 mm çapında olup bazıları daha da büyüktür. Genellikle yaşlı hücreleri genç ve gelişmekte olan hücrelere oranla daha küçük olma eğilimindedir. Geniş pH, şeker ve alkol konsantrasyonu sınırları arasında gelişebilirler. Şöyle ki, bazıları 1,5 gibi oldukça düşük pH'larda veya % 18 gibi yüksek alkol konsantrasyonlarında ve %55-60 gibi yüksek şeker konsantrasyonlarında gelişebilirler. Krem renginden pembe kırmızıya kadar değişen renkte pigment oluşturabilirler. Asko ve artrosporları ısıya oldukça dayanıklıdır. Geçen 10-15 yıl içinde geliştirilen yeni teknikler (5S RNA, DNA baz kompozisyonu ve koenzim Q profillerinin belirlenmesi gibi) sayesinde maya taksonomisinde pek çok değişiklik yapılmıştır. 1984 yılında yayınlanan, Kregen-van Rij tarafından düzenlenen maya sistematigi pek çok çalışma ürünü sonucunda geliştirilmiştir. Buna göre daha önce *Torulopsis* cinsi olarak bilinen grup *Candida* cinsine, bazı *Saccharomyces* türleri ise *Torulaspora* ve *Zygosaccharomyces* cinsi içine aktarılmıştır. Gıda kaynaklı 14 adet mayanın yeni taksonomisi aşağıda verilmiştir:

Bölüm: Ascomycotina ; Familya: Saccharomycetaceae (Askospor ve artrospor oluştururlar, vejetatif üreme füzyon veya tomurcuklanma ile olur) ; Alt familya: *Nadsonioideae* ; Cins: *Hanseniaspora*. Alt familya: *Saccharomycotoideae* ; Cinsler: *Debaryomyces*, *Issatchenkia*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Saccharomyces*, *Torulaspora*, *Zygosaccharomyces*. Alt Familya: *Schizosaccharomycetoideae*, Cins: *Schizosaccharomyces*

Bölüm: Deuteromycotina; Familya: Cryptococcaceae (Fungi imperfekti, eşeysiz üreme tomurcuklanma ile olur); Cinsler: *Brettanomyces*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Rhodotorula*, *Trichosporon*.

Brettanomyces: Tomurcuklanma ile çoğalırlar, aerobik şartlarda glikozdan asetik asit oluştururlar. Ovoid şeklinde hücreleri vardır, şekerleri oksidatif ve fermentatif olarak kullanma yeteneğindedirler. *B. intermedius* en iyi bilinen türüdür ve 1,8 gibi düşük pH'da gelişebilir. Bira, şarap, alkolsüz içkiler ve turşularda bozulmaya neden olurlar. Ayrıca bira ve bazı şarapların yapımında 2. fermentasyonda önemlidirler.

Candida: 1923 yılında ilk kez tanımlanan bu cins yağ asitleri kompozisyonu itibarıyla elektroforetik karyotipine göre 3 esas grup altında toplanmıştır. Hücreleri karotenoid pigment içermez ve isminin anlamı "parlayan beyaz"dır. Daha önceleri *Torulopsis* olarak adlandırılan *Ascomycetes* imperfekti türleri aşağıdaki gibi düzenlenmiştir. Anaformik özellik gösteren *Candida* türleri ise *Kluyveromyces* ve *Pichia* cinsi içine aktarılmıştır. *Saccharomycopsis lipolytica* ise *Candida lipolytica* olarak yeniden adlandırılmıştır. Bu cinsin bazı üyeleri kefir, kakao, bira, ale ve meyve sularının fermentasyonunda rol oynarlar. Bu cinsin bazı üyeleri taze kıyma,

kanatlı etleri gibi ürünlerde yaygın olarak bulunurlar. *C. tropicalis* genel olarak en sık rastlanan türdür.

<u>Yeni isim</u>	<u>Eski isim</u>
<i>Candida famata</i>	(<i>Torulopsis candida</i> , <i>T. famata</i>)
<i>Candida kefyr</i>	(<i>Candida pseudotropicalis</i> , <i>T. kefyr</i> , <i>T. Cremoris</i>)
<i>Candida stellata</i>	(<i>Torulopsis stellata</i>)
<i>Candida holmii</i>	(<i>Torulopsis holmii</i>)

***Cryptococcus*:** Bu cins üyeleri çok yönlü tomurcuklanma ile çoğalır. Şekerleri fermente edemezler. Miselleri kırmızı veya turuncu renklidir. Artrospor oluşturabilirler. Bitki ve toprak ile çilek ve benzeri meyvelerde, deniz balıklarında, karides ve taze sığır kıymasında bulunurlar.

***Debaryomyces*:** Askospor oluşturan bu mayalar çok yönlü tomurcuklanma ile çoğalırlar, bazen yalancı misel oluştururlar. Süt ve süt ürünlerinde en yaygın bulunan iki maya cinsinden biridir. *D.subglobosus* ve *Torulaspora hansenii* olarak bilinen türler *D. hansenii* olarak adlandırılmıştır. *D. hansenii* gıda kaynaklı en önemli mayalardandır. % 24 NaCl' de ve 0,65 gibi düşük su aktivitesinde gelişebilmektedir. Şarapların yüzeyinde zar oluşturarak gelişir. Salamura ve peynirlerin yüzeyinde kolayca gelişebilir, özellikle portakal suyu konsantratlarında ve yoğurtta bozulmalara neden olur.

***Hanseniaspora*:** Bunlara apiculatus mayaları da denir ve *Kloeckera* türlerini içermektedir. Çoğalmaları bipolar tomurcuklanma ile gerçekleşir. Limon şekilli hücreler oluştururlar. Ask içinde 2-3 adet şapka şeklinde sporları vardır. Şekerleri fermente edebilirler. Özellikle incir, üzüm, domates, çilek ve turuncgil gibi pek çok gıdada ve kakao fermentasyonu esnasında yaygın olarak bulunurlar.

***Issatchenkia*:** Bu cinsin üyeleri çok yönlü tomurcuklanmayla çoğalırlar ve yalancı misel oluşturabilirler. *Pichia* cinsi içinde yer alan bazı türler bu cins içine aktarılmıştır. *Candida krusei* ise *Issatchenkia orientalis* olarak değiştirilmiştir. Gıdalarda yaygın olarak bulunurlar ve Koenzim Q-7 içermektedirler.

***Kluyveromyces*:** Askospor oluşturan maya cinsidir, yalancı misel oluşturabilirler. *Kluyveromyces marxianus* önceden *K. fragilis*, *K. lactis*, *K. bulgaricus*, *Saccharomyces lactis* ve *Saccharomyces fragilis* olarak bilinen türleri içermektedir. Süt ürünlerinde bulunan önemli iki mayadan biridir. *Kluyveromyces* türleri b - galaktozidaz enzimi üretme yeteneğindedir ve şekerleri fermente ederler. *K. marxianus* var. *lactis* laktozu fermente ederek kefir ile kıyma yapımında ve peynir altı suyundan laktaz enzimi üretiminde starter olarak kullanılır. Ancak *K. marxianus*'un peynir gibi bazı süt ürünlerinin bozulmasına neden olduğu da unutulmamalıdır.

***Pichia*:** Oval, silindirik hücreleri vardır, bu cinsin türleri yalancı misel ve artrospor oluşturabilirler. Çoğalmaları çok yönlü tomurcuklanma ile olur. Şapka formunda

spor meydana getirirler. Bunlardan bazıları *Williopsis* türleridir ve yeni taksonomide *Debaryomyces* cinsi içine aktarılmışlardır. *Candida guilliermondii*; *Pichia guilliermondii*, *Candida valida* ise *Pichia membranaefaciens* olarak bu grupta yer almaktadırlar. Oksidatif mayalardır. Sıvı ortamlarda yüzeyde zar tabakası oluşturur ve zeytin salamuralarında kolayca gelişirler. Turşu, sauerkraut (susuz lahana turşusu) gibi asidik gıdalarda bozulmalara neden olurlar. Bazı türleri taze balık ve karidesten izole edilmiştir. Dünyanın çeşitli bölgelerinde üretilen geleneksel pek çok ürünün üretiminde kullanılan önemli bir maya cinsidir.

***Saccharomyces*:** *Askospor* yapan bu mayalar oval, yuvarlak ve uzun hücreler oluştururlar. Çoğalmaları çok yönlü tomurcuklanma ve içinde 1 ile 4 adet spor bulunan asklarla olur. Bu cins endüstride büyük önem taşıyan mayaları içine alır. Tabiatla başta üzüm olmak üzere meyve ve sebzeler üzerinde çok yaygındır. Şekerleri fermente ederek alkol ve CO₂ oluştururlar. *Saccharomyces cerevisiae* başta bira olmak üzere tütülenmiş kuru salam, şarap, şampanya, ekmek ve alkol üretiminde de kullanılmaktadır. *S. bispurus* ve *S. rouxii*; *Zygosaccharomyces* cinsi, *S. rosei* ise *Torulaspora* cinsi içine aktarılmışlardır. *S. cerevisiae* gıdalarda nadiren bozulmaya neden olur. *S. bailli* mayonez, salata sosları, alkolsüz içkiler, meyve suları ve şarapta bozulma yapar. Benzoat ve sorbat gibi kimyasal koruyuculara dirençlidir.

***Schizosaccharomyces*:** Bu cinsin üyeleri askospor oluşturmalarının yanı sıra bölünerek ve artrospor yaparak da çoğalırlar. Eşeyli çoğalmada oluşan ask içinde 4-8 adet askospor bulunur. Bu sporların şekilleri oval, yuvarlak veya böbrek biçiminde olabilir. Şekerli ürünleri bozulmasında rol oynarlar. En önemli türlerinden olan *Schizosaccharomyces pombe* yüksek oranda alkol üretme yeteneğindedir ve kimyasal koruyuculara karşı dirençlidir.

***Torulaspora*:** Çok yönlü tomurcuklanmayla çoğalırlar, ask içindeki sporları sferik şekillidir. Yeni taksonomide *Saccharomyces* cinsinin 3 türü bu cins içine aktarılmıştır. Şekerleri kuvvetli fermente ederler ve Koenzim Q-6 içerirler. *Torulaspora delbrueckii* gıdalarda en yaygın bulunan türüdür.

***Trichosporan*:** Oksidatif ve askospor oluşturmeyen maya cinsidir. Gerçek misel oluştururlar ve şekerleri ya zayıf ya da hiç fermente edemezler. Kakao ve Uzak doğuda üretilen Idli fermentasyonunda starter kültür olarak kullanılırlar. Taze karides, sığır kıyması, kanatlı etleri, dondurulmuş kuzu eti ve diğer pek çok gıdada bulunmaktadır. *Trichosporan pullulans* en önemli türüdür ve endüstride lipaz enzimi üretiminde kullanılır.

***Zygosaccharomyces*:** Ozmofilik bir maya cinsidir. Şekerleri kuvvetli fermente ederler. Bu nedenle reçel, marmelat, bal, melas ve şurup gibi şeker oranı yüksek gıdaların bozulmasına neden olurlar. *Zygosaccharomyces rouxii* en önemli türüdür ve *Xeromyces bispurus*'dan sonra düşük su aktivitesinde gelişebilen ikinci mikroorganizma olarak önemli bir maya türüdür (0,62 gibi çok düşük su aktivitesinde gelişebilmektedir). Özellikle pH=1,8 de gelişebilen *Z. bailii* başta olmak üzere bazı türleri mayonez ve salata soslarının bozulmasına neden olurken,

bazı türleri ise soysos ve miso gibi fermente soya ürünlerinin üretiminde starter kültür olarak kullanılmaktadır.

Viruslar

En küçük bakterilerin geçemeyeceği filtrelerden geçebilen, basit ışık mikroskobu ile görülemeyen zorunlu hücre içi parazitidir. Elektron mikroskobu ile görülebilir. Büyüklükleri 25-250 nm arasındadır.

Tam bir hücre organizasyonu göstermezler. Yapıları ortada bir genetik materyal (RNA veya DNA) ve bunu çevreleyen bir protein kılıfından oluşmuştur.

Virusların bazıları sadece insan, hayvan, bitki veya bakteri hücrelerini enfekte eder (Hepatit; insan karaciğeri), bazıları ise hem hayva hem de insanı enfekte edebilir (Kuduz virusu).

Gıdalarda gelişemezler, ancak gıdalar virusların taşınmasında vektör olarak görev yaparlar.

(Slayt Konu 4)

MİKROORGANİZMA GELİŞMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Gıdalarda mikrobiyal gelişmeyi etkileyen faktörler, gıdanın kendisiyle (iç faktörler) veya bulunduğu çevre (dış faktörler) ile ilgilidir.

■ İç faktörler:

1. Su aktivitesi (a_w)
2. Gıdanın bileşimi
3. pH
4. O/R potansiyeli
5. Antimikrobiyal bileşikler
6. Biyolojik yapılar

■ Dış faktörler:

1. Sıcaklık
2. Çevrenin nisbi nemi
3. Çevredeki gazlar ve konsantrasyonu

Su Aktivitesi

- Bütün canlılar gibi MÖler da hayati faaliyetler için suya ihtiyaç duyarlar. Saf suda MÖ gelişmesi mümkün değildir. Su;
 1. Gıda maddelerinin çözünmesinde,
 2. Gıda maddelerinin hücre içine alınmasında,
 3. Atıkların atılmasında,
 4. Hücre içinde hidroliz olaylarında gereklidir.
- MÖler susuz ortamda ancak canlılıklarını sürdürebilirler, fakat normal metabolik aktivitelerini gerçekleştiremez ve üreyemezler. Gıdaların kurutulması muhafazası MÖlerin bu özelliklerinden hareketle geliştirilmiştir.
- Gıdaların kurutulmasında temel prensip; gıdadaki suyun uzaklaştırılarak veya bağlanarak MÖnin gelişemeyeceği seviyeye indirilmesidir.
- Gıdalarda su, bağlı ve serbest formdadır. Bağlı su gıdadaki makromoleküllere fiziksel güçlerle tutunur. Bu su, çözücü olmayıp ve kimyasal reaksiyonlara iştirak edemez.
- Ortamdaki (gıdadaki) çözünen madde miktarı veya iyon konsantrasyonu arttıkça bağlı su miktarı da artar.
- Ortamdaki kuru madde miktarının artması hücrelerde osmoza (az yoğun ortamdan çok yoğun ortama geçiş) sebep olur.
- Hidrofilik kolloidler ortamdaki kullanılabilir suyun azalmasına sebep olurlar.
- Suyun kristalleşmesi (donma) ve hidrasyon gibi olaylar suyun kullanılmasını güçleştirir.
- MÖlerin su ihtiyacı geliştikleri ortamın su aktivitesi değeri üzerinden ifade edilir.
- Bu değer, gıdanın (ortamın) buhar basıncının (P) aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına (P_o) oranıdır.

$$a_w = P/P_o$$

- Buharlaşarak havaya karışan nem ise nisbi nem olarak ifade edilir.

Gıdaların su aktivitesi değerleri

Gıda	aw
Taze meyve, sebze, taze etler	> 0,98
Süt, Pek çok içecek, Puding, Taze peynirler	
Yumurta, Koyulaştırılmış Süt, Salça, Olgun peynir, Ekmek, Fermente sucuk (yaş), Meyve-sebze suyu	0,97-0,93
Fermente sucuk (kuru), Eski Çedar peyniri, Tatlandırılmış Koyulaştırılmış Süt, Jöle	0,92-0,85
Reçel-Marmelat, Un, Sert kabuklu meyveler, Bazı eski peynirler, Orta derece nemli gıdalar ve kurutulmuş meyve	0,84-0,60
Bal, Yumurta ve süt tozu, Bisküviler, karamel, Çukolata, Makarna, Cips	< 0,60

Su aktivitesinin MO üzerine etkisi

Mikrobiyal gelişme üzerine etkisi

Mikroorganizma	aw	Mikroorganizma	aw
Bozucu bakteriler	0,91	<i>E.coli</i>	0,97
Bozucu mayalar	0,88	<i>Cl.perfringens</i>	0,95
Bozucu küfler	0,80	<i>Salmonella</i> spp.	0,95
Halofil bakteri	0,75	<i>L.monocytogenes</i>	0,90
Kserofil küf	0,61	<i>S.aureus</i>	0,86
Osmofil maya	0,61	<i>Penicillium patulum</i>	0,81
		<i>Zygosac.rouxii</i>	0,62
		<i>Xeromyces bisporus</i>	0,61

Mikrobiyal özellikler ve aktivite üzerine etkisi

- Mikroorganizma gelişimine
- Sporulasyona
- Çimlenmeye
- Toksin üretmeye
- Sıcaklığa direnç (aw düşüncü direnç artar)
- Canlılığın sürdürülmesine

MOLarın düşük aw'ne direnç mekanizması

Su aktivitesinin düşmesinin MOLar üzerine genel etkisi lag fazının ve generasyon süresinin uzaması şeklinde olmaktadır. Buna karşılık MOLar düşük su

aktivitesinden korunmak için hücrede bazı maddeleri biriktirirler. Bu maddeler; prolin, γ -aminobutirat, K^+ iyonları, glutamat, alanin vs.

Çözünen maddelerin MOlara etkisi

- Suyu bağlayan bazı maddeler (NaCl) MO üzerine direkt etkilidir.
- aw değerinin diğer faktörlerden etkilenmesi
- Optimum sıcaklıkta MO düşük aw değerine daha iyi direnç gösterir.
- Aerobik MOlar oksijen varlığında daha düşük aw değerlerinde gelişebilirler.
- İnhibitör varlığında MOların gelişebildikleri aw aralığını daraltmaktadır.

Besin Maddeleri

En az besin maddesi ihtiyacı bakımından MOlar;

Küf > Maya > Gram (-) bakteri > Gram (+) bakteri

Şeklinde sıralanırlar.

- Genellikle aerob MOlar daha fazla lipolitikler, lipolitikler aynı zamanda proteolitikler.
- Genel olarak Gram (+) bakteriler sentezleme gücü az olan MOlardır. Gram (-) bakteri ve küfler besin ihtiyaçlarının çoğunu sentezleyebilirler.
- Üreme faktörleri: Bazı MOların gelişme için ihtiyaç duyduğu, ancak sentezleyemediği dolayısıyla dışarıdan hazır olarak alınması zorunlu olan maddelerdir.
- Gıdalar besin unsuru bakımından proteinli, karbonhidratlı ve yağlı gıdalar olarak sınıflandırılabilir.

pH

- Mikroorganizmaların üremeleri için, besiyerinin pH 'sının optimal sınırlar içinde bulunması gereklidir. Minimum ve maksimum pH limitlerine yaklaştıkça üreme azalır ve durur.
- Bakterilerin optimum pH limitleri oldukça değişiktir. Asit ortamı seven mikroorganizmalar (maya, küf, laktobasil, asetobakter, vs) yanı sıra, alkali besiyerlerinde üreyenler de (mikoplasma, toprak bakterileri, *V. cholera*, vs.) vardır.
- İnsan ve hayvanlarda hastalık oluşturanlar genellikle, konakçının sıvı ve dokularının pH derecesinde (pH 7,0-7,4) ürerler. Patojen mikroorganizmaların besi yerlerinde üreme pH limitleri, apatogenlerden daha dardır.
- Ortamın pH 'sının değişmesinde besiyerine katılan ve fermente olabilir karbonhidratların parçalanması sonucu oluşan organik asitlerin, azotlu veya proteinli maddelerin parçalanması sonucunda meydana gelen amonyak veya alkali maddelerin önemi fazladır.
- Ayrıca, hücrede oluşan ve dışarı çıkan diğer metabolizma artıkları da pH'nın değişmesini büyük ölçüde etkilerler. *E. aerogenes* glukozu parçalayarak asit yapar ve ortamın pH 'sı düşer. Glukoz kullanıldıktan sonra oluşan asit ürünler MO tarafından parçalanabilir. Bu durumda besi yerinin pH 'sı normaline doğru çıkış gösterir.

- Üremeyi olumsuz yönde etkileyen pH değişmesini önlemek için, besiyerine buffer'ler (tampon) katılır. Bu amaçla, genellikle, ayrı ayrı veya birlikte K_2HPO_4 veya KH_2PO_4 kullanılır. Bunlar hidrojen (H) ve hidroksil (OH) iyonlarının serbest kalmasının önüne geçer ve onlarla bileşikler oluşturur. Bu nedenle de, ortamın pH 'sı hemen asit veya alkali olmaz bir süre optimum limitler arasında kalır.
- Bir ortamın pH'sı, içinde bulunan hidrojen iyonların konsantrasyonu ile ölçülür.
- Saf suyun litresinde, + 22 °C' de 10^{-7} gram hidrojen iyonu (H⁺) ile yine aynı miktarda (10^{-7} gram hidroksil iyonu (OH⁻) bulunur. Her iki iyon aynı konsantrasyonda bulunması nedeniyle saf suyun reaksiyonu nötrdür ve pH 'sı 7,0 olarak kabul edilir.
- Bir sıvının pH 'sı 1 ile 14 arasında değişir. Eğer pH = 1-6 arası ise asit, pH = 7,0 nötr ve pH = 8 ile 14 arası ise alkalidir. Asitlik, pH 1'den 6 aya doğru azalır ve alkalilik ise pH 8'den 14'e doğru gittikçe artar. Diğer bir ifade ile bir sıvının pH' sı 7'den küçükse asit, büyükse alkalidir. Her pH birimi azaldıkça, hidrojen iyon konsantrasyon artar, buna karşılık, hidroksil iyon konsantrasyonu azalır.
- Bir sıvıdaki hidrojen (H⁺) ve hidroksil (OH⁻) iyon konsantrasyon çarpımları sabittir. (H⁺) x (OH⁻) = K = $10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$. Bir solusyonun pH 'sı sıfır ise, hidrojen iyon konsantrasyonu 10^0 veya 1 normaldir. Bu solusyon çok asittir. Kuvvetli asitler suda fazla dissosiyeye olurlar (HCl, H₂SO₄, vs). Buna karşılık asetik asit, sitrik asit zayıf asitlerdir ve suda az dissosiyeye olurlar.

Reaksiyon	Normalite	H iyonu g/litre	H iyonu konsantrasyonu logaritması	pH
Asit	N/1	1,0	-0	0,0
Asit	N/10	0,1	-1	1,0
Asit	N/100	0,01	-2	2,0
Asit	N/1000	0,001	-3	3,0
Asit	N/10.000	0,0001	-4	4,0
Asit	N/100.000	0,00001	-5	5,0
Asit	N/1.000.000	0,000001	-6	6,0
Nötr	Saf su	0,0000001	-7	7,0
Alkali	N/1.000.000	0,00000001	-8	8,0
Alkali	N/100.000	0,000000001	-9	9,0
Alkali	N/10.000	0,0000000001	-10	10,0
Alkali	N/1.000	0,000000000001	-11	11,0
Alkali	N/100	0,0000000000001	-12	12,0
Alkali	N/10	0,00000000000001	-13	13,0

Alkali	N/1	0,000000000000001	-14	14,0
--------	-----	-------------------	-----	------

Gıdaların pH'sı

Gıdalar pH değerlerine göre

- Yüksek asitli gıdalar (pH <3,7)
- Asit gıdalar (pH 3,7-4,6)
- Orta asitli gıdalar (4,6-5,3)
- Düşük asitli gıdalar (>5,3)

<u>Ürün</u>	<u>pH</u>	<u>Ürün</u>	<u>pH</u>
Elma	2,9-3,3	Süt	6,3-6,8
İncir	4,6	Peynir	4,9-6,1
Kavun	6,3-6,7	Dana kıyma	5,1-6,2
Portakal	2,8-4,0	Tavuk	5,5-6,4
Lahana	5,4-6,0	Sucuk	4,9-5,6
Havuç	4,9-6,0	Balık	6,6-6,8
Kereviz	5,7-6,0	Yumurta akı	7,6-9,5
Domates	3,7-4,9	Ekmek	5,0-6,0

pH'nın MO üzerine etkisi

- Genel olarak bakterilerin geliştiği pH aralığı küf ve mayalara göre daha dardır.
- Genelleme yapılırsa bakteriler nötr ortamda, maya ve küfler ise hafif asidik ortamlarda gelişirler.
- pH bakımından en seçici mikroorganizmalar, patojen bakterilerdir
- Küfler daha düşük pH severler
- Mayalar bakterilere göre daha toleranslı
- Moların geliştirdikleri pH aralıkları türe, hatta suşa göre bile değişir.
- Sıcaklık MO gelişme pH'sını etkiler.
- O/R potansiyeli de MO gelişme pH'sını etkiler.
- Molar hücre içi pH'sını düzenleyecek bir mekanizmaya sahip değildir. Hücre içi pH'sı değişince DNA, RNA ve bazı enzimler olumsuz etkilenir. Transport enzimlerinin etkilenmesi, hücre içine besin, hücre dışına atık madde taşınması işini aksatır.
- Genç hücreler yaşlılara göre pH değişimlerine karşı daha hassastırlar.
- pH sadece gelişmeyi değil, canlılığı sürdürmeyi de etkiler.
- Molar optimumdan uzak pH'larda geliştirilirse lag fazları uzamaktadır.

Moların ortam pH'sına etkisi

- Molar pH'dan etkilendikleri gibi, ortam pH'sını da etkilemektedirler.
- Laktik asit bakterileri ürettikleri laktik asit ile ortamın pH'sını düşürürlerken,
- *Pseudomonas* gibi proteolitik bakteriler ürettikleri amonyak gibi bazik maddelerle ortamın pH'sını yükseltmektedir.

Oksidasyon/Redüksiyon Potansiyeli

- Oksidasyon-redüksiyon (O-R) elektriksel bir olaydır ve elektron transferi üzerine dayanır. Oksidasyon (elektron kaybı) ve redüksiyon (elektron kazanma) olayları genellikle birlikte cereyan ederler.
- Bir madde okside olurken (yükseltgenirken) diğeri redükte olur (indirgenir). Elektron alıcısı okside eden, elektron vericisi de redükte eden ajandır.
- Elektronun bir maddeden diğesine geçişi iki madde (reaktant) arasında potansiyel farkını oluşturur. Bu farkın şiddeti, kazanılan ve kaybedilen elektronlara bağlıdır. Bu da, maddenin oksidan veya redükten oluşuyla ilgilidir.
- Eğer, madde çok fazla oksidan ise elektriksel potansiyeli (veya O/R potansiyeli) o oranda büyük olur ve pozitif değer taşır. Eğer redükten madde ise, bu değer düşüktür ve negatiftir. Okside olan ile redükte olan maddelerin konsantrasyonu birbirine eşitse, O/R potansiyeli sıfır olur.
- Anaerobikler düşük bir O/R potansiyeline ihtiyaç duyarlar (-0,2 volt=-200 mV). Aerobiklerde ise durum + 0,2-0,4 volt (200-400 mV)'dur.
- O/R potansiyeli Eh sembolü ile gösterilir ve milivolt (mV) olarak ölçülür. Bu potansiyelin ölçülmesi, besi yerine ekilen Moların üreyip - üremediklerini de ifade etmesi bakımından önem taşır. Kuvvetli oksidan maddeler pozitif potansiyel (+ 200 mV) ve kuvvetli redüktenler da negatif potansiyel (-200 mV) oluştururlar.

Gıdaların O/R potansiyeli

- Genel olarak gıdaların O/R değerleri +400 mV ile -400 mV arasında değişir. Gıdaların O/R potansiyeli başlıca; gıdanın karakteristik bileşimi, indirgen ve yükseltgen maddelerin varlığı, bu maddelerin eklenmesi, gıdanın O/R değişimine gösterdiği direnç, gıdanın pH'sı, çözünmüş oksijen miktarı, gıdanın bulunduğu atmosferin oksijen miktarı, atmosferden gıdaya oksijen geçişi ve miktarı gibi faktörlerden etkilenmektedir.
- Bitkisel gıdalar; meyve-sebze suları +300 mV ve +400 mV O/R potansiyeline sahiptir. Parça etlerin Eh değeri -200 mV iken kıymada +200 mV'dur.
- Meyve sularına askorbik asit ilavesi Eh'yi düşürmektedir.
 $\text{Askorbik asit} + \text{O}_2 \rightarrow -\text{Eh}$

Moların O/R potansiyelinden etkilenmesi

- Genel olarak aerob Molar gelişmeleri için pozitif O/R ne, anaeroblar negatif O/R ne ihtiyaç duyarlar. Bazıları her iki durumu da tolere edebilirler.
- Yüksek Eh değerine sahip olmalarından dolayı meyve suları aerob Molar için iyi bir gelişme ortamıdır ve çoğunlukla küf-mayalar gelişme gösterirler. Ancak bunda düşük pH'nın da etkisi vardır.
- Etlerin yüzeyinde aerob mikroorganizma gelişimi söz konusuysa, iç kısımlarında anaeroblar gelişme gösterirler.

- Çiğ sütün Eh değeri *Clostridium botulinum* gelişmesine izin vermez, ancak pişirilmesi çözünmüş oksijeni azaltacağı için bu mikroorganizma gelişebilir.

Moların O/R potansiyeli üzerine etkisi

- Moların gelişme ortamının O/R ni değiştirmesi, ortamdaki oksijeni kullanmasına veya indirgen özellikte maddeler üretmesine bağlıdır.
- Aerob Molar ortamdaki oksijeni tüketerek Eh değerini düşürürler. Böylece Anaeroblar için ortam hazırlarlar.
- Anaerob MO gelişmesi için ortamdan oksijen uzaklaştırılması, aeroblar için daha uygunsuz şartlar meydana getirir.
- Bazı Molar tarafından üretilen H₂S gibi indirgen maddeler ortamın Eh değerini düşürerek diğerlerinin gelişmesine izin vermezler.

Antimikrobiyal Bileşikler

- Gıdalarda tabii bazı inhibitörler bulunur: Yumurta akında lizozim, avidin, biyotin, konalbumin, ovoflavoprotein ve bazı enzim inhibitörleri.
- Lizozim özellikle gram (+) bakterilerin hücre duvarını parçalar (b-1,4 glikozidik bağları).
- Enzim inhibitörleri bakteriyal ve fungal proteolitik enzimleri inhibe eder.
- Konalbumin Fe iyonlarıyla şelat teşkil ederek Gram (-) bakterilerle mayaların iyon ihtiyacının karşılanamamasına sebep olur.
- Çiğ sütte lizozim, katyonik proteinler, aglutininler, laktoperoksidaz sistemi, antikorlar, laktoferrin gibi tabii inhibitörler bulunur.
- İnek sütünde Laktoperoksidaz, tiyosiyanat (SCN) ve H₂O₂ bulunur. Bunlar birlikte Gram (-) psikrotrof bakterilerin gelişmesine engel olurlar. Ancak sütte SCN ve H₂O₂ miktarı yeterince bulunmaz. Tropik bölgelerde bulunan az gelişmiş ülkeler için bu iki maddenin ilavesi ile sütün işleninceye kadar muhafaza edilebileceği tavsiye edilmektedir.
- Etlerde bulunan antikorlar, polipeptidler, biyojen aminler ve hormonlar tabii inhibitör maddelerdendir.
- Bitkisel gıdalarda çok sayıda tabii inhibitör madde vardır. Turunçgillerde uçucu yağlar, baharatlarda, soğan, sarımsak, adaçayı gibi bir çok bitkisel gıdada mikroorganizma gelişmesini engelleyici maddeler bulunmaktadır.

Molar arası etkileşim ve Moların gıdalarda oluşturduğu inhibitörler

- Gıdaların mikrobiyotası karışıktır ve bunlar birbirlerini etkilerler. Bazı Molar ürettikleri metabolitlerle diğerlerinin gelişmesine engel olurlar veya öldürürler. Bu olaya antagonizm denir. En yaygın olanı laktik antagonizmdir. LAB ürettikleri laktik asit, diğer organik asitler, diasetil, H₂O₂ gibi maddelerle diğer MO ları etkilerler.
- Antibiyotikler: *Bacillus subtilis*, subtilin, *Streptomyces natalensis*, natamisin
- Bakteriosinler: Bakteriler tarafından üretilen protein tabiatında, antibiyotik benzeri maddelerdir. *Lactococcus lactis*'in ürettiği nisin.
- Diğer inhibitörler: Propionik asit bakterilerinin ürettiği propionik asit ve mayaların ürettiği etil alkol

Koruyucu Biyolojik Yapılar

- Meyve ve sebzelerin kabuğu, mumsu tabakalar, kuru yemişlerin sert kabukları mikroorganizmalar için tabii engeldir.
- Bu koruyucu yapıların zedelenmesi MO girişi ve zararını artırır.
- Meyveler sapı koparılarak toplanırsa sap sonu çürümesine maruz kalır.
- Koruyucu yapılar hasatta yapılan hasarların yanında böcekler tarafından da zarara uğratılabilir.

DIŞ FAKTÖRLER

Sıcaklık

- Tüm canlılar sıcaklık istekleri bakımından serin sıcaklıkları sevenler (örnek; penguenler), ılık sıcaklıkları sevenler (örnek, insanlar) ve yüksek sıcaklıkları sevenler (örnek; çöl hayvanları) şeklinde üç gruba ayrılırlar.
- Mikroorganizmalar da aynı şekilde gruplandırılırlar. Buzdolabında korunan bir gıdayı ancak buzdolabı sıcaklığında gelişebilen mikroorganizmalar bozabilir. Oda sıcaklığında tutulan gıdaları ise ılık ortamlarda gelişenler hızla bozarlar. Buna karşılık; örnek olarak yoğurt yaparken sütün inoküle edildiği ve fermentasyonda tutulduğu sıcaklık oldukça yüksektir.
- Yine diğer canlılarda, örnek olarak insanlarda olduğu gibi mikroorganizmalarda da sıcaklığa tolerans gösterilebilir. Bazı mikroorganizmalar ılık ortam sevdikleri halde soğuk sevenlerin veya sıcak sevenlerin gelişebileceği sıcaklıklarda da gelişebilirler.
- Her canlı türü gibi mikroorganizmaların da gelişebildikleri bir ideal (optimum) sıcaklık derecesi vardır. Bu sıcaklık derecesinde MO en aktif, en dayanıklı, en çabuk gelişme gösterir konumdadır.
- Bir bakterinin gelişmesi için ideal olan bu sıcaklıktan aşağıya doğru inildikçe aktivitede, dayanıklılıkta ve çoğalma hızında azalma olmaya başlar. Nihayet en az (minimum) olarak tarif edilen bir sıcaklık derecesi gelişmenin görülebildiği sınır noktasıdır.
- Daha aşağıda olan bir sıcaklıkta gelişme olmaz, ancak üremenin durması ölüm değildir. Donma sıcaklığında mikroorganizmaların bir kısmı ölürse de büyük bölümü canlı kalır. Buzlukta saklanan et oda sıcaklığına çıkartılırsa bir süre sonra bozulmaya başlar. Bozulma yapan mikroorganizmalar o ette zaten bulunurlar. Sadece buzlukta saklamakla gelişmeleri durdurulmuştur. Donma sıcaklığının çok altına inilmesi mikroorganizmalar için daha fazla öldürücü değildir. Hatta sıcaklık ne kadar düşük ise canlılık o kadar iyi korunur.
- Optimum olarak tarif edilen sıcaklıktan bu kez yukarıya çıkıldıkça yine aktivitede, dayanıklılıkta ve gelişme hızında azalma olur, gelişmenin sürdürülebileceği en üst (maksimum) sıcaklığın üzerine çıkıldığında gelişme durur, daha da yükseltildiğinde mikroorganizmalar ölmeye başlar.
- Sıcaklık ne kadar yükselirse ölümler o kadar çoğalır. Dışarıdan bulaşma olmazsa basınçlı (düdüklü) tencerede pişirilmiş et, normal tencerede pişirilene göre çok daha az sayıda mikroorganizma bulundurulur, hatta steril sayılabilir.
- Düşük sıcaklık mikroorganizmanın gelişmesini durdurur ancak yüksek sıcaklık mikroorganizmayı öldürür.

- Mikroorganizmaların yüksek sıcaklığa dayanıklılıkları farklıdır. Bazı mikroorganizmalar 70-80°C 'de bir kaç dakikada ölürken bazıları kaynama sıcaklığının çok üzerinde (121°C 'da 15 dakikada) ancak ölürler.
- Mikroorganizmalar gelişme sıcaklığına bağlı olarak
 - Psikrofil ve psikrotrof (fakültatif psikrofil)
 - Mezofil
 - Termofil olarak sınıflandırılırlar.
- Maya ve küfler genellikle psikrotrof ve mezofil
- Bakteriler psikrofil, mezofil veya termofil olabilirler.
- Optimum sıcaklığına bakılmaksızın 5-7°C'nin altında gelişen mikroorganizmalara psikrotrof denir.
- Gıdalarda rastlanan psikrotrof bakteriler; *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*...
- Soğukta muhafaza edilen gıdalarda psikrofil MOlar gelişir.
- Mezofil bakterilerin optimum gelişme sıcaklığı 30-40°C'dir. Patojen bakterilerin çoğunluğu bu sıcaklıklarda gelişirler.
- Termofil bakterilerin optimum gelişme sıcaklıkları 45-65°C'dir. Bu sıcaklıklarda gelişen maya ve küf yoktur. Sadece bakteriler için kullanılan bir terimdir. Zorunlu ve fakültatif termofiller olmak üzere ikiye ayrılırlar.
- *Termodürük* bakteriler yüksek sıcaklıklarda canlılıklarını sürdürebilen ancak yüksek sıcaklıklarda gelişemeyen bakterilerdir.

Çevrenin Nisbi Nemi

- Gıdaların muhafaza edildiği depoların nisbi nemi hem gıdaların su aktivitesini etkiler, hem de MOların yüzeysel gelişimi için önem taşır.
- Depolama şartlarının belirlenmesinde ortamın nisbi nemi ile ortam sıcaklığı arasında dikkate alınması gereken bir ilişki vardır. Genel olarak ortam sıcaklığı azaldıkça nisbi nem artar.
- MO gelişmesini engelleyen fakat gıdaların su kaybından buruşmasına, kurummasına sebep olmayacak nisbi nem seçilmelidir.
- Bakteri, maya ve küf gelişmesi sonucu yüzeyinde bozulma meydana gelen gıdalar düşük nisbi neme sahip ortamlarda saklanmalıdır.

Çevredeki Gazlar ve Konsantrasyonları

- Normal hava atmosferinde belirli oranlarda O₂, CO₂, N ve diğer bazı gazlar bulunur. Ortamda bulunan gazların oranları MO gelişmesini etkiler.
- Gıdaların depolanmasında O₂ ve CO₂ oranlarının ayarlanması ile oluşturulan depolama şartları “*kontrollü atmosfer*”, herhangi bir ambalaj içindeki O₂, CO₂, N oranlarının ayarlanması ise “*modifiye atmosfer*” olarak isimlendirilir.
- Genel olarak Gram (-) bakteriler CO₂'e Gram pozitiflere göre daha fazla hassastırlar.

Molarda Hasar Oluşturan Etkenler (Subletal Stresler)

- Isıl işlemler, dondurma, kurutma, dondurarak kurutma, ozmotik şok, radyasyon ve çeşitli kimyasallar gibi fiziksel ve kimyasal bazı etkenler gıdaların işlenmesi sırasında MOlarda çeşitli derecelerde hasara sebep olabilmektedir.

- *MOları öldürmeyen ancak hasar oluşturan veya zarar veren etkenlere “subletal stresler” denir.*
- Isıl işlemler MOlarda hücre zarının parçalanması, stoplazmanın sızması, metabolik aktivitede değişiklik, enzim aktivitelerinin bozulması, ribozom ve RNA’nın parçalanmasına sebep olabilir.
- Dondurma işlemi MOların beslenme ihtiyaçları ve besi yerindeki seçici maddelere karşı hassasiyeti arttırmaktadır. Canlılığın yitirilmesi soğuk şokun DNA’da yaptığı hasarla açıklanmaktadır.
- Dondurarak kurutma hücrelerin geçirgenliğini değiştirir.
- 260 nm dalga boyundaki UV ışınları MOlara letal ve mutajenik etki yapmaktadır.

Engel Oluşturma Kavramı (Faktörlerin Kombinasyonu)

- Engel oluşturma kavramı (hurdle concept), gıdalardaki bozulmanın veya patojen MO gelişiminin kontrolünde bir çok faktörün birlikte dikkate alınarak düzenlenmesini ifade eder.
- Engel teknolojisi
- Kombine koruma
- Kombine teknikler

Terimleri de aynı kavramı anlatmak için kullanılmaktadır.

BÖLÜM 2 GIDALARDA İNDİKATÖR VE PATOJEN MİKROORGANİZMALAR

GIDALARDA İNDİKATÖR MİKROORGANİZMALAR

Genel Bilgiler

- İndikatör mikroorganizmalar gıda sanayiinde kurallara uygun olarak üretim yapıp yapılmadığının göstergesi olarak değerlendirilir. Hammadde, üretim teknolojisi, iyi ve doğru üretim uygulaması (GMP; Good Manufacturing Practices) konularında indikatör mikroorganizmalar yeterli bilgi verir.
- İndikatör mikroorganizmalar kalitenin göstergesidir.
- İndikatör mikroorganizmalar ile patojenlerin birbirine karıştırılmaması gerekir. Gıda kalitesi hakkında fikir elde etmek için aranan ve/veya sayılan bu grup mikroorganizmalar *toplam bakteri*, *toplam maya ve küf*, *toplam koliformlar*, *fekal koliformlar* gibi mikroorganizma gruplarıdır.
- Toplam bakteri içinde çok yoğun olarak (*Staphylococcus aureus* gibi) patojen bakteriler bulunsa bile bunlar analiz yöntemi gereğince sadece toplam bakteri olarak değerlendirilir.
- Tersine; bir gıda maddesinin üretiminde kullanıldığı için yararlı olarak değerlendirilen bir mikroorganizma (rokfor peyniri yapımında kullanılan *Penicillium roqueforti*) başka bir gıdaya (kaşar peynirine) bulaşırsa yine indikatör mikroorganizma olarak toplam maya ve küf analizinde standartların üzerinde küfe rastlanacağı için o ürün bozulmuş olarak kabul edilir.
- Hangi mikroorganizma gruplarının indikatör olarak ele alınacağı ile ilgili olarak farklı görüşler bulunmaktadır.
- Bir yaklaşıma göre indikatör mikroorganizmaların mutlaka dışkı kökenli olması gerekirken, bir başka yaklaşım her türlü mikroorganizmayı indikatör olarak kabul etmektedir.
- Son zamanlarda mikroorganizmalara ek olarak mikrobiyal gelişmeye bağlı ortaya çıkan laktik asit, diasetil, etil alkol gibi ürünlerin de mikrobiyal indikatör olarak değerlendirilmesi üzerinde durulmaktadır.
- Gıda sektörünün farklı işletmelerinde o işletmeye has indikatör mikroorganizmalar üzerinde durulur.
- Tereyağı işletmesinde lipolitik mikroorganizma varlığı / sayısı önemli bir kalite kriteri iken, lipolitik bakterilerin meyve suyu endüstrisinde hiçbir önemi yoktur. Benzer şekilde fekal kontaminasyon indeksi bakteriler pek çok gıda maddesi için önemli kalite kriteri iken, konserve sebzelerde bu bakterilerin aranması gereksizdir.
- Gıda işletmeleri kendi kalite programları çerçevesinde hammaddeden başlayarak farklı mikroorganizmaları indikatör olarak belirleyebilir. Buna ilave olarak kamu kontrol kuruluşları tarafından belirlenen indikatör mikroorganizmalar da bulunur.
- İndikatör MOlar Schardinger'in 1892 yılında sularda *Salmonella* yerine *E.coli*'nin indikatör MO olarak aranmasını tavsiye etmesinden bu yana kullanılmaktadır. Buna sebep olarak, her iki bakterinin dışkı kökenli ve

E.coli”nin gıda kaynaklı enterik patojenlerin hepsinden daha kolay izole edilip tanımlanabilmesi olmuştur.

- İndikatör MOları (1) *gıda kalitesi ile gıda güvenliği* ve (2) *sanitasyon indikatörleri* olarak iki kısma ayırarak incelemek mümkündür.

Gıda Güvenliği ve Sanitasyon İndikatörleri

- Bu gruptaki MOlar, genellikle gıdanın fekal kontaminasyona uğradığının ve/veya gıdanın enfeksiyon ya da intoksikasyon etkeni patojen MOların muhtemel varlığının işareti olarak kabul edilen MOlardır.
- Bir gıdada MO varlığının belirlenmesi veya bu indikatörün gıdada belirli bir limitin üstünde bulunması, gıdaların patojen ve toksijenik MOlarla kontamine olabilecek şartlarda üretilip tüketime sunulduğunun bir göstergesi olarak kabul edilmektedir.
- İndikatör MOların belirlenmesinde APHA, AOAC, FDA gibi kuruluşların tavsiye ettikleri metodlar kullanılmaktadır.

İndikatör Mikroorganizmaların Özellikleri

1. Mikroorganizmaların varlığı kolaylıkla ve hızla belirlenebilmeli ve sayılabilmeli,
2. Diğer mikroorganizmalardan ayrılabilmesi,
3. Bulunma ihtimalini gösterdiği patojenlerle birlikte bulunabilmesi
4. İndikatör – patojen sayısı arasında yüksek korelasyon bulunmalıdır
5. Varlığına işaret ettiği patojen MONın gelişme ihtiyaçlarına ve üreme hızına benzer özelliklere sahip olmalıdır
6. İndikatör MO patojen kadar yaşayabilmeli
7. İndikatör MO gıdaya uygulanan işlemlere patojen kadar dayanıklı olmalıdır
8. İndikatör MO analiz edilen gıdada tabii bir kontaminant olmamalıdır
9. İndikatör MO depolama sıcaklığında yüksek üreme ve ölüm hızına sahip olmamalıdır.

■ Fekal indikatörlerin bazı ek özelliklere sahip olmaları gerekmektedir:

1. Tabii olarak sadece dışkıda bulunduğu ispat edilmelidir.
2. Dışkıda yüksek oranda bulunmalıdır.
3. Olumsuz çevre şartlarına dirençli olmalıdır.
4. Gıdalarda çok düşük miktarlarda bile nispeten kolay ve güvenilir bir şekilde tespit edilebilmelidir.

- Koliform, fekal koliform, *E.coli*, *Enterobacteriaceae*, *Enterococcus*, *Bifidobacterium*, *Pseudomonas*, *Clostridium*, *Staphylococcus*, kolifaj ve aerobik plak sayımları indikatör testler olarak kullanılmaktadır. Bunların dışında bazı funguslar, viruslar ve protozoalar da indikatör olarak kullanılabilir.

Koliform Bakteriler

- İlk olarak suların güvenliği, daha sonraları diğer gıdalarda muhtemel bir fekal kontaminasyon ve gıda sanayiinde sanitasyon göstergesi olarak yararlanılmıştır.

- Bunlar; *Enterobacteriaceae* familyasına ait, laktozdan 35°C’de 48 saat içinde gaz oluşturan, Gram (-), sporsuz çubuk, aerob veya fakültatif anaerob bakterilerdir. EMB ve Endo agarda metalik koloniler oluşturlar. *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* ve *Citrobacter* koliform bakterilere dahil edilen cinslerdir.
- Koli-aerogenes olarak isimlendirilen bakteriler *E.coli* ve *Enterobacter aerogenes*’dir. *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumonia* ve *Citrobacter freundii* diğer önemli türlerdir.
- İnsan ve hayvan bağırsak sisteminde bulundukları için fekal kontaminasyonun en iyi indikatörü olarak kabul edilmiş, ancak bazı koliformların sadece fekal orijinli olmadıkları belirlenmiştir. Nitekim *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella pneumonia* ve *Citrobacter freundii* tabiatta yaygın olarak bulunurlar. Dolayısıyla gıdada koliform bakteri varlığı fekal kontaminasyon veya enterik patojen varlığının kesin bir göstergesi değildir. Bu nedenle koliform bakterilerden daha çok sanitasyon indikatörü olarak yararlanılabilir.
- Çiğ sütte koliform varlığı; sağım, taşıma, depolama ve işlem sırasında yetersiz hijyenik şartları gösterir.
- Dondurulmuş sebzeler için, özellikle *Enterobacter* suşlarının sebzelerde sıklıkla bulunmasından dolayı koliformlar, sadece işlem basamaklarında sanitasyon göstergesi olması bakımından önemlidir.

Fekal Koliform Bakteriler

- 44-46°C’de EC sıvı besiyerinde laktozu fermente ederek gaz oluşturan koliformlardır.
- Çocuk ve yetişkinlerde gastroenteritise sebep olan *E.coli* suşları “patojenik *E.coli* suşları” olarak isimlendirilir. Bunlar ETEC, EIEC, EHEC ve EPEC olarak adlandırılan tiplerdir. Patojen olmaları fekal kontaminasyon indikatörü olmalarından daha önemlidir.
- İnsan ve hayvan bağırsak sisteminde bulunmaları fekal bir bulaşmayı göstermesi bakımından önemlidir. Ancak bunlarla kontamine başka bulaşma kaynakları aracılığı ile de kontaminasyon olabilir.
- Bunlarla patojen bakteriler arasında her zaman pozitif bir ilişki kurulamamaktadır.

E.coli

- İnsan ve hayvan bağırsak sisteminde bulunmaları fekal bir bulaşmaya delalet eder. Enterik patojenlerin bulunma ihtimalini göstermesi bakımından önemlidir. Sayımı patojen kontaminasyon derecesinin belirlenmesini sağlar. Ancak mutlaka patojenin bulunmasını değil, bulunma riskini gösterir.
- Fekal orijinli olması sulara fekal kontaminasyonun indikatörü olarak yalnızca *E.coli*’nin gösterilmesine sebep olmuştur.
- *E.coli*’nin suda canlılık süresi bazı enterik patojenlere (*Salmonella*) benzer. Ancak bazı patojenler daha uzun yaşarlar.
- Düşük pH değerlerine nisbeten dayanıklıdır. Bu, bazı asit gıdalar için de indikatör olarak kullanılmalarını sağlar.
- HACCP gibi güvenlik sistemlerinde önemli bir yerleri vardır.

Enterobacteriaceae

Laktozu fermente eden koliformlar, fermente edemeyen enterik bakteriler ve diğerk bir çok cinsi içine alır. İndikatör olarak seçilmesinin sebepleri:

1. Koliformların taksonomik olarak sınırları tam olarak belli değildir.
 2. Bu testle hem laktoz pozitif, hem de laktoz negatif bakterilerin sayımı söz konusudur.
 3. *Salmonella* olumsuz şartlara *E.coli*'den daha dayanıklıdır.
- Bu familyaya ait bazı bakteriler işlem görmemiş yüzeylerde *E.coli*'ye göre daha uzun yaşarlar. *Erwinia* ve *Serratia* bitkisel kaynaklıdır, fekal kontaminasyona işaret etmez.
 - Genel olarak gıdalarda yüksek *Enterobacteriaceae* sayısı gıdanın sanitasyona uygun olarak işlem görmediğine ve/veya uygunsuz şartlarda depolandığına işaret eder.
 - Bir gıdada önemli derecede *Enterobacteriaceae* veya koliform bulunması;
 - Yetersiz ve/veya uygun olmayan işlemler ile uygunsuz depolama şartlarına, kirli alet ekipmana, rekontaminasyona,
 - Enteropatojenik ve toksijenik organizmaların bulunma ihtimaline işaret eder.

Enterokoklar

- Enterokoklar 1984'e kadar *Streptococcus* cinsi içinde yer almaktaydı. 16 türden oluşmaktadır.
- Diğer Gram (+) bakteriler gibi Gram (-) bakterilere göre besin ihtiyaçları bakımından daha seçicidirler.
- Dışkı kaynaklı Enterokoklar, bunların indikatör olarak kullanılabileceği fikrinin ortaya atılmasına sebep olmuştur. Ancak dışkıda *E.coli*'den daha az bulunmaları ve suda iyi üreyememeleri, yalnız başına bu bakterilerin kullanılmasının uygun olmayacağı kanaatine sebep olmuştur. *E.faecium* ve *E.faecalis* fekal orijinli olmakla beraber başka kaynaklarda da bulunurlar.
- Gıda sanayiinde kullanılan ısıl işlem, kurutma ve dondurma gibi işlemlere dayanıklı olmaları dolayısıyla önem taşırlar.
- Düşük Enterokok sayısı işlem görmemiş gıdalar için önem taşımazken, ısıl işlem görmüş gıdalar için önemlidir.
- Yetersiz sanitasyon uygulamaları Enterokokların alet ekipman üzerinde yerleşik flora haline gelmesine sebep olabilir.
- Bazı süt ürünlerinde starter olarak kullanılan Enterokoklar bulunmaktadır.

Bifidobacterium Türleri

- Anaerobik, iki tür hariç katalaz negatif, Gram (+) çubuk şeklinde bakterilerdir. Probiyotik süt ürünlerinin üretiminde kullanılan türleri vardır.
- Tipik özellikleri sadece fekal orijinli olmalarıdır. Bebek ve domuz dışkısı en fazla bulundukları ortamdır. Bazı türler evcil hayvanların dışkısından sıklıkla izole edilir.
- *Bifidobacterium bifidum* en önemli türdür.
- Standart, kolay bir belirleme metodu bulunmamaktadır.

Kolifajlar ve Enteroviruslar

- Bakteriofajlar, bakterileri spesifik olarak enfekte eden viruslardır. Bazı fajların sularda spesifik konakçısı olabileceği ve bu bakterilerin varlığına işaret eden indikatörler olarak kullanılabileceği ortaya atılmıştır. Kolifajlar ile koliformlar arasında yüksek bir korelasyon bulunmaktadır.
- Sulardaki fekal kirlenmenin indikatörü olarak enterovirusların yararlanılması söz konusudur.
- APHA tarafından 4-6 saatte virus belirlenmesine yönelik metod yayınlanmıştır.

Toplam Canlı Mikroorganizma Sayısı

- Toplam canlı mikroorganizma sayısı
 - Aerobik canlı bakteri sayısı
 - Anaerobik canlı bakteri sayısı
 - Psikrofil canlı bakteri sayısı
 - Mezofil canlı bakteri sayısı
 - Termofil canlı bakteri sayısı
- Maya-küf sayısı

Diğer Gıda Güvenliği İndikatörleri

- *Staphylococcus*: İnsanların ağız, burun, el ve derilerinde bulunurlar. Patojen ve patojen olmayanları vardır. >106/g, ml bulunması sağlık açısından risk olarak kabul edilir.
- *Pseudomonas aeruginosa*: İnsanların bağırsak sisteminde bulunur, ancak diğer fekal indikatörlere göre daha az sayıdadır.
- *Clostridium*: İnsanların bağırsak sisteminde bulunur, ancak toprakta da bulunur.
- Mezofilik spor sayımı: soğukta muhafaza edilen veya kurutulmuş gıdalarda yüksek miktarda bulunması *Clostridium perfringens*, *C.botulinum*, *Bacillus cereus* gibi patojen bakterilerin bulunma ihtimalini artırır.
- Termofilik spor sayımı: Konserve sanayiinde, konserveye işlenecek sebzelerin yıkama ve temizlik işlemlerinin etkinliğinin bir indeksi olarak kullanılabilir.
- *Bacteriodes*: Fekal materyalde yüksek sayıda bulunur. Mutlak anaerobik olup rutin testlerle belirlenmesi zordur.
- *Geotrichum candidum*: Makine küfü olarak bilinir. Gıdaya uygulanan ısı işlemlerde canlılığını kaybeder. İşlem görmüş gıdalarda hif varlığı kirlilik ve yetersiz sanitasyon indikatörü olarak dikkate alınır.
- *Kurthia zophii*: Etlerde buzdolabı sıcaklığı üstündeki sıcaklıklarda gelişebilir. Bulunması, ideal muhafaza sıcaklığının üstünde bir depolamaya işaret eder.

Ürün kalitesinin(Raf ömrü) indikatörleri

Mikroorganizma/ Mikroorganizma grubu	Ürün
<i>Acetobacter, Gluconobacter</i>	Taze meyve suyu, şarap
<i>Bacillus subtilis</i>	Ekmek hamuru
<i>Bacillus coagulans, B.stearothermophilus</i>	Sebze konserveleri
<i>Byssochlamys</i>	Meyve konserveleri
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	Düşük asitli konserve gıdalar
<i>Clostridium tyrobutyricum</i>	Peynir
<i>Laktik asit bakterileri</i>	Bira, şarap ve meyve suları
<i>Weisella viridescens, Leuconostoc</i>	Sosisler
<i>Lactococcus lactis</i>	Çiğ süt (soğukta saklanan)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Şeker çözeltileri
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	Tereyağı
<i>Mayalar</i>	Meyve suyu konsantreleri
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Mayonez ve salata sosları

Ürün kalitesinin indikatörü mikrobiyal ürünler

Metabolitler	Ürün
Diasetil	Dondurulmuş meyve kons., bira
Etanol	Elma suyu, balık ürünleri
Histamin	Konserve balık
Kadaverin ve putresin	Vakum paketlenmiş et
Laktik asit	Konserve sebzeler
Trimetilamin	Balık
Toplam uçucu bazlar ve toplam uçucu azotlu bileşikler	Deniz ürünleri
Uçucu yağ asitleri	Tereyağı, krema

(Slayt Konu 6)

GIDA KAYNAKLI MİKROBİYAL HASTALIKLAR

Giriş

Patojen bir MO veya toksininin bulunduğu bir gıdanın tüketilmesiyle meydana gelen hastalıklara *gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklar* denir.

Gıda kaynaklı mikrobiyal hastalıklar ;

- *Gıda enfeksiyonları*
- *Gıda intoksikasyonları* olmak üzere iki grupta incelenir.

Enfeksiyonlar

Organizma adı	Hastalık	Tehlike
<i>S.typhi, S.paratyphi</i>	Tifo, paratifo	Yüksek
<i>Shigella dysenteriae</i>	Shigellosis (basilli dizanteri)	Yüksek
<i>V.cholerae</i>	Kolera	Yüksek
<i>Brucella melitensis</i>	Brucellosis (malta humması)	Yüksek
Hepatit A virusu	Hepatit A (Enfeksiyöz hepatit)	Yüksek
Polio virusu	Çocuk felci	Yüksek
<i>Sh.flexneri, Sh.sonnei</i>	Shigellosis	Orta, yaygın
<i>Salmonella typhimurium</i>	Salmonellosis	Orta, yaygın
<i>V.parahaemolyticus</i>		Orta, yaygın
<i>E.Coli (EPEC)</i>	Turist hastalığı	Orta, yaygın
<i>Brucella abortus</i>	Brucellosis	Orta, yaygın
<i>Clostridium perfringens</i>		Orta, yaygın

İntoksikasyonlar

Organizma adı	Hastalık	Tehlike
<i>Cl.botulinum</i>	Botulizm	Yüksek
<i>B.cereus</i>		Orta
<i>S.aureus</i>	Stafilokok intoksikasyonu	Orta
<i>A.flavus</i>	Aflatoksikosis	Yüksek
<i>Claviceps purpurea</i>	Ergotizm	Yüksek
<i>A.ochraceus</i>	Okratoksikosis	Yüksek
<i>Fusarium graminearum</i>	ATA	Düşük
<i>F. graminearum</i>	Estrojenik sendrom	Orta, yaygın
<i>P. expansum</i>	Karaciğer toksikasyonu	Yüksek

- Hastalık amili patojen hücrenin kendisi ise hastalığa “*gıda kaynaklı enfeksiyon*” denir.
- Hastalık etkeni patojenin gıda içinde salgıladığı toksin ise meydana gelen hastalığa “*gıda kaynaklı intoksikasyon*” denir.
- Gıda kaynaklı enfeksiyonlarda, gıda sadece taşıyıcı ise ve MO gıda içinde çoğalamıyorsa “*gıda kaynaklı pasif enfeksiyon*” adını alır.

- Patojenin gıda içinde çoğalması ve belli bir sayıda hücrenin gıda ile birlikte alınması sonucu hastalık meydana geliyorsa “gıda kaynaklı aktif enfeksiyon” olarak adlandırılmaktadır.

Aktif Gıda Enfeksiyonları (Enfeksiyon Tipi Gıda Zehirlenmeleri)

***Salmonella* Enfeksiyonları**

- *Enterobacteriaceae* fam., Gram (-), çubuk, çoğu hareketli, fakültatif aerob, COH ve polihidroksi alkollerden gaz oluşturan bakteriler. S.Typhi COHlardan gaz oluşturmaz.
- Birkaç türü, 2300’den fazla serotipi vardır. En önemli tür *S.enterica* ssp. *enterica* olup, patojen serotipler bu alt türe aittir. Bu serotipler genellikle yanlış olarak tür olarak ifade edilirler.
- Gruplandırılmalarında önemli antijenlerden (somatik: O, kapsüller: V, flagellar: H) yararlanılır.
- Mezofil bir bakteridir. Opt. 35-37°C (5-47oC) sıcaklıkta, opt. 6,5-7,5 pH’da, 0,945-0,999 aw değerinde gelişir. %3-4 NaCl varlığında ve -30 mV E/h değerinin altında inhibe olur.
- Salmonellosis enterik bir enfeksiyon olup iki farklı klinik tablo şeklinde kendini gösterir.
- Tifo (enterik humma) ve paratifo hastalıklarına S.Typhi ve S.Paratyphi serotiplerinin *konakçısı sadece insandır*. İnvasiftirler (yayılmacı), sepsisemiye (kana geçme) sebep olurlar. Vücut sıcaklığı 40°C’ye yükselir, özellikle göğüs bölgesinde ve bedende pembe lekeler ve baş ağrısı görülür. Hastalığın geç dönemlerinde kabızlık ve bunu takiben kanlı ishal ile karakterize olur. Tedavi görmeyenlerde ölüm oranı%10-15’tir. Enfekte insanlarda 1-8 haftada ortaya çıkar, 1-8 hafta devam eder.
- Paratifo tifoya benzer, ancak daha az tehlikeli ve daha kısa sürer (1-3 hafta).
- *Salmonella* serotiplerinin yaklaşık 1500’ünün sepsisemiye yol açmadan gastroenteritise sebep olduğu bildirilmektedir.
- Enfektif doz; serotip, gıda, tüketicinin durumu gibi faktörlere bağlı olmakla beraber, 10⁸-10⁹ hücre/vücut olabilmektedir.
- İnsan ve hayvanlar *Salmonella*’nın iki önemli kaynağıdır.
- Hayvanlar yemler ve mera, dereler, mezbaha gibi kaynaklardan enfekte olabilirler.
- Bazı serotipler belli hayvanlara adapte olmuşlardır.
- Kümes hayvanları, insan gıda zincirinde *Salmonella* yayıcısı olarak önemli bir yere sahiptir.
- Yumurta, özellikle ördek yumurtası ayrı bir öneme sahiptir.
- Çiftlik hayvanları dışında kedi, köpek gibi evcil, yılan, kurbağa, kuş, kaplumbağa gibi yabani hayvanlar *Salmonella* kaynağı olabilirler.
- Lağım ve atık sularında *Salmonella* kontaminasyonuna sıklıkla rastlanmaktadır.
- *Salmonella* salgınında hastalık seyri farklı olabilir: (1) akut salmonellosis, (2) şiddetli belirtiler göstermeden seyreden salmonellosis, (3) iyileşen hastalar bir süre dışkı ile enfektif hücreleri çevreye yaymaya devam edebilirler (4) enfeksiyona maruz kalan fakat belirti göstermeden enfektif hücre taşıyan taşıyıcılar.

Genel Önlemler:

- İlk üretim seviyesinde kontaminasyonun önlenmesi
- İşleme sırasında ısıtma işlem öncesi ve sonrası kontaminasyon ve MO gelişiminin önlenmesi
- Eğitim programları
- Toksin: Lipopolisakkarit yapısında, sıcaklığa dayanıksız.
- Bakteri hücreleri pastörizasyona dayanıksızdır. 63,3°C/30 dak veya 71,6°C/16 sn çiğ süte *Salmonella* tehlikesini bertaraf eder.

Clostridium perfringens

- *C. perfringens* düzgün çubuklar şeklinde, Gram (+) ve hareketsizdir. Elips şeklinde, subterminal sporlar yapar. Anaerobik ortamda yaşar ve çoğalır; yaptıkları sporlar iki tiptir. Bir kısmı yüksek sıcaklığa dayanıklı, bir kısmı hassastır. Yüksek sıcaklığa dayanıklı olan sporlar 1-5 saat süreli kaynatmada dahi ölmezler ve hayatlılıklarını devam ettirirler. Sıcaklık şoku, sporların vejetatif hücre durumuna geçmesine zemin hazırlar.
- *C. perfringens*'in 90 ayrı serotipinin olduğu bilinmektedir. Fakat günümüze kadar organizmanın 4 ayrı tip ekstraselüler toksin bazında 5 gruba ayrıldığı (A, B, C, D, ve E) belirlenmiştir.
- Termofil bir MO'dur. Optimum gelişme sıcaklığı 43-45°C olup, maksimum 55°C'dir. 15-20°C'lerde gelişme durur. Gıda zehirlenmesine neden olan suşlarına ait sporların yüksek sıcaklığa dirençleri büyük farklılıklar gösterir (D90=0,015-8,71 dakika).
- Üreme pH aralığı 5-8,3; opt. 6-7'dir.
- NaCl'e %3'e kadar dayanır. Nitrit ile birlikte otoklavlanması MO üzerine nitritin etkisini artırır. Buna "*perigo etki*" denir. Burada NaCl ile NaNO₂'in sinerjistik etkisinden de bahsedilir.
- Gelişebileceği en düşük aw değeri 0,95-0,97'dir, sporulasyon için 0,98'dir.
- Müşkülpeşent bir bakteridir. İyi bir üreme için besin ortamının bileşiminin çok zengin olması gerekir.
- Geniş bir enzim spektrumuna sahip olduğu için bazı ihtiyaçlarını polimerik kaynaklardan karşılayabilir.
- Üremenin başlayabilmesi için mutlak anaerob şartlar gerekir (Eh -200 mV).
- Zengin bir besin ortamında generasyon süresi 8-10 dakikadır (7,1 dak olan suşlar da vardır).
- Gıda ile alınan vejetatif hücreler bağırsaklarda sporulasyonunu tamamlayıp eksotoksijenik karakterli sıcaklığa dayanıklı bir enterotoksin ürettikleri için *enfeksiyon* tipi zehirlenme olarak kabul edilir.
- Önceden pişirilip yavaş yavaş soğutulan etler, et ve et suyu ile yapılmış soslar, eğer bakterilerin üremesi için uygun sıcaklıkta yani 45-60°C arasında uzun süre bekletilirse bu zehirlenmeyi yapan bakterinin de üremesine yol açar.
- Çiğ gıdaların, bilhassa çiğ etlerin pişirilmek üzere parçalanması, doğranması ve kıyılması gibi işlemler, kullanılan araç-gereçlerle çalışan yerlerin temiz olmaması, bu işlemlerle uğraşan kişilerin kişisel temizlik kurallarına uymamaları

gibi durumlar, gıdaların bu mikroorganizma ile kirlenmesini ve mikroorganizmanın üremesini kolaylaştırır.

- *C. perfringens* zehirlenmesine karşı korunma yollarının başında piştikten sonra bekletilen yiyeceklerin az miktarda ve hızla soğutulması gelir. Gıda işleme ve servis yerlerinde personel sağlığına ve hijyene son derece dikkat edilmeli, etler uygun şekilde hazırlanmalı ve muhafaza edilmeli, lağım ve kanalizasyon şebekesi sıhhi standartlara uygun olmalıdır. Gıdaların tam olarak pişirilmesi, vegetatif hücreleri öldürerek etkisiz hale getirir; fakat yüksek sıcaklığa karşı dayanıklı sporlara etkisi yoktur. Artık yemeklerin tüketilmeden önce en az 74°C'ye kadar ısıtılması gerekir.
- Genellikle *C. perfringens*'in A tipi insanlarda zehirlenme amilidir. Bununla birlikte C tipinin salgıladığı b toksininin enteridis Necroticans (Pig-Bell) adı verilen ve Avustralya'nın kuzeyindeki Yeni Gine (New Guinea) adalarının yerli halkında "Domuz Festivali" sırasında yaygın olan zehirlenmeye sebep olduğu bulunmuştur. Hastalığın kuluçka periyodu 6 saat ile 6 gün arasında değişir; genellikle 24 saattir.
- Bu bakterinin zehirlenme yapabilmesi için çok sayıdaki vegetatif *C. perfringens* hücresinin gıdalarla insan vücuduna alınması gereklidir. Vücuda alınan vegetatif hücreler mide ve bağırsaklarda sindirilir ve böylece toksin açığa çıkarak vücut tarafından absorbe olur ve zehirlenme meydana gelir.
- *C. perfringens* zehirlenmesi belirtileri, gıdalar tüketildikten 8-24 saat sonra (genellikle 12 sa.) kendisini gösterir. Bu tür zehirlenme çok şiddetli ve ani karın ağrısı ve ishal ile başlar. Bunları dermansızlık ve yatıp uzanmalar takip eder. Bulantı, kusma, ateş ve titreme çok nadir görülür. Zehirlenmenin süresi genellikle bir gün veya daha kısadır.
- Mikroorganizma, önceden enfekte olmuş insan ve hayvan dışkılarında saklanır ve ürerler. Toz, toprak ve kanalizasyon şebekesi sıkça bulunduğu ortamlardır. Çiğ ve pişmiş gıda maddelerinde bakteriye çok rastlanır.
- Enfektif dozun >108 hücre olduğu bildirilmektedir.
- Bu bakterinin en fazla bulaştığı ve insan zehirlenmelerine yol açtığı gıdalar; haşlanmış, fırınlanmış, güveçte pişirilmiş parça etler, tavuk etleri, çiğ deniz hayvanları etleri, balık, balık ürünleri salatalık ve tuzlu yiyeceklerdir.
- Toplu yemek üretilip, tüketilen yerler risk altındadır.
- Korunma yollarının başında gıdaların iyi pişirilmesi, hızlı soğutulması, tuzlu su balıklarından olacak bulaşmalardan yiyeceklerin korunması, alet ve ekipmanın hijyenik açıdan temiz olması gerekir .

Vibrio parahaemoliticus

- *Vibrionaceae* familyasına ait, Gram (-), hareketli, hafif eğri çubuklardır. Halofilik bir bakteridir. En iyi üreme %3 tuz konsantrasyonunda olur. Bir seri serotipleri vardır. % 3 NaCl ve 37°C de optimum gelişir ve termostabil ekzotoksin oluşturur. İyi pişmemiş balık, kabuklular, midye ve tuzlu sebzeler ile bulaşır.
- Suşların patojenitesi Kanagawa reaksiyonu (Wagatsuma agar) ile belirlenir.
- Sadece yaz aylarında, kıyı bölgelerinde ve bilhassa su ürünlerinin çiğ olarak tüketiminde ortaya çıkmaktadır.
- Opt. gelişme sıcaklığı 37°C, gelişme aralığı 5-43°C'dir.

- Enfektif doz 104-107 Kanagawa pozitif hücredir.
- Bu bakterinin neden olduğu hastalıklar, özellikle Japonya'da önemlidir. Semptomları (belirtileri) bulantı, kusma, karın ağrısı, hafif ateş, baş ağrısı, ishal, kanlı ve müközlü gaitadır.
- İnkübasyon süresi 2-48 saat arasındadır. İyileşme 2-5 gün içinde olur.
- Düşük sıcaklıklara hassas bir bakteridir.

Yersinia (enterocolitica)

- *Enterobacteriaceae* familyasına ait, insan patojeni olan *Yersinia pestis* ve *Yersinia enterocolitica* iki önemli türdür.
- *Y. enterocolitica* çok yaygın olup, psikrotroftur. Optimum gelişme sıcaklığı 28-32°C'dir. 37°C'de yavaş gelişir. Bakteri, hasta ve sağlıklı hayvanlarda, kedi, köpek, domuz ve gıdalarda bulunur. Enterokolitis, apandisit benzeri bir rahatsızlık (özellikle gelişme çağındaki çocuklarda) ve sepsise neden olur. Bakterinin patojenitesi 30°C'nin altında oluşturduğu toksinden kaynaklanır.
- İnkübasyon 24-36 saat, bazen daha uzun sürebilir.
- Ölüm oranı %50'dir.
- Patojen olmayan suşlar konakçıya adapte olabilir (oportunist=fırsatçı).
- Çiğ etler, süt, çiğ sebzeler, pastörize süt, yumurta, sosis, az işlenmiş et ürünleri sıklıkla izole edildiği gıdalardır.
- Alınacak tedbirler; (a) *Y. enterocolitica* kontaminasyonuna maruz kalmamış hayvanların damızlık olarak kullanılması (b) Hayvanların taşıma, kesim, işlenmesinde hijyene dikkat edilmesi (c) Personel eğitimi

Enteropatojen *Escherichia coli* suşları

- *Escherichia coli* suşları genellikle insanların ve sıcakkanlı hayvanların bağırsaklarında kommensal olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte bazı suşlar patojenik olup diyareye sebep olurlar. Bunlar enteropatojenik (EPEC), enteroinvansiv (EIEC), enterotoksijenik (ETEC) ve enterohemorajik *Escherichia coli* (EHEC) olmak üzere başlıca 4 grup altında incelenmektedirler.
- EPEC: Gelişmekte olan ülkelerde çocuklarda görülen bir hastalık. İshale sebep olur. İshal, pirinç suyu görünümünde ve mukusludur. Domuz eti ve etli börek enfeksiyona sebep olur.
- ETEC: Turist hastalığı olarak bilinir. Fekal materyalle bulaşmış su ve bu suyla yıkanmış gıdalardan kaynaklanır. Enfektif doz 10⁶'dır. *Vibrio cholera* benzeri toksin oluşturur. Yüksek sıcaklığa dirençli ve duyarlı iki enterotoksin oluşturur.
- EIEC: *Shigella dysenteriae* toksini benzeri bir toksin üretir. Enfektif doz 10⁶-10⁸ hücredir.
- EHEC: En yaygın türü *E. coli* O157:H7'dir. *E. coli* O157:H7'nin temelde şu üç rahatsızlığa sebep olduğu bildirilmiştir: Hemorajik kolitis, özellikle çocuklarda hemolitik üremik sendrom (HUS) ve trombotik trombositopenik purpura (TTP).
- Hemorajik kolitis'de ani karın krampları başlamakta ve bunu takiben 24 saat içerisinde sulu ishal ortaya çıkmaktadır. Daha sonra dışkının büyük bölümünün kandan ibaret olduğu dönem gelmektedir. Bu esnada kusma da olabilmekte,

ateş ya hiç olmamakta veya çok az olmaktadır. Hastalığın süresi genellikle 2-9 gün arasındadır.

- HUS çocuklarda akut böbrek yetersizliğinin sebebidir. Bu durum, toksinlerin etkisiyle endotelial hücrelerde pıhtılaşma mekanizmasının devreye girerek küçük pıhtıların oluşması, bunların da böbrek ve diğer organların damarlarını tıkararak atık maddelerin kanda depolanmasına neden olmasıyla ortaya çıkmaktadır. Sonuçta hastalara kan nakli ve diyaliz gerekmekte, kalp yetersizliği, nöbet ve koma durumları görülebilmektedir.
- Trombotik trombositopenik purpura (TTP) sinir sistemiyle ilgili olmasının dışında HUS'a benzemektedir.
- Genellikle yetişkinlerde görülen bir sendrom olup kansızlık, düzensiz nörolojik belirtiler, ateş ve hafif azotemiya neden olmaktadır.
- Hastaların beyinlerinde genelde kan pıhtılaşmaları olduğundan sık olarak ölümle sonuçlanmaktadır. Bu mikroorganizma ender olarak da kanamalı mesane iltihabı, balantitis, convulsio lar, diğer organizmalarla birlikte sepsis ve kansızlığa neden olabilmektedir.

Listeria monocytogenes

- *Listeria* cinsi içerisinde *L. monocytogenes*, *L. ivanovii*, *L. innocua*, *L. welshimeri*, *L. seeligeri* ve *L. grayii* olmak üzere altı tür bulunur. Bu türlerden sadece *L. monocytogenes* patojendir. *L. ivanovii*, *L. seeligeri* ve *L. welshimerii*'nin patojen olup olmadığı hakkında görüş ayrılıkları vardır.
- *L. monocytogenes*; gram pozitif, düzenli ve küçük kısa çomaklar şeklinde, kısa zincirler oluşturabilen, 0,4-0,5 µm eninde ve 0,5-2 µm boyunda, kapsülsüz, sporsuz, 18-22°C'de hareketli, aerobik ya da fakültatif anaerobik, 1-45 °C'ler arasında üreyebilen ve optimum üreme sıcaklığı 30-37°C olan bir mikroorganizmadır.
- *Listeria monocytogenes* de diğer *Listeria* türleri gibi fazla seçici değildir. Dışkıda, toprakta, sularda, süte, kırmızı ve beyaz etlerde, bazı yeşil yapraklı sebzelerin yaprak dokularında bulunabilmekte ve gelişebilmektedir.
- Buzdolabı şartlarında (4°C) ve % 10 tuz (NaCl) konsantrasyonuna sahip ortamlarda çoğalabilmektedir. Hatta bazı çalışmalarda; -0,4°C ile 50°C' ler arasında ve % 12 NaCl konsantrasyonunda bile gelişme gösterdiği rapor edilmektedir. Ancak, *Listeria monocytogenes*' in optimum sıcaklık isteğinin 30-37°C'ler arası olduğu kabul edilmektedir.
- *Listeria monocytogenes*, nötre yakın (hafif alkali) pH değerlerinde en iyi şekilde çoğalmakta, pH 5,0-9,6 arasında da gelişimini sürdürebilmektedir.
- Aerobik veya mikroaerofilik bir bakteri olarak kabul edilen *Listeria monocytogenes*, en iyi % 5-10 CO₂ li atmosfer ortamında gelişebilmektedir. %100 ve % 80 oranında CO₂ bulunduran bir ortamda gelişimi yavaşlamaktadır. Ayrıca gelişimi için biotin, riboflavin, tiamin ve bazı amino asitlere ihtiyaç duymaktadır.
- Gelişme için minimum su aktivite değeri, NaCl bulunan ortamda 0,92 olarak belirlenmiştir. *Listeria monocytogenes*, temel olarak somatik (O) ve flagellar (H) olmak üzere iki antijene sahiptir. Bu antijenler esas alınarak *Listeria monocytogenes* suşları alt serotiplere ayrılmıştır. Bunlar; 1/2a, 1/2b, 1/2c, 3a, 3b, 3c, 4a, 4b, 4c, 4d, 4e, 4f, 4g, 5,6,7 şeklinde sıralanmaktadır.

- Listerioz vakalarının çoğunluğunda 4b ile 1/2a serotiplerine giren suşlar izole edilmiştir
- *Listeria monocytogenes*, mezofil bakteriler grubundan olmakla birlikte (opt. 30-37°C), buzdolabı şartlarında çoğalabilecek kadar psikrotrofik özellikler de gösterir. *Listeria monocytogenes*'in -0,4°C'ye kadar üreme belirtileri gösterdiğini bildirilmektedir.
- Enfektif doz 103-106 hücredir (10-100 !!!).
- Düşük, menenjit, sepsis, kalp zarı iltihabı.
- Yaşlılar, çocuklar, hamileler, hastalar risk grubunu teşkil eder.
- ÖLÜM ORANI %79'A KADAR ÇIKABİLMEKTEDİR.

Aeromonas hydrophyla

- *Vibrionaceae* familyasına ait, Gram (-), çubuk, sporsuz, fak. anaerob, hareketli bir bakteri.
- Gelişme sıcaklığı 0-42°C, opt. 28°C.
- İnsanlarda gastroenteritise sebep olur.
- Her yaştaki insanda hastalık yapar, ancak yaşlı ve çocuklarda daha sık görülür.
- En yaygın klinik belirti kusma ve sulu ishal olup kolera ve dizanteri benzeri vakalara yol açar. Bunun dışında deri ve yumuşak dokularda enfeksiyona, sepsis, artrit, menenjit, peritonit, endokardit, solunum yolları ve jinekolojik enfeksiyonlara sebep olur.
- Enfektif doz 102-109 hücre/g, ml gıdadır.
- En çok su ve atık sularda bulunur. Ayrıca çeşitli hayvanlardan izole edilmiştir.
- Psikrotrof olduğu için gıdaların soğukta muhafazası yeterli olmaz.

PASİF GIDA ENFEKSİYONLARI

Vibrio cholerae enfeksiyonu

- *V. cholerae*, *Vibrionaceae* familyasına ait, sporsuz, kısa, virgül şeklinde fakültatif anaerobik, hareketli bir bakteri olup tek polar flagellaya sahiptir.
- Gelişme sıcaklığı 13-42°C arasında olup optimum üreme, 37°C’de gerçekleşir. Alkaliye toleranslı bir bakteri olan *V. cholerae*, 6-10 pH değerleri arasında gelişebilir.
- Obligat halofil değildir, ancak %6’ya kadar olan tuz konsantrasyonlarında gelişir, bu değerin üzerinde ise üreme görülmez.
- *V. cholera* serolojik olarak iki gruba ayrılır. Bu gruplandırmada “O” antijenlerine karşı hazırlanmış antiserumun aglütinasyonu baz olarak alınır ve bu antiserumu aglütine edenler “serogrup O1” olarak adlandırılır.
- *V. cholerae* serogrup O1’in klasik suşları en önemli grubu oluşturur ve kolera salgınlarının etkenidir.
- Kolera, asemptomatik veya hafif belirtiler ile seyredilebilmekle birlikte genelde en sık rastlanan belirtisi pirinç suyu görünümünde çok şiddetli ve sulu ishaldir. Enfeksiyon sırasında karın ağrısı ile çok hızlı ve ciddi dehidrasyon görülür.
- Kolera enfeksiyonu geçiren kişi günde litrelerce sıvı kaybeder ve tedavi edilmediği zaman su kaybı ölüme neden olabilir.
- İnkübasyon süresi 2-6 gündür.
- Enfektif doz 10⁸-10⁹ hücre olarak bildirilmekle birlikte, bazı suşlarının virülansı çok daha yüksektir. Hasta kişilerin ve bazı sağlıklı taşıyıcıların dışkılarında 10²-10⁹/g düzeyinde *Vibrio cholerae* izole edilebilmekte ve insanlar salgınlarında en önemli kaynağı oluşturmaktadır.
- El-Tor’un enfektif dozu 10³ /g, ml’dir
- Kolera salgınlarına en çok fekal kontaminasyona maruz kalmış su neden olmaktadır, deniz ürünlerinin neden olduğu bazı kolera salgınları da bildirilmiştir.
- Bu bakteri deniz suyu ve kabuklularında uzun süre (şartlara bağlı olarak deniz suyunda 7-285 gün ve kabuklularda 15-45 gün) canlılığını koruyabilmekte ve bu tip deniz ürünlerinde izole edilmektedir.
- Sekonder enfeksiyon olarak septisemiye sebep olabilmektedir.

Campylobacter jejuni enfeksiyonu

- *Campylobacter*; *Spirillaceae* fam.na ait Gram (-), eğri çubuk şeklinde, mikroaerofil ve hareketli bakterilerdir.
- Son yıllarda birçok ülkede *Salmonella* ve *Shigella* arazlarına benzer hastalıklara neden olan *Campylobacter*’in gıda zehirlenmelerinde ön sırayı aldığı görülmektedir.
- Çevre, iklim, gıda gibi çeşitli faktörlerin etkisiyle bazı ülkelerde gıda zehirlenmelerinde *Salmonella* ve *Campylobacter* duruma göre birinci sırayı paylaşırlar.
- İnkübasyon süresi genellikle 2-3 gündür. Daha çok hayvansal gıdalarda yaygındır.

- *Campylobacter*’in hastalığa sebep olan türleri ve özellikleri şunlardır:
- *Cam. fetus* insanda sistemik hastalık etkenidir.
- *Cam. jejuni* pH 6,5-7,5 sınırlarında, 42-45°C’de optimum gelişir. Buna karşılık, 48°C da hızla ölür. Gıdada 25°C’de (%2 tuzda) ölmesine karşılık, buzdolabı sıcaklığında (4°C) gıda, su ve dışkıda haftalarca canlı kalabilir.
- Enfektif doz çok düşüktür (500 hücre/g, ml).
- Kapnofilik bir bakteri (CO₂ seven).
- Tuza, dondurulmaya, kuruluğa karşı çok hassas.
- *Cam. jejuni* için bulaşma kaynağı hayvandır. İnsana et, süt vb. gıdalarla geçer. Bakteri, gıdada çoğalmaz. Ancak birkaç yüz hücre hastalığa sebep olur. Mikroaerofil olduğu için, vakumlu paketlerde de canlılığını korur.
- *Cam. jejuni* bağırsak mukozasında iltihaba sebep olur (enterokolit). Bağırsak mukozasından içeri giren *Cam. jejuni*, lenflerde çoğalır ve apandisit, menenjit ve idrar yolu enfeksiyonuna sebep olur.
- Belirtileri; ateş, karın ağrısı, ishal, bulantı, kusma ve baş ağrısıdır. Bazen dışkıda kan görülebilir. İnkübasyon süresi 2-5 gündür, ancak bazen 7-10 güne çıkabilir.

***Mycobacterium tuberculosis* ve *M. bovis* enfeksiyonu**

- *Mycobacteriaceae* familyasına mensup Gram (+), sporsuz, çubuk, aerobik bakterilerdir.
- Genellikle solunum yoluyla bulaşırlar. Ancak gıdalar aracılığı ile de bulaşmaktadır.
- Toksin veya diğer virulans faktörleri üretmeksizin hastalığa sebep olur.
- Solunum yoluyla alınması durumunda enfektif doz birkaç hücre olabilir. Sindirim yoluyla birkaç milyon hücre alınmasıyla hastalık meydana gelir.
- Bir-iki yıllık bir kemoterapi gerektirebilir.
- Eskiden ince hastalık denilen tüberküloz, son yıllarda artış göstermektedir.

***Shigella dysenteriae* enfeksiyonu**

- Genel olarak Shigellosis olarak adlandırılan hastalığa sebep olan bu bakteriler serolojik olarak dört gruba ayrılırlar. *S. sonnei*, *S. dysenteriae*, *S. boydii* ve *S. flexneri*.
- Dizanteri hastalığının etmenidirler. Gerçek bir gıda zehirlenmesi olmayıp, gıda vektör rolü oynar. Süt, su, sebze-meyve, tüketime hazır gıdalar (salatalar, yumurtalı ürünler v.b) önem taşır.
- *Shigella* yalnız insan için patojendir. Direkt temas, gıda veya fekal bulaşmayla sağlıklı kişilere geçer. Ağız yoluyla sindirim sistemine girer; mide ve incebağırsağa geçerek kalın bağırsak mukozasına yerleşir. Burada çoğalır ve lokal enfeksiyon oluşturarak iltihap yapar.
- Bu bakteri, bulaşan gıdada uzun süre canlı kalır. Mesela süt ve unda 170 gün, gaitada ve çok düşük pH’da birkaç saat, pH 3,2’de 20°C’de bir hafta canlılıklarını korurlar.
- Az miktarları bile enfeksiyona neden olabilmektedir (Enfektif doz 10-100 hücre).

- Etmen nadiren ispatlanabilir. İnkübasyon süresi 1-7 gün olup, hastalığın başlıca semptomları ateş, kuvvetli karın ağrısı, ishal, kusma, bitkinlik, müközlü ve kanlı gaitadır.
- *Shigella* türleri endotoksin, ekzotoksin ve enterotoksin oluşturur. Bunlar dolaşım sistemi, kalp ve sinir sistemine etki ederler.
- Hastalık etmenleri birçok antibiyotiğe karşı dirençli olup, ağır epidemiler yapabilir. 1968-1969 yıllarında, Orta Amerika'da 14.000 kişinin ölümüne sebep olmuştur. 1986 yılından bu yana Avrupa'da bilhassa hastalık yapıcı olarak aktüalitesini arttırmıştır.
- Genel olarak Shigellosis olarak adlandırılan bu hastalıklara basilli dizanteri de denir.

***Coxiella burnetii* enfeksiyonu**

- Bir Riketsiya (zorunlu hücre içi parazit)
- Kısa çubuk şeklinde, Gram (-) ve Gram değişken.
- Pastörizasyonla ölür (62,8°C'de 30 dak., 71,1°C'de 15 san.)
- Q humması denilen hastalığa sebep olur.
- İnkübasyon süresi 2-4 hafta, ateş ve bunu takiben halsizlik, iştahsızlık, kas ağrısı.
- Ateşli dönemde bakteriyemi oluşur.
- Kronik vakalarda öksürük, göğüs ağrısı, karaciğerde hasar ve endokardit görülür.
- Sığır, koyun, keçi bu bakterinin kaynağıdır. İnsanlara böcek ve sineklerle de taşınabilir.

***Brucella* enfeksiyonu**

- *Brucellaceae* fam.na ait hareketsiz, sporsuz, Gram (-), kokobasil, aerob bir bakteridir.
- Hayvanlarda düşük ve kısırlığa, insanlarda Brucellosis veya Malta humması denilen enfeksiyona sebep olur.
- *B.melitensis* koyun ve keçilerde, *B.abortus* sığırlarda, domuzlarda *B.suis* bulunmakta ve bu hayvanlar aracılığı ile insanlara geçebilmektedir.
- İnkübasyon süresi 3-21 gün, bazen 7 ay olabilir.
- Bakteri farinks ve bademcik mukozalarına nüfuz edip kemik, eklem, sinir sistemi, cinsel organlar gibi farklı bölgelerde kolonize olabilmektedir.
- Spesifik bir belirtisi yok. Akut formda ilk belirtiler; ateş, terleme, üşüme, halsizlik, vücutta özellikle göğüs ve eklemlerde ağrılar, kilo kaybı ve halsizliktir.
- Bazı hastalarda (%10-15) enfeksiyon sonrası komplikasyonlar görülebilir. Bunların başında osteomyelit (kemik iltihabı) gelir.
- Kronik formu bir yıldan fazla sürer. Bu durumda tekrarlayan ateş, çeşitli ağrılar, depresyon, uykusuzluk görülebilir.
- Hayvanların aşılınması, hayvansal ürünlerin yeterli ısıl işleminden geçirilmesi başlıca tedbirlerdir.

Viral enfeksiyonlar

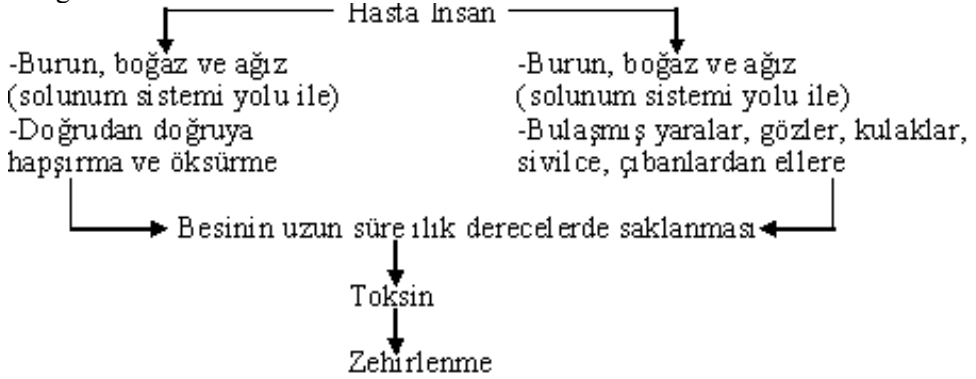
- İnsanlarda hastalık yapan gıda kaynaklı viruslar enterik viruslar olup en önemlileri;
 - Çocuk felci (poliomyelitis): Çiğ süt ile bulaşabilir. İnk. süresi 5-35 gün. Belirtileri; ateş, kusma, baş ağrısı, kaslarda ağrı ve felç. Aşı ile kontrol altına alınabilir.
 - Hepatit A (enfeksiyöz sarılık): Fekal-oral kontaminasyonla bulaşır. Deniz kabukluları en önemli bulaşma kaynağı. İnk. süresi 10-50 gün.
 - Viral gastroenteritis: Coxackie, ECHO ve benzer enteroviruslar sebep olur. İnk. süresi 27-60 gün. Belirtiler; ateş, kusma, ishal, karın ağrısı ve baş ağrısı.
 - Kuş gribi:

Gıda Kaynaklı Bakteriyel İntoksikasyonlar

Staphylococcus aureus intoksikasyonu

- Stafilokoklar, mikroskop altında üzüm salkımı şeklinde gözüken bakterilerdir. Bir lokal enfeksiyon etmeni olan *S.aureus*, birçok gıdada üreme yeteneğine sahiptir. Enterotoksin üreten suşların çoğu koagülaz (+) özellik gösterir. Fakat koagülaz (+) olan stafilokokların hepsi enterotoksijen değildir.
- *S. aureus*'un ürettiği toksinler, serolojik olarak altı tipe ayrılırlar (A, B, C1, C2, D, E). Bunların toksisiteleri de farklıdır; Enterotoksin-A en etkili olanıdır (asgari doz 1 ng/kg). Bu bakterinin gelişmesi ve toksin üretmesi için gerekli şartlar gıdaya göre farklılık gösterir.
- 4-46 °C ler arasında en hızlı çoğalma gösterir. Düşük su aktivitesine (0,86) dirençli olup, yüksek tuz konsantrasyonundan etkilenmez. Asit toleranslıdır; aerobik şartlarda 4,8 pH değerinde gelişebilmektedir.
- Enterotoksinleri basit protein yapısındadır. Gıda zehirlenme vakalarında en yaygın toksin tipleri A ve D'dir. Toksinlerin en önemli özelliği, ısıl işleme dayanıklı olmalarıdır. Sterilizasyonda 117°C'de inaktive olurlar.
- Stafilokoklar Gram (+), aerobik, sporsuz ve pastörizasyonla kolayca öldürülebilen bakterilerdir. Katı kültür ortamlarında geliştirildiklerinde çeşitli renklerde koloniler oluştururlar. Bu renklerine göre de isimlerini alırlar:
 - Altın sarısı pigment yapanlar: *Staphylococcus aureus*
 - Sarı pigment yapanlar : *S.citrus*
 - Beyaz pigment yapanlar : *S.albus*
- Enterotoksine sahip bütün *S. aureus*'lar, kanlı agarda beta hemoliz yapar; insan veya tavşan kanından hazırlanan plazmayı koagüle eder (pıhtılaştırır). %7,5 oranında tuz (NaCl) bulunan ortamlarda çoğalır ve mannitolü fermente ederek asit ve gaz yaparlar.
- Hastalık, insanların bu bakterilerle kirlenmiş gıdaları yemesinden 1-6 saat sonra ortaya çıkar.
- Belirtileri bulantı, kusma, şiddetli karın ağrısı ve ishaldir.
- Belirtiler, hafif, orta ve ağır derecelerde görülebilir ve bir ya da iki gün gibi kısa sürede kaybolur.
- İyileşme normal ve tamdır; genellikle ölüme neden olmaz ve vakaların büyük bir kısmı tedavi gerektirmez.

- Stafilokokların en önemli kaynağı insandır. Aşağıdaki şema, insandan kaynaklanan bu tür zehirlenmenin ne şekilde meydana geldiğini göstermektedir:



Stafilokok gıda zehirlenmesi, kaynak ve yolları

- Sağlıklı kişiler de bu bakterileri ağız, boğaz ve burunlarında taşırlar. Enfekte yaralar özellikle stafilokok bakterileri açısından çok zengindir. Vücudun iltihaplı herhangi bir yeri; ağız, boğaz, sinüsler, kulaklar, burun, sivilceler bol miktarda stafilokok bakterileri ihtiva ederler.
- Bakteriler gıdalara, çalışanların dikkatsizliği veya öksürmek; burun, ağız, kulak, kapı tokmağı, para gibi yerlere dokunduktan veya mendil kullandıktan sonra elleri yıkamadan gıdaları ellemek, tuvalete gidip geldikten sonra elleri iyice veya hiç yıkamadan gıda hazırlama işini sürdürmek, bu bakterinin bulaşmasına neden olur.
- Stafilokok zehirlenmesine bazı gıdalar diğerlerinden daha uygundur. Aynı şekilde bazı besinlerin hazırlanma şekilleri de bakterinin üremesini hızla artırır. (Protein bakımından zengin gıdalar ve bunlarla yapılmış yemeklerde olduğu gibi).
- Etler, tavuk, balık, süt, yumurta, kabuklu deniz ürünleri, salam, sosis, sucuk, kıymalı yemekler, et suyu ile yapılmış çorba ve soslar, yumurtalı, şekerli ve sütlü karışımlar, kremalı pastalar vb.
- Bu gıdalar az asitli olduklarından, stafilokoklar bu gibi gıdalarda kolay bir şekilde çoğalırlar. Yoğurt gibi yüksek asitli gıdalar yumurta ile karıştırılıp kullanıldığında asitliği azalır ve stafilokokların üremesi için uygun bir ortam haline gelebilir.
- Gıda hazırlama sırasında çok ellenen ve uğraşılan gıdalar; etin kemikten ayrılması, doğranması, makinede kıyma yapma, dövme, şekil verme gibi işlemler gıdaların bakteri ile kirlenmesini artırır.
- *S.aureus* 4-46°C'ler arasında çoğalırlar, 47 °C ve daha yüksek sıcaklıklarda ölürler. Bu bakterilerin ürettiği toksinler yüksek sıcaklığa dirençlidirler. Bu nedenle gıdaların mümkün olduğu kadar bakterilerle kirlenmesini önlemek gerekir.

- Sıcak, yani hemen servisi yapılacak pişmiş gıdaları sıcak (60°C ve üstü), soğuk gıdaları ise soğuk olarak (5 °C ve altında) saklamalıdır. Hemen servisi yapılmayacak veya artan pişmiş gıdaları süratli bir şekilde güvenli sıcaklık derecesine kadar soğutmak gerekir. Bu işlem, kabı soğuk suya daldırarak ve eğer gıdanın görünümünü ve kıvamını bozmayacak ise, ara sıra karıştırarak yapılabilir.
- Pişmiş gıdalar ve kolayca bozulan et gibi gıdalar oda sıcaklığında iki saatten fazla bekletilmemelidir. Böylece bakterilerin çoğalmaları ve toksin yapmaları önlenmiş olur.
- *S.aureus*'un ürettiği toksinler yüksek sıcaklığa dirençli olduklarından kolay tahrip edilemezler. Etkisini derece derece kaybetmekle beraber, 20-60 dakika kadar kaynatma, toksini tamamen etkisiz hale getiremez. Yemekleri pişirme süreci stafilkokları öldürdüğü halde toksini tahrip edemeyeceğinden zehirlenme yine meydana gelebilir.
- Bütün bunların yanı sıra, gıda hazırlamada çalışan kişiler sağlıklı olmalı, çalışma sırasında sağlık ve temizlik kurallarına uymalıdır.

***Clostridium botulinum* intoksikasyonu (Botulizm)**

- Botulizm *Clostridium botulinum* nörotoksininin neden olduğu bir intoksikasyon olup üç farklı şekilde oluşabilir.
- Bunlardan en yaygın olanı toksin oluşmuş gıdanın tüketilmesi ile ortaya çıkan gıda intoksikasyonudur.
- “Yara botulizmi” olarak adlandırılan ikinci tipi çok seyrek görülür ve *C. botulinum*'un enfekte ettiği bir dokuda toksin oluşturması sonucu ortaya çıkar.
- “Bebek botulizmi” olarak adlandırılan tipte ise bağırsaklarda kolonize olan ve üreyen *C.botulinum*'un ürettiği toksin hastalığa neden olur. Yara ve bebek botulizmlerinde toksin *in-vivo* olarak üretilmekte ve toksikasyon, bakterinin oluşturduğu enfeksiyondan sonra ortaya çıkarmaktadır (toksikoenfeksiyon).
- Botulizm zehirlenmeleri ve ajanı ilk olarak 1896'da Van Emmergen tarafından bulunmuştur. *Clostridium botulinum*'un ekzotoksinlerinin gıda ile ele alınmasından dolayı bu zehirlenme meydana gelir.
- Bu çeşit zehirlenmeler Avrupa ve bilhassa Amerika'da oldukça fazla görüldüğü halde ülkemizde nadiren rastlanmaktadır. Bu, Türk Mutfağının iyi pişmiş yemeklere sahip olmasına dayanmaktadır. Botulizme bilhassa evlerde, usulüne uyulmadan hazırlanan konserve, sucuk ve pastırma gibi ürünlerin tüketilmesi sebep olmaktadır.
- Botulizm, diğer gıda kaynaklı hastalıklara oranla daha seyrek görülmekle birlikte, ölüm oranının yüksek olması nedeniyle önemlidir. A.B.D’de 1899-1977 yılları arasında tespit edilen 766 botulizm vakasından 1966 kişi etkilenmiş ve bunlardan 999 kişi (%50,8) ölmüştür.
- Bu ülkede yapılan bir başka çalışma sonucuna göre 1960-1977 yılları arasında 186 vakada 448 kişi zehirlenmiş ve 82’si (%18,3) ölmüş; 1978-1983 yılları arasında da 91 vakada 201 kişi zehirlenmiş ve 26’sı (%12,9) ölmüştür.
- Düşük asitli sebze konserve, balık ve et ürünleri, füme etler ve balıklar, botulizm vakalarında en sık rastlanan gıdalar olmakla birlikte, alüminyum folyoya sarılmış fırınlanmış patates, zeytinyağı içinde saklanan sarımsak gibi farklı gıdaların neden olduğu botulizm vakaları da bildirilmiştir.

- 1978’de 59 kişi, alüminyum folyoya sarılıp oda sıcaklığında tutulan fırınlanmış patatesten A tipi botulizm, 1985’de zeytinyağında tutulan sarmısaktan 36 kişi B tipi botulizm zehirlenmesi geçirmiştir.
- *C. botulinum*, obligat anaerobik, gram pozitif (+), kapsülsüz, peritrik kamçılı, hareketli, 0,5-0,8 x 3,0-8,0 mm boyutlarında, çubuk şeklinde, sporlu bir bakteri olup sporları oval veya silindiriktir ve hücrede terminal veya subterminal olarak bulunur.
- *C. botulinum*, ürettiğı farklı antijenik yapıdaki nörotoksinlerin tiplerine göre yedi tipe ayrılırlar. Bu nörotoksinler; A, B, C, D, E, F ve G’dir.
- Bunlardan toprak ve yeryüzünde yaygın olarak bulunan A ve B tipi pek az olarak da E tipi insanda zehirlenmeye yol açar. E tipi topraktan izole edilmekle birlikte çoğunlukla deniz suları, balık bağırsakları deniz ve göl diplerindeki çamurdan izole edilmektedir. Bu sınıflamada yer alan *C. botulinum* tiplerinin genel özellikleri aşağıda verilmiştir.
 - Tip A: A.B.D’nin doğu bölgelerinde insanlarda botulizme neden olur, Tip B’ye oranla daha toksiktir.
 - Tip B: Bütün dünyada yaygındır, insan patojenidir.
 - Tip C: Kümes hayvanları ile yaban ördekleri başta olmak üzere kanatlı hayvanları ve sığır vb. memeli hayvanlarda patojendir.
 - Tip D: Özellikle Güney Afrika Cumhuriyetinde sığırlarda ve diğere bazı hayvanlarda patojendir. İnsanlarda hastalığa neden olmaz.
 - Tip E: Akarsular, göller ve denizlerin dibinde yaşar. İnsanlar için patojen olup daha ziyade su ürünlerinde önem taşır.
 - Tip F: Toksinin özelliğı açısından A ve B tiplerine benzer ve insanlarda zehirlenme etmenidir. Danimarka’da izole edilmiştir.
 - Tip G: Arjantin’de topraktan izole edilmiştir, insanlarda gıda kaynaklı botulizme veya tipik bebek botulizmine neden olduğu ispatlanmamıştır. Ancak İsviçre’de çocuklarda ani ölümlere neden olduğu belirtilmiştir.
- *C. botulinum* kültürel ve fizyolojik özelliklerine göre sınıflandırıldığında ise 4 gruba ayrılır.
 - Grup I: Tip A’nın bütün suşları (proteolitik) ve tip B ile F’nin proteolitik suşları
 - Grup II: Tip E’nin bütün suşları (proteolitik değıl) ve tip B ile F’nin proteolitik olmayan suşları
 - Grup III: Tip C ve D. Bu iki tip de proteolitik değıldir.
 - Grup IV: Tip G suşları, proteolitik aktivite zayıftır.
- Gıdalarda *C. botulinum*’un gelişimi ve toksin üretimi çeşitli faktörlere bağıdır. Bunlar; gıdanın cinsi ve özellikleri (besin elementleri içeriğı, su oranı ve aw, pH değeri, O-R potansiyeli, tuz miktarı vb.) ile depolama sıcaklık ve süresidir.
- *C. botulinum* en iyi nötral pH’da gelişebilmektedir. Genel olarak pH 4,7 ve altında toksin üretemez. Üreme ve toksin oluşumu için maksimum pH değeri 8,89’dur. *C. botulinum* genel olarak pH 4,5’in altında ürememekte ve bu yüzden asidik gıdalar botulizm açısından güvenli kabul edilmektedir. Ancak pH’si 4,5’in altında olan domates suyu, meyve konserveleri gibi bazı gıdaların neden olduğu botulizm vakaları bilinmektedir. Bu tür gıdalarda

C.botulinum'un gelişimine imkan sağlayan durumlar şu şekilde açıklanmaktadır:

- Normalde asidik olan bir gıdada pH'yi yükseltecek mikroorganizmaların (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Mycoderma*, *Trichosporan* bazı *Bacillus* türleri) gelişmesi ve gıda pH'sının *C.botulinum*'un gelişmesine uygun bir seviyeye yükselmesi.
- Asit eklenerek pH'sı düşürülen gıdalarda asitlendirmenin homojen olarak yapılmaması ve gıda pH'sı daha yüksek bölgelerin kalması (GDL)
- Et, balık ile düşük ve orta asitli konserve gıdalar toksin üretimi için elverişli ortamları oluştururlar. Gelişme için minimum aw değeri A ve B tipleri için 0,94 E tipi için 0,97'dir.
- Gelişme sıcaklığı aralıkları A ve B tiplerinde 10-48°C, E tipinde 3,3-45°C dir. Optimum sıcaklıklar ise 26-35°C arasındadır.
- Toksin yüksek moleküllü protein yapısında olup molekül ağırlığı 200.000 ile 900.000 arasındadır.
- *C. botulinum* nörotoksini, bilinen en kuvvetli biyolojik toksin olup 1 gramı 10 milyon insanı öldürecek güçtedir. LD50 değerinin 1 ng/kg vücut ağırlığı olduğu bildirilmiştir.
- *C. botulinum* toksinin yüksek sıcaklığa duyarlılığı önemli bir özelliğini oluşturur. Toksinin en fazla oluşma sıcaklığı 35°C'dir. A tipi toksin 80°C de 6-10 dakika içerisinde, B tipi toksin ile 90°C de 15 dakikalık ısıl işlemle inaktive olmaktadır. Sporları ise 115°C da 15 dakikada öldürülebilirler. Tip E'nin sporlarının ise 80°C de 15 dakikada inaktive olduğu bildirilmiştir. Toksin direkt güneş ışığından ve havadan olumsuz yönde etkilenir. Havasız ortamda ve karanlıkta -79°C da dahi etkisini kaybetmez. Ayrıca asitlere karşı da dayanıklı olup mide asidinden etkilenmez.
- Zehirlenmeye genellikle et ve sebze (düşük asitli) konserve, dumanlanmış sucuk, çiğ pastırma, tuz konsantrasyonu %5'den az olan salamura balıklar yol açar.
- Bakterinin sporları, oksijen yetersizliğinin bulunduğu yerlerde çimlenirler. Bakteri kolonilerinde etkin olmayan protoksin açığa çıkar. Protoksinler, bunları yiyen hayvanların bağırsaklarında protein parçalayan enzimlerin etkisiyle toksine çevrilir.
- Toksinler sinir ve kas arasındaki birleşme noktasında, kas kasılmasını sağlayan elektriksel sinir uyarlamalarını ileten kimyasal taşıyıcı asetil kolinin açığa çıkmasına engel olarak, felç oluştururlar. Zehir kaynar suda 10 dakika içinde parçalandığı için besinlerin kaynatılması intoksikasyonu önler.
- *C. botulinum* intoksikasyonuna en çok neden olan gıdaların başında düşük asitli ev konserve, gelmektedir. ABD'de yapılan bir çalışma botulizm vakalarının %72'sine ev yapımı konserve, neden olduğu bildirilmiştir. Avrupa ülkelerinde konserve et ve et ürünleri *C. botulinum* zehirlenmelerinde yaygın olan grubu oluştururken, ABD'de sebzeler özellikle düşük asitli sebze konserve, (mısır, fasulye, ıspanak, kuşkonmaz, pancar) yaygın olarak yapılmasıdır. Kanada, Japonya, eski Sovyet ülkeleri ve İran'da ise genellikle balık ve balık ürünleri botulizme neden olur.

- Gıda intoksikasyonunda inkübasyon süresi genelde 12–36 saat olmakla birlikte 2 saat ile 8 gün arasında olabilir.
- İnkübasyon süresi kısaltıkça ölüm oranı da artmaktadır. Hastalığın başlangıcında bulantı, kusma ve ishal gibi gastrointestinal belirtiler ve halsizlik, baş dönmesi, baş ağrısı görülebilmektedir. Bu ilk belirtiler spesifik değildir. Botulizmin tipik belirtileri başladığında ise kabızlık ortaya çıkar. Belirtiler arasında ateş yoktur. Botulizm; halsizlik ve kaslarda güçsüzlük ile başlar, bu belirtileri göz kapağının düşmesi, midriazis (göz bebeğinin gelişmesi), bulanık ve çift görme (diplopi), ağızda kuruluk, konuşma ve yutkunmada zorlanma, sıcaklık hissi, yüz adalelerinin gevşemesi, dil ve ekstremitelerde adaleleri zayıflığı, felç artışı gibi semptomlar takip eder. Teneffüs muntazam değildir. İstemsiz kaslarda giderek artan felç oluşur ve ağır hallerde solunum felci sonucu oluşan solunum yetmezliğinden 3-5 gün içinde ölüm görülür. Ölüm solunum yetersizliğine bağlandığından erken devrede yapay bir solunum sağlanması hastanın hayatını kurtarabilir.
- Ancak 24 saat ve 2-3 hafta arasında değişen sürelerde ölüm gerçekleşebilir. Hasta 10 günlük devreyi geçirirse iyileşme mümkündür. Ölüm oranı toksin tipine, coğrafi bölgelere bağlı olarak %30-80 arasında değişebilmektedir. Hastanın kurtulması durumunda tam olarak iyileşme aylarca (6 ay veya daha uzun) sürer. Kısmi felç 6-8 ay sürebilmektedir.
- Bilinen tek tedavi yöntemi, antitoksin ile toksinin nötralizasyonudur. Bakterinin toksinine karşı hazırlanmış olan özel serumlar tatbik edilir. Önce polivalan (A ve B tiplerini içine alan) serum kullanılır. Toksin tipinin tayini mümkün olduğu takdirde o tipe ait monovalan serumla tedavi edilir.
- Ancak genellikle tipik semptomlar başladıktan sonra tedavi sonuç vermez. Mevcut toksinin vücuttan uzaklaştırılması (kusturma, gastrik lavaj vb. işlemler) ve suni solunum tedavisi yardımcı olmaktadır. Genellikle solunum kaslarının felç olması nedeniyle ölüm görüldüğünden trekotomi yapılarak suni solunum uygulaması gerekebilir.
- Oldukça tehlikeli olan botulizm zehirlenmesine meydan vermemek için, gerek gıda endüstrisinin gerekse tüketicinin dikkat edeceği bazı noktalar vardır. Bunlardan birisi ve en önemlisi gıda endüstrisinin işi olup, konserve ve gıdalar için öngörülen sıcaklık dereceleri ve sürelerinin tam uygulanmasıdır.
- Ayrıca, *C. botulinum* gelişimine imkan sağlayacak kısmen veya tamamen anaerobik bölümlere sahip bütün gıdaların, bu bakterinin gelişimini inhibe edecek şekilde pH, tuz, kimyasal koruyucu (et ürünlerinde sodyum nitrit veya nitrat gibi) ve benzeri diğer antimikrobiyal uygulamalarla korunması gerekir.
- Tüketicinin dikkat edeceği hususların en önemlisi kapakları şişkin, paslı, zedelenmiş, sızıntı yapan ve açıldığında köpüklü görünümü olan, rengi ve kokusu bozuk konserve gıdaların kullanılmamasıdır. Böyle konserve ve gıdaların kontrol amacıyla tadına bile bakılmamalıdır. Bu tip şüpheli gıdalar imha edilmelidir.
- Pişirilmiş ve oda sıcaklığında bekletilmiş fakat yeniden ısıtılmamış gıdalar yenilmemelidir. Çiğ veya pişirilmiş gıdalar dondurulup buzu çözöldükten sonra oda sıcaklığında bekletilmemeli, bekletilmiş veya unutulmuş olanlar yenilmemelidir. Ayrıca konserve gıdalar serin, gölge ve kuru yerde saklanmalıdır.

- Tüketicinin dikkat edeceği hususların en önemlisi kapakları şişkin, paslı, zedelenmiş, sızıntı yapan ve açıldığında köpüklü görünümü olan, rengi ve kokusu bozuk konserve gıdaların kullanılmamasıdır. Böyle konserve gıdaların kontrol amacıyla tadına bile bakılmamalıdır. Bu tip şüpheli gıdalar imha edilmelidir.
- Pişirilmiş ve oda sıcaklığında bekletilmiş fakat yeniden ısıtılmamış gıdalar yenilmemelidir. Çiğ veya pişirilmiş gıdalar dondurulup buzu çözöldükten sonra oda sıcaklığında bekletilmemeli, bekletilmiş veya unutulmuş olanlar yenilmemelidir. Ayrıca konserve gıdalar serin, gölge ve kuru yerde saklanmalıdır.

***Bacillus cereus* intoksikasyonu**

- *Bacillus cereus*, *Bacillaceae* familyasına ait bir bakteri olup toprak ve bitki örtüsü üzerinde yaygın bir şekilde bulunur. Sporlu, hareketli, aerobik bir bakteridir. Peritrik flagellaya sahiptir. Hücre boyutları 1-2,2 x 3,0-5,0 mm arasındadır. Optimum üreme sıcaklığı, suşlara göre 28-35°C arasında değişmekle birlikte genelde 30°C dir.
- *B. cereus* süt ve süt mamüllerinde çok yaygın olup termodürik süt bakterilerindendir. Çiğ sütlerde her zaman bulunur. 63°C’de 30 dakikalık pastörizasyonda sporları canlı kalır. Spor ve vejetatif hücreler ile pastörizasyon sonrası kontaminasyon da olmadığı durumlarda oda şartlarında süt kalitesini etkileyen en önemli organizma *B. cereus*’dur. Bu organizma sütte tatlı pıhtılaşma yaptığı gibi, parçalı krema (bitty cream) denen bir bozulmaya da neden olur.
- Sütte çok yaygın olmasına rağmen süt ürünlerinde *B.cereus* zehirlenmesine az oranda rastlanmasının en önemli nedeni, yüksek sayıda *B. cereus* varlığında süt ve süt ürünlerinde bozulmanın hissedilmesi sonucu bu ürünlerin tüketilmemesidir. Süt dışında pirinç, diğer tahıllar, nişasta, baharat, kuru gıdalar, et ve tavukların yüzeylerinden sıklıkla izole edilir.
- *B. cereus*, ilk defa Hauge (1950-1955) tarafından Norveç’te 600 kişiyi etkileyen dört ayrı gıda zehirlenmesi vakasında, etiyolojik etmen olarak bildirilmiştir. Dört vakada da zehirlenmeye neden olan gıda, hazırlanmış ve bir gün bekletilmiş vanilya sosudur. Bundan sonra birçok Avrupa ülkesinde de *B. cereus* vakası tespit edilmiştir.
- Oldukça geniş bir gıda grubu *B. cereus* gıda zehirlenmesine kaynak teşkil etmektedir. Özellikle servis öncesi bir süre bekletilen nişastalı gıdalar *B. cereus* zehirlenmesine duyarlı gıdalardır. Gıdalardan izole edilen organizma sayısının yüksekliği, ön inkübasyon süresinin varlığını göstermektedir. *B. cereus* gıda zehirlenmesi bir intoksikasyon olup, bakteri sayısı belli bir düzeye ulaştıktan sonra ekstraselüler toksin sentezlemektedir.
- *B. cereus*’un toksin oluşturması ortamda bazı besin unsurları varlığına bağlıdır. Organizma toksinini logaritmik faz sırasında sentezler ve salgılar.
- *B. cereus* toksini tripsin ve pepsin enzimlerine duyarlı olup 37°C’de 60 dakikada bu enzimlerin %0,01’lık dozu ile inaktif hale gelmektedir. Toksin, 45°C’de 30 dakikada aktivitesini kaybetmez ancak 56°C’de 30 dakikada inaktif hale geçer.

- *B.cereus*, iki farklı tip enterotoksin (emetik enteretoksin ve diyarejenik enterotoksin) sentezleyebilir ve dolayısıyla iki farklı tip zehirlenme oluşturabilir. Bu toksinlerden diyarejenik toksin protein yapısında tripsin, pepsin enzimlerine ve ısıya karşı duyarlı bir toksin olup hücre sayısı yaklaşık 107/ml olduğunda sentezlenir.
- Emetik toksin ise ısıya ve pH'ya dirençli olup tripsin ve pepsin enzimlerine de dirençlidir. 15-50°C'lik bir aralıkta üretilbilmekle birlikte optimum sıcaklık 35-40°C'dir.
- Nispeten daha hafif seyreden *B. cereus*'un diyare-tip (ishal tipi) gıda zehirlenmesinde inkübasyon süresi 8-16 saat arasında değişmekte olup, genelde 12-13 saattir. Hastalık 6-12 saat sürer ve belirtileri bulantı (kusma çok seyrek), kramp şeklinde karın ağrısı ve sulu ishaldir. Genellikle ateş görülmez. Bu tip *B. cereus* zehirlenmesi, *C. perfringens* gıda zehirlenmesine benzerlik gösterir.
- Diyare-tipi zehirlenmeye neden olan gıdalar arasında; mısır ve mısır nişastası başta olmak üzere tahıllı gıdalar, patates püresi, sebzeler, kıyma, bazı et ürünleri, puding ve çorbalar sayılabilir.
- Daha ağır seyreden, *B. cereus*'un emetik-tip (kusma tipi) gıda zehirlenmesinde ise inkübasyon süresi 1-6 saat arasında değişmekte olup, genel olarak 2-5 saattir. Zehirlenme, *S. aureus* gıda zehirlenmesine benzerlik gösterir. Bu tip zehirlenmeye en çok neden olan gıda grubu pirinçli yiyeceklerdir.
- *B. cereus* zehirlenmelerinin önlenmesinde, özellikle bu bakteri açısından riskli gıdaların tüketimden hemen önce küçük porsiyonlar halinde hazırlanması ve yeterli ısıtma işlemi görmesi önemlidir. Hemen tüketilmeyecek gıdaların ise hızla soğutularak soğukta saklanması ve tekrar ısıtma uygulanacaksa ısıtma işleminin 74°C'yi geçecek şekilde uygulanması, alınabilecek önlemler arasındadır.

GIDA KAYNAKLI KÜF İNTOKSİKASYONLARI

MİKOTOKSİKOZİS

- Mikotoksinler, küflerin salgıladığı, insan ve hayvanlarda hastalık oluşturan antijenik özellik göstermeyen sekonder metabolik ürünlerdir. Mikotoksinlerle kontamine olmuş gıda ve yemlerin tüketilmesi ile ortaya çıkan intoksikasyona mikotoksikozis denir.
- Mikotoksinlerin en az 14 tanesinin karsinojenik etkisi belirlenmiş olup, birçoğu akut veya kronik çeşitli hastalıklara neden olmaktadır.
- *Fusarium* türlerinin neden olduğu toksik lökopeni, *Claviceps* türlerinin neden olduğu ergotizm, *Penicillium* türlerinin neden olduğu sarı pirinç zehirlenmesi gibi mikotoksikozislerin tarihi önemi vardır ve bunlar geçmişte özellikle Rusya, Japonya ve Avrupa'da salgınlar halinde hastalıklara neden olmuşlardır.
- Günümüzde 300'den fazla mikotoksin bilinmekte olup mikotoksin üreten cinslerin en önemlileri *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* ve *Alternaria*'dır.

Önemli Mikotoksikozis Vakaları

- 1960 yılı mikotoksinlerin kavranmasında dönüm noktasıdır. O tarihe kadar tarımsal ürünlerin küflenmesi sadece ekonomik yönden problem kabul edilirken, 1960 sonrası yüksek canlılarda meydana getirdiği hastalıkların belirlenmesi nedeniyle ilgi odağı olmuştur.
- *Basidiomycota* içinde yer alan şapkalı mantarların ölümcül toksinlerinin (amanita toksin, muskarin, küf atrofini) bilinmesine rağmen filamentli fungusların toksinleri üzerinde fazlaca bilgi toplanmamıştı. Ancak 1960 yılında; oral alımlarla canlılarda çok kuvvetli toksik etki gösteren, aynı zamanda kanserojen özellikte, aflatoksin adı verilen bir metabolitin keşfinden sonra mikotoksinler yoğun araştırılan bir konu olmuştur.
- Oysa küflerin insan ve hayvanlarda hastalık yaptıklarına, hatta toplu ölümlere yol açtıklarına dair veriler hayli eski tarihlere gider. Çok eskiden beri bilinen, kayıtlara en fazla geçen şapkalı mantarlar dışında küf zehirlenmesi *Claviceps purpurea* ile enfekte olmuş tahılların tüketilmesi sonucu görülen, ergotizm adı verilen mikotoksikosis olayıdır. Burada etkili madde küfün yapmış olduğu ergot alkaloididir (ergotoksin).
- M.Ö. 600 yılında çavdar mahmuzu adı ile anılan *Claviceps purpurea* sklerotialarıyla bulaşmış tahılların zararlı etkilerinden Asur tabletlerinde söz edilmiştir.
- M.Ö. 400 yılında da Sparta'da ilk toplu zehirlenmeye ilişkin kayıtlar bulunmuştur. Orta çağda binlerce insan ergotizme yakalanmış, o tarihlerde Aziz Antonius humması adı verilen hastalık literatüre karıncalanma ve uyuşma semptomları gösteren sinir hastalığı olarak geçmiştir.
- *Penicillium* türlerinin pirinçler üzerinde toksin oluşturmalarına bağlı olarak, pirinçlerin tüketimi ile insan sağlığının bozulduğu 1890 yılından beri Japon patoloğlar tarafından bilinmekteydi. Sarı pirinçlerde görülen bu toksisite olayının aydınlanması yine 1960' lı yılları beklemiştir. Bugün *Pen. islandicum* ve *Pen. citreoviride* gibi türlerin sarı pirinçler üzerinde luteosikrin, sitrinin,

sitreoviridin gibi mikotoksinleri oluşturdıkları, bu nedenle pirinçlerin zehirlenmeye neden oldukları bilinmektedir.

- 1928 yılında Almanya ve İskandinav ülkelerinde domuzlarda nefropati teşhis edilmiştir. Böbrek hastalığına neden olan ve *Aspergillus ochraceus* tarafından oluşturulan klorlu izokumarin yapısındaki OTA bulunmuş, bunun Yugoslavya, Bulgaristan, Romanya gibi ülkelerde ortaya çıkan Balkan endemik nefropatisinin de nedeni olduğu ise çok daha sonra anlaşılmıştır.
- Atların küflü yemlerle beslenmeleri sonucundaki ölümlerine özellikle Doğu Avrupa' da rastlanmıştır. Halk arasında saman hastalığı olarak bilinen bu mikotoksikosis aslında *Stachybotrys atra* 'nın neden olduğu stachybotryotoksikosisdir.
- Atların zehirlenerek ölümüne neden olan etkili mikotoksinler; satratoksin, verrukarin, roridin olup at başına alınan 1 mg doz akut etkiye ve hayvanın 6-72 saat içinde ölümüne neden olur.
- *Penicillium rubrum*'un izole edildiği küflü mısırlarla beslenen at ve sığırların ölümüne ilişkin raporlar da 1927 yıllarına kadar uzanır. *Pityomyces chartarum* küfü ile bulaşık yemlerle beslenen koyun ve sığırlarda yüz ekzemasının görüldüğü yine 1960 öncesi bilgiler arasındadır.
- 1942-1944 yılları arasında Rusya' nın Orenburg bölgesinde binlerce insanın ölümü ile sonuçlanan mikotoksikosis olayı "Alimentary Toxic Aleukia" ATA" (beslenmeye bağlı toksik etki ile kanda lökosit sayısının düşmesi sonucu oluşan lösemi) olarak tarihe geçmiştir.
- Bu büyük yıkıma, savaş nedeniyle zorunlu olarak tarlada kışlatılan tahılların yol açtığı anlaşılmıştır. Tahıllar üzerinde üreyen *Cladosporium*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Mucor* ve özellikle de *Fusarium* türlerinin oluşturduğu mikotoksinlerin ölüme neden olduğu açıktır.
- Bugün *Fusarium*'un T-2 toksininin yanında trikotesenlerin ölüme rol oynadığı bilinmektedir.
- 1960 yılında İngiltere' de 100 000 hindi palazının, ABD'de 1 000 000 genç alabalığın ani ölümü şaşkınlığa sebep olmuş, hastalığa "Turkey X hastalığı" ismi verilerek nedenleri araştırılmıştır.
- Sonunda hindi palazlarının yemlemesinde kullanılan Brezilya kökenli küflü yer fıstığı küspesinden *Aspergillus flavus* izole edilmiş ve onun metaboliti olan difurankumarin yapının ölüme neden olduğu gösterilmiştir.
- Bu metabolite kökenini belirtmek için aflatoksin adı verilmiştir. İlginçtir ki 1910 yılında bir araştırmacının küflenmiş Brezilya cevizinden *Asp. flavus*' u izole ettiği ve bu küfü toksisiteden sorumlu tuttuğu halde bunun üzerinde fazlaca durulmamış ve 1980 yılında yapılan bir çalışma ile ilk veriler tekrar doğrulanmıştır.
- Aflatoksinin bulunuşu ile toksik etkiye sahip sekonder metabolitler önem kazanmış ve 40 yıldır üzerinde sayısız araştırmaların yürütüldüğü oldukça geniş bir madde grubu oluşmuştur.
- Bugün geline nokta insanları bu toksik grubun etkilerinden korumak amacıyla mikotoksinlerin gıda ve yemlerde bulunabilecek (tolere edilebilir) en yüksek miktarları yasal düzenlemelerle belirlenmekte, her ülkenin limit (sınır) değerleri farklı olsa da uluslararası ticarete belli normlara yaklaşmak için çaba sarf edilmektedir.

Gıdalarda Bulunan Mikotoksinler ve Üretici küfler

- Mikotoksin sentezleme yeteneğinde olan küf sayısı 350 civarındadır. Yine de bu sayı tüm küfler içerisinde oldukça düşük bir sayıdır.
- Test edilen binlerce küf türünden büyük çoğunluğu mikotoksin oluşturmamıştır.
- Burada en önemli mikotoksin üreticilerinden ağırlıklı olarak *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* ve *Alternaria* cinsleri ve toksinleri üzerinde durulacaktır.
- Çizelge' de bu dört cinsin oluşturduğu başlıca mikotoksinler görülmektedir. Aflatoksin gurubundaki türevler 18 civarındadır.
- Okratoksinler de yapı benzerliği bulunan 7 bileşiği içine alır. Ancak en önemlisi OTA'dır.
- Triketesinlerin 40 türü vardır, hatta bu gruba 150 bileşiğin dahil olduğu ileri sürülmektedir.
- *Alternaria* toksinleri de 30'un üzerinde farklı metabolit sergiler.
- Çizelge' de, bugün 18 olduğu bilinen aflatoksin türevlerinden bazıları, 7 adet yapı benzerliği bulunan okratoksinlerden yalnızca en önemli olan OTA verilmiştir.
- Başlıca mikotoksin üreticilerinden *Alternaria* ve *Fusarium* cinsleri tarla küflerine, *Penicillium* ve *Aspergillus* ise depo küflerine girmektedir.
- Her ürünün yapısına, bileşimine, nem oranına, bulunduğu klima şartlarına göre ürünün üzerinde gelişen küf cinsleri, türleri, oranları, oluşturdukları mikotoksin çeşitleri ve miktarları değişir.

Çizelge. Gıda ve yemlerde görülen başlıca mikotoksin üreten cinsler ve ürettikleri mikotoksinler.

<i>Aspergillus</i> toksinleri	<i>Penicillium</i> toksinleri	<i>Fusarium</i> toksinleri	<i>Alternaria</i> Toksini
----------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	------------------------------

Aflatoksinler AFB1 AFB2 AFG1 AFG2 AFM1 AFM2 AFB2a AFG2a AFB3 Aspertoksin Sitrinin Sterigmatosistinin Okratoksin A Patulin Penisilikasit	Sitrinin Okratoksin A Sitreoviridin Rubratoksin A Rubratoksin B Patulin Penisilikasit P-R (P. roquefortii) toksin Luteosikrin İzlanditoksin Ksantosilin-X Siklopiazonikasit Sitromisetin Rugulosin Ksantomegnin Rugulovasin A Rugulovasin B Verrukulotoksin Emodin	Zearalenon (F2 toksin) Trikotesenler Deoksinivalenol Nivalenol Diasetoksisirpenol T-2 toksin HT-2 toksin Tremortin Fusarin-C Fumonisin B1 Moniliformin	Alternariol Alternariolmono metileter (AME) Alertoksin Tenuazonikasit
--	--	--	--

Çizelge. Gıdalarda bulunan önemli mikotoksinler ve üreticileri

Mikotoksinler	Önemli toksin üreticileri
Aflatoksin	<i>Asp. flavus, Asp. parasiticus, Asp. nomius</i>
Alternaria toksinleri - Alternariol - Alertoksin - Tenuazonikasit	<i>Alt. alternata, Alt. tenuissima</i>
Sitrinin	<i>Asp. terreus, Pen. expansum, Pen. citrinum, Pen. citreonigrum, Pen. verricosum</i>
Siklopiazonikasit	<i>Asp. flavus, Asp. tamarii, Pen. camambertii, Pen. griseofulvum, Pen. puberulum</i>
Fusarium toksinleri - Trikotese - Zearalenon - Fusarin C - Fumonisin	<i>Fus. culmorum, Fus. equiseti, Fus. graminearum, Fus. moniliforme, Fus. poae, Fus. sambucinum, Fus. sporotrichioides, Fus. verticillioides</i>
Okratoksin A	<i>Asp. ochraceus</i> Gr., <i>Asp. alutaceus, Asp. fresenii, Eur. herbariorum, Pen. verrucosum</i> Chemotyp I ve II
Patulin	<i>Asp. clavatus, Asp. terreus, Bys. fulva, Bys. nivea, Pae. variotii, Pen. griseofulvum, Pen. expansum, Pen. roquefortii</i> Chemotyp II

Penisilikasit	<i>Asp. alutaceus</i> , <i>Pen. auratiogriseum</i> , <i>Pen. roquefortii</i> Chemotyp II, <i>Pen. simplicissimum</i> , <i>Pen. raistrickii</i> , <i>Pen. viridicatum</i>
Sterigmatosistin	<i>Asp. versicolor</i> , <i>Emer. nidulans</i> , <i>Eurotium</i> spp. (iz miktarda)

Çizelge. Önemli mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve bulundukları ürünler

Mikotoksin	Toksini üreten fungus türleri	Memeli hayvanlara etkileri	Bulunduğu ürünler
Aflatoksin	<i>Asp. flavus</i> , <i>Asp. parasiticus</i>	hepatotoksik, kanserojen, teratojen (AFB1).	yer fıstığı, fındık vb. yem, süt, peynir
Bisoklamikasit	<i>Byssochlamys fulva</i> (<i>Paecilomyces variotii</i>)	kanama	meyve suları
Sitrinin	<i>Pen. citrinum</i> , <i>Asp. terreus</i>	nefrotoksik, nörotoksik	pirinç, arpa ve unları, fasulye
Siklopiazonikasit	<i>Pen. aurantiogriseum</i> (<i>Pen. cyclopium</i>), <i>Pen. griseofulvum</i> , <i>Asp. flavus</i>	hepatotoksik, kanserojen	un, fasulye, yem, et ürünleri
İzlanditoksin	<i>Pen. islandicum</i>	hepatotoksik	pirinç
Luteoksikrin	<i>Pen. islandicum</i>	hepatotoksik, kanserojen	pirinç, yem
Maltorisin	<i>Asp. oryzae</i>	hepatotoksik	malt embriyosu
Okratoksin	<i>Asp. ochraceus</i> , <i>Asp. alutaceus</i> <i>Pen. verrucosum</i> (<i>Pen. viridicatum</i>), <i>Pen. aurantiogriseum</i> (<i>Pen. cyclopium</i>)	nefrotoksik, hepatotoksik, teratojen, immunosupresif	tahıllar, sebzeler, domuz eti, balık ürünleri, malt

Çizelge. Önemli mikotoksinler, üreticileri, etkileri ve bulundukları ürünler

Patulin	<i>Pen. expansum</i> , <i>Pen. patulum</i> , <i>Asp. clavatus</i> , <i>Asp. giganteus</i> , <i>Byssochlamys nivea</i>	nörotoksik, hücreye toksik	meyveler, meyve suları, malt embriyosu
Penisilikasit	<i>Pen. martensii</i> , <i>Pen. viridicatum</i> , <i>Pen. aurantiogriseum</i> , <i>Asp. alutaceus</i>	Hepatotoksik, nefrotoksik, teratojen	pirinç, pirinç unu
Psoralen	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	dermatoksik, mutajen, nekroz oluşumu	sebze (kereviz)

Rubratoksin	<i>Pen. rubrum</i> , <i>Pen. purpurogenum</i>	Hepatotoksik, teratojen	tahıllar
Sporidesmin	<i>Pithomyces chartarum</i>	Hepatotoksik, dermatoksik	delice otu
Sterigmatosistin	<i>Bipolaris species</i> , <i>Eur. amstelodamii</i>	kanserojen	buğday, yer fıstığı
Trikotesenler (Diasetoksisirpenol, T-2 Toksin, Nivalenol)	<i>Fusarium sporotrichioides</i> , <i>Fus. graminearum</i> , <i>Myrothecium roridum</i> , <i>Trichoderma viride</i> , <i>Trichothecium roseum</i>	Alimentary Toxic Aleukia (ATA), düşük dozlarda kusma, lökopeni, deri nekrozları	tahıllar, fasulye, meyve ve sebzeler
Zearalenon (F-2 Toksin)	<i>Fusarium graminearum</i> , <i>Fus. culmorum</i> , <i>Fus. equiseti</i>	östrojen benzeri etki	mısır, buğday, fasulye, pirinç, yem

Ergotizm (Çavdar Zehirlenmesi)

- Bilinen ilk mikotoksikozis olması bakımından tarihi bir önemi vardır. Bu hastalıkla ilgili ilk kayıtlar 10. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Hastalık etmeni *Claviceps purpurea*'nın metabolik ürünleri olan ergot alkaloidleridir. Ergot alkaloidleri, tıpta kanamayı durdurucu ilaç olarak kullanılmakla birlikte yüksek dozları toksiktir.
- Çayır otları, çavdar, yulaf ve diğer hububat ürünlerinin paraziti olan bu küfün sklerotiumları ile bulaşmış olan taneler, bulaşmış olan bu tanelerden hazırlanmış unlar veya bu küf ile enfekte olmuş otlar, hayvan (koyun, sığır, at) veya insanlar tarafından tüketildiğinde ergotizm ortaya çıkar. Hastalık, iki farklı tipte olabilir. Bunlardan kangren tipinde, el ve ayaklarda yanma hissini takiben bu organların kan dolaşımı durur ve kangren oluşur.
- Kasılmalar şeklinde ortaya çıkan ergotizm ise hastalık halüsinasyonlar ile başlar, bunu öldürücü kasılma nöbetleri izler. Kontrolünde, çayırların çiçeklenmesinden sonra, *C. purpurea*'nın sklerotium oluşturmaya fırsat vermeden biçilerek hayvanlara yedirilmesi ve bununla birlikte hububat tanelerinin uygun şartlar altında depolanması önemlidir.

FUSARIUM TÜRLERİNİN ÜRETTİĞİ TOKSİNLER

- *Fusarium* cinsine ait birçok tür mikotoksin üretmektedir. Bu toksinlerden “trikotesenler” olarak adlandırılan grubun 80'in üzerinde türevi olup, bunlardan T-2 toksini, deoksinivalenol (DON= vomitoksin) ve diğer birkaç tanesi doğal olarak hububat ürünleri ve yemlerden izole edilmiştir. *Fusarium* türlerinin ürettiği diğer mikotoksinler arasında zearalenon, moniliformin, fusarin C, fumonisin gibi toksinler sayılabilir. *Fusarium* toksinlerinden en önemlilerinden biri, toksik lökopeni hastalığına neden olan bir tür trikotesendir.

- Bu hastalık ilk olarak 1913'te Doğu Sibirya'da görülmüş, ancak hastalığa *Fusarium sporotrichioides*'in ürettiği toksinin neden olduğu 1945 yılında bulunmuştur. Bu mikotoksin çok düşük sıcaklıklarda (-10°C'ye kadar) üretilebildiğinden, özellikle kış ayları boyunca tarlada bekletilmiş ürünlerde tehlike oluşturmaktadır. Bulaşıklı hububat ürünlerinin tüketimi sonucu ortaya çıkan ve kan hücreleri ile kan yapıcı dokular üzerinde etkili olan bir zehirlenmedir.
- Toksini sıcaklığa dayanıklı olup 200°C ve üzerinde inaktive olmaktadır. Dolayısıyla tahıllarda bulunan bu toksin, normal pişirme işlemlerinde stabilitesini korumaktadır.

Fumonisin

- Fumonisin ağırlıklı olarak mısırlarda görülmekle birlikte, embriyo kararması hastalığına yakalanmış buğdayda da görülebilmektedir. Fumonisin ilk olarak 1988 yılında *Fusarium verticillioides (moniliforme)*'in metaboliti olarak izole edilmiştir. Fumonisin 6 tipi ayırt edilmiştir. Fumonisin B1 (FB1)'in en toksik etkili olduğu düşünülmektedir.
- Fumonisinin ratlar üzerindeki etkisi; hayvanın ağırlık artışının engellenmesi ve karaciğerinin kanser benzeri değişimlere uğramasıdır. Özellikle Güney Afrika ve Çin'de yemek borusu ve yutak kanserlerinde rolü olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca fumonisinin karaciğer kanserlerini de oluşturabileceği kabul görmektedir. Fumonisin ile kontamine yemlerle beslenen atlarda ölümle sonuçlanan lökoensofalit (beyin iltihabı) hastalığından bu toksin sorumlu tutulmaktadır.

PENICILLIUM TÜRLERİNİN ÜRETTİĞİ TOKSİNLER

Rubratoksin

- *Penicillium rubrum*'un ürettiği bir mikotoksin olan rubratoksin sığır, domuz ve tavuklarda hemorajik bir hastalığa neden olmaktadır. Tabiatla ve toprakta yaygın olarak bulunabilen bu toksin, yer fıstığı, mısır, baklagiller ve ayçiçeğinden izole edilmiştir.

Patulin

- Bu toksin önce “antibiyotik” olarak izole edilmiş ve çeşitli çalışmalarda antibakteriyal ve antifungal etkileri bildirilmiştir. Farelerde karsinojenik ve mutajenik etkileri belirlendikten sonra insanlarda da potansiyel karsinojen olarak düşünülmektedir.
- Başta *Penicillium expansum* olmak üzere birçok tür patulin üretmektedir. Ancak meyvelerde en çok toksin üreten tür *P. patulum*'dur. Patulinin en çok izole edildiği gıdaların başında elma suyu, elma sirkesi gibi elma ürünleri ve meyveler (muz, armut, şeftali ve ananas) gelmektedir.
- Patulin sıcaklığa dirençli bir toksin olup 100°C'de 15 dakika kaynatıldıktan sonra stabilitesini korumaktadır. Dolayısıyla meyve sularına uygulanan pastörizasyon işlemi, bu toksini inaktive etmez.

Sarı Pirinç Zehirlenmesi

- 1981 yılında pirinç üzerinde gelişen bazı küflerin toksik olabileceğinin belirlenmesinden sonra yapılan araştırmalarda, *Penicillium* cinsine ait birçok küf türünün salgıladığı toksinlerin özellikle Japonya ve Asya'da yaygın olan sarı pirinç zehirlenmesine neden olduğu tespit edilmiştir. Küfün pirinç üzerinde üremesinden sonra sarı renkli bir pigment salgılaması ve pirincin sarıya dönüşmesi nedeniyle zehirlenmeye bu ad verilmiştir.
- Zehirlenmeye neden olan en önemli toksinler sitrinin ve sitreoviridindir. Sitrinin, sarı pirinç dışında küflü ekmek, buğday, yulaf, arpa ve benzeri gıdalardan izole edilmiştir. Sitrinin böbreklere zarar veren bir toksindir. Sitreoviridin ise deney hayvanlarında felç, kasılma, kusma, solunum yetmezliği ve koma gibi belirtiler gösteren toksik özelliklere sahiptir.

Penisillik Asit

- Biyolojik özellikleri patuline benzeyen bu toksin, başta *P. puberulum* olmak üzere birçok *Penicillium* türü ve *Aspergillus ochraceus* tarafından üretilmektedir. Mısır ve fasulyelerde tabii olarak bulunan bu mikotoksinin peynirde de üretilbildiği deneysel olarak belirlenmiştir.

ASPERGİLLUS TÜRLERİNİN ÜRETTİĞİ TOKSİNLER

Okratoksin

- Okratoksinler, özellikle *A. ochraceus* grubuna ait türler başta olmak üzere *Aspergillus* grubu küflerin değişik tür ve suşları tarafından üretilen toksik metabolitlerdir ve bunlar içinde en toksik olan Okratoksin A (OA)'dır.
- Okratoksinler hububat ve baklagil ürünleri başta olmak üzere birçok gıdadan izole edilmektedirler. İzole edildiği yerler arasında; yer fıstığı, kırmızı ve karabiber, mısır, buğday, kahve, fındık, ekmek, turuncgiller, bazı fermente balık ürünleri gibi gıdalar, küflenmiş sigara tütünü ve hayvan yemleri ile domuz böbreği, domuz serumu gibi hayvan dokuları veya sıvıları sayılabilir.
- Özellikle Balkan ülkelerinde kalitesiz malttan üretilen BEN hastalığı önemlidir.

Aflatoksin

- Aflatoksinler, 1960'da İngiltere'de bir tavuk çiftliğinde 100.000'den fazla hindinin ölümüne yol açan bir hastalık ortaya çıkmıştır. Hastalığa hayvan yemlerine katılan yerfıstığı unlarındaki küflerin neden olduğu belirlenmiş, yapılan araştırmalarda bu küfün *Aspergillus flavus* olduğu tespit edilmiş, yapılan toksin de aflatoksin olarak adlandırılmıştır.
- Daha sonraki çalışmalar ile *A. flavus* ve *A. parasiticus* başta olmak üzere diğer bazı küf türlerinin de aflatoksin üretebildiği belirtilmişse de son bulgulara göre sadece *A. flavus* ve *A. parasiticus* aflatoksin üreten küflerdir.
- En son yapılan araştırmalarda *Aspergillus nomius*'un da aflatoksin ürettiği tespit edilmiştir.
- Günümüzde aflatoksin ülkemiz açısından önemli bir konuma gelmiştir. Yurdumuzda bu konudaki çalışmalar dışarıya ihraç ettiğimiz ürünlerin aflatoksin içerdikleri gerekçesiyle geri gönderilmeleri üzerine başlamıştır.
 - 1967'de Kanada'ya gönderdiğimiz fındıklarda *Aspergillus flavus* bulunduğu bildirilmiş,

- 1971'de A.B.D'ye satılan 45 parti antep fıstığının 36'sı aflatoksin bulunduğu gerekçesiyle geri gönderilmiştir.
- 1972'de Danimarka'ya satılan mısırlarda 838 mg/kg aflatoksin bulunduğu bildirilmiştir.
- Aflatoksin oluşturan küfler daha çok ürünün hasatından sonra hücrelerde gelişerek, uygun nem ve sıcaklık bulduğunda aflatoksin oluşturmaktadır.
- Aflatoksinin tabii oluşumuna fiziksel ve biyolojik pek çok faktör etki etmektedir.
 - Bunlar arasında iklim şartları özellikle sıcaklık ve nem önemli etkenlerdendir. Aflatoksinlerin üretildiği optimum sıcaklığın 23-26°C, su aktivitesinin ise 0,85 olduğu bildirilmiştir. Ancak diğer faktörlere de bağlı olmak üzere 7,5-40°C arasında aflatoksin üretilebildiğini bildiren çalışmalar mevcuttur. Yine şartlara bağlı olmak üzere aflatoksin üretim süresi 24 saat ile 4-10 gün arasında değişebilmektedir.
- Aflatoksin oluşturan küflerin ürettiği her türlü gıdada aflatoksin bulunabilir. Aflatoksinlerin en sık izole edildiği gıdalar ise; yerfıstığı, mısır ve çığıttır.
- Bunların dışında aflatoksinlerin üretildiği gıdalar arasında yağlı tohumlar, hububat ürünleri, kuru meyveler, kırmızı biber ve patates sayılabilir.
- Aflatoksinli yem ile beslenen hayvanların sütlerinden de toksin izole edilmektedir.
- Aflatoksinin yapılan kromatografik araştırmalar önce 4 komponentten ibaret olduğu, U.V ışığı altında ikisinin mavi floresan, diğer ikisinin yeşil floresan verdiği ve renklere göre mavi renk verenlere (Blue) B1 ve B2, yeşil renk verenlere (Green) G1 ve G2 adları verilmiştir.
- Daha sonra aflatoksin B1 karışımli küspe ile beslenen hayvanların özellikle sütlerinde olmak üzere, idrar ve böbreklerinde aflatoksin B1, B2, G1 ve G2'den küçük Rf değerli ve mavi floresan veren iki komponent daha belirlenmiş, sütte rastlandığı için (Milk) M1 ve M2 denilmiştir. En önemli aflatoksinlerden B1 ortamda çoğunlukla yüksek konsantrasyonda bulunmakta olup, B2, G1, G2 düşük konsantrasyonlardadır. Bilinen aflatoksinlerden en toksik olanı B1'dir. Aflatoksinlerin türevi olan M1'in etkisi B1 ile aynı düzeydedir.
- Potansiyel toksik etkisi en fazla olan 6 aflatoksinin etkileri çoktan aza doğru B1>M1>G1>B2>M2=G2 şeklinde sıralanmaktadır.
- Aflatoksinler, doza ve toksinin vücuda alınma sıklığına bağlı olarak akut ve kronik etkiler oluşturabilmektedir.
- Aflatoksinlerin insanlar ve hayvanlar için toksijenik, mutajenik, teratojenik ve karsinojenik etkileri olduğu bilinmektedir.
- Aflatoksinin vücutta etkilediği organların başında karaciğer gelmekte ve bu yüzden toksin hepatoksin olarak sınıflandırılmaktadır. Çeşitli hayvanlarda karaciğer kanserine neden olduğu tespit edilen bu toksinin insanlarda da aynı etkiyi oluşturduğunu gösteren epidemiyolojik çalışmalar mevcuttur.
- Aflatoksinin detoksifikasyonu için çok sayıda deneysel çalışma yürütülmektedir. Ancak bunlardan pratikte kullanılabilenlerin sayısı azdır.
- Aflatoksin detoksifikasyonunda etkili olabilen maddelerden amonyak, metilamin, sodyumhidroksit ve ozon en çok üzerinde çalışılanlardandır.

- Aflatoksinlerin sıcaklık ile inaktive edilmesi için yüksek dereceler gerekir ve pratikte sıcaklık ile aflatoksin inaktivasyonu mümkün olmamaktadır.
 - Örnek; yerfıstığı ununda B1 aflatoksinini %80 ve B2 toksinini %60 oranında inaktive etmek için 150°C'de 30 dakikalık bir işlem gerekmektedir. Aflatoksinlerin normal pişirme işlemlerine dayanıklı olduğu bildirilmektedir.
- Ultraviyole ışınları uygulaması, bu ışınların nüfuz gücünün az olması nedeniyle birçok gıdada aflatoksin inaktivasyonunda başarısızlıkla sonuçlanmıştır, ancak özellikle ince bir tabaka halindeki süte ultraviyole ışın uygulaması inaktivasyonunda olumlu sonuç vermektedir. Bu ışığın hidrojen peroksit ile birlikte uygulanmasının da M1 toksininin inaktivasyonunda daha etkili olduğu bildirilmiştir.
- Aflatoksin inaktivasyonu için amonyak uygulaması (% 0,5-2 amonyak gazı) mısırdaki başarılı sonuçlar vermiştir, ancak bu işlemden sonra mısırın kahverengiye dönüşmesi yüzünden, bu işlem daha çok hayvan yemi olarak tüketilecek ürünlere uygulanmaktadır.
- Sülfid ve bisülfid mısırdaki renk değişimine neden olmamakla birlikte detoksifikasyonda amonyak kadar etkili olmamaktadır. Detoksifikasyon sonrası oluşabilen yan ürünlerin sağlık üzerindeki etkileri ise tam olarak bilinmemektedir.
- Kontrolde, özellikle yağlı tohumlar başta olmak üzere bitkisel ürünlerin *A. flavus* ile bulaşmasının önlenmesi ve bu ürünlerin uygun şartlar altında hasat edilerek depolanması önemlidir.
- Herhangi bir üründen küflü kısmın uzaklaştırılması oluşan toksini uzaklaştırmayabilir. Örnek olarak peynirde aflatoksin iç dokulara nüfuz edebilmekte ve küflü kısım atıldıktan sonra da peynirde aflatoksin bulunabilmektedir.

GIDA MUHAFAZA METOTLARI

KONTAMİNASYONUN ÖNLENMESİ VE MİKROORGANİZMALARIN UZAKLAŞTIRILMASI

GİRİŞ

- Gıdalarda mikroorganizmaların kontrol altına alınması başlıca iki amaca yöneliktir. Bunlar;
 - Gıdalarda mikrobiyolojik bozulmaların geciktirilmesi veya tamamen engellenmesi,
 - Gıdalarla insanlara geçen hastalıkların önlenmesidir.
- Mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında dört temel ilke uygulanmaktadır. Bu temel İlkelerden hareket ederek farklı gıda muhafaza yöntemleri geliştirilmiştir.

Gıdaların muhafazasında yararlanılan temel ilkeler ve bu ilkelerden yararlanılarak geliştirilen muhafaza yöntemleri:

- 1. Kontaminasyonun önlenmesi (Asepsis)
- 2. Mikroorganizmaların uzaklaştırılması
 - a. Yıkama
 - b. Ayıklama
 - c. Santrifüjleme
 - d. Filtrasyon
- 3. Mikrobiyal gelişmenin inhibisyonu
 - a. Gıdaların kimyasal koruyucularla muhafazası
 - b. Düşük sıcaklıkta muhafaza (soğukta ve dondurarak muhafaza)
 - c. Su aktivitesinin düşürülmesi (kurutma, konsantrasyon)
 - d. Kontrollü ve modifiye atmosferde muhafaza.
 - e. Mikroorganizmalar arası antagonistik ilişkilerden yararlanma
- 4. Mikroorganizmaların öldürülmesi
 - a. Isıl işlemler (pastörizasyon, sterilizasyon)
 - b. Radyasyon uygulamaları (iyonize radyasyon, mikrodalga ışınlar ve UV radyasyon)
 - c. Sterilant gazlar
 - d. Yüksek basınç uygulamaları
 - e. Kombine yöntemler

KONTAMİNASYONUN ÖNLENMESİ

- Sağlıklı ve besin değeri yüksek gıda üretimi için hammaddeden tüketiciye kadar uzanan zincirin her aşamasında (hammadde üretimi, depolama, taşıma, gıda işleme, toptan ve perakende satış, hazırlama ve servis) mikrobiyal bulaşma ve gelişmenin önlenmesi için gerekli önlemlerin alınması gerekir.
- Mikrobiyal kontaminasyonun önlenmesi veya kontrol altına alınması sanitasyon uygulamaları ile gerçekleştirilir.

- Gıda sanayiinde **sanitasyon** hammadde üretimi veya hasattan başlayarak tüketiciye kadar uzanan zincirde mikrobiyal konlaminasyonun önlenmesi veya minimum düzeyde tutulabilmesi için yürütülen faaliyetlerin tümüdür.

MİKROORGANİZMALARIN UZAKLAŞTIRILMASI

■ YIKAMA

- Taze olarak tüketilecek meyve ve sebzelerle dondurarak, kurularak veya konserveye işlenerek muhafaza edilen meyve ve sebzelere yıkama işlemi uygulanır. Yıkama işlemi taze meyve ve sebzeler üzerinde bulunan toz ve toprakla birlikte mikroorganizmaların ve ısıya dirençli sporların büyük bir bölümünü uzaklaştırarak uygulanacak ısıtılı işlemlerin etkinliğini artırır.
- Bu nedenle yıkama suyunun içilebilir nitelikte olması gerekir. Bazı durumlarda yıkama suyuna amaca göre değişen oranlarda antimikrobiyal maddeler ilave edilebilir. Örnek olarak karkasların yıkanmasında suya 20-50 ppm serbest klor ilave edilmesinin et yüzeyindeki mikrobiyal yükün azaltılmasında etkili olduğu belirtilmektedir.

■ AYIKLAMA

- Gıda sanayinde özellikle meyve ve sebze işlemede uygulanan ayıklama İşlemi ile bozulmuş ve küflenmiş meyve sebzeler ortamdaki uzaklaştırılır.
- Bu işlem bozulmamış sağlam meyve ve sebzelerin yoğun şekilde kontamine olmasını engellediği gibi bozulmaya neden olan yüksek sayıdaki mikroorganizma yükünü azaltarak gıdaya uygulanacak muhafaza yönteminin daha etkili olmasını sağlar .

■ SANTRİFÜJLEME

- Santrifüjleme mikroorganizmaların uzaklaştırılmasında çok etkin bir yöntem değildir. Sütte uygulanan bu yöntemin asıl amacı sütte asılı olarak bulunan yabancı taneciklerin süttten uzaklaştırılmasıdır.
- İşlem aynı zamanda uygulanan santrifüjleme kuvvetine bağlı olarak bakteri ve sporların da bir bölümünü ortamdaki uzaklaştırır. Bu amaçla 20.000-25.000 x g'lık santrifügasyon uygulanır. Sütte uygulanan bu işleme baktöfügasyon denir. Bu işlemden süttün % 1,5'i sediment ve bakterilerle birlikte ayrılır. İşlem sütte bulunan bakterilerin % 90-97 sini uzaklaştırır. İki kademeli olarak yapılan baktöfügasyon işleminde ise orijinal sütte bulunan bakterilerin % 99'unu uzaklaştırmak mümkündür.

■ FİLTASYON

- Mikroorganizmaların uzaklaştırılması ilkesine dayanan yöntemler arasında en etkili olanı filtrasyon yöntemidir. Isıl pastörizasyon işlemine bir alternatif olan bu yöntem sadece berrak sıvılarda uygulanabilir ve mikroorganizmaların tamamı sıvıdan uzaklaştırılır.
- Bu amaçla kullanılan 0.45 mm gözenek çapındaki membran filtreler viruslar hariç diğer bütün mikroorganizmaları tutar. Membran filtreler selüloz esterleridir (asetil selüloz veya nitroselüloz).

- Membran filtrasyon sıvı gıdaların sterilizasyonunun dışında birçok amaçla kullanılmaktadır. Bunlar:
 - Berrak sıvıların mikrobiyolojik analizi
 - Havanın sterilizasyonu
 - Yüksek sıcaklığa hassas çözeltilerin (vitamin çözeltisi) sterilizasyonu
 - Alkollü içkilerin karışımında kullanılan suyun berraklaştırılması

GIDA MUHAFAZA METOTLARI

1-MİKROBİYAL GELİŞMENİN İNHİBİSYONU

Gıdaların Kimyasal Koruyucularla Muhafazası

- Gıdaların temel yapısında bulunmayan, gıdaya işleme, depolama ve paketlenme aşamalarında ilave edilen kimyasal maddelere *katkı maddeleri* denir. Katkı maddeleri gıdaların görünüşünü, lezzetini, tekstürlerini ve diğer depolama özelliklerini iyileştirmek amacıyla gıdalara genellikle çok küçük miktarlarda ilave edilirler.
- Gıda katkı maddelerinin sınıflandırılmasında genellikle katkı maddesinin ilave edildiği gıdadaki fonksiyonu göz önüne alınır. Asitlendiriciler, antioksidanlar, renklendiriciler, enzimler, lezzetlendiriciler, stabilizatörler, tatlandırıcılar, emülgatörler, topaklanmayı önleyiciler, kıvam vericiler ve koruyucular gibi.
- Gıda sanayiinde bu maddelerin kullanımında, sağladığı teknolojik yararın yanında tüketicinin de korunması amaçlanmalıdır.

Gıda Katkı Maddeleri

- Gıda katkı maddelerinin tüketici yararına kullanımı aşağıda belirtilen noktalara hizmet ettiği sürece teknolojik açıdan kabul edilebilirlik kazanır ve bu amaçla kullanımını söz konusu olabilir:
 1. Gıdanın besin değerinin korunması.
 2. Depolama şartlarını iyileştirerek gıdanın dayanıklılığının artırılması ve kayıpların önlenmesi.
 3. Tüketicuyu aldatmayacak veya yanlış yönlendirmeyecek şekilde gıdanın albenisinin artırılması.
 4. Gıdanın işlenmesinde yardımcı bir fonksiyona sahip olması.
- Bazı durumlarda gıda katkı maddelerinin kullanımına izin verilmemelidir:
 1. Gıdanın hatalı işlenmesi veya uygun olmayan şartlarda depolanması sonucu ortaya çıkan kusurların kapatılması amacıyla,
 2. Tüketicuyu yanlış yönlendirmek veya kandırmak amacıyla.
 3. Gıdanın besin değerinin önemli ölçüde kayba uğradığı durumlarda,
 4. Ekonomik olması şartıyla gıda katkı maddesinin kullanımıyla elde edilen iyileştirici etki, gıdaya uygulanabilecek başka bir üretim tekniği ile sağlanabildiği durumlarda kullanılmasına izin verilmez.
- Gıda katkı maddelerinin kullanımına karar verilmeden önce yıllarca süren toksikolojik çalışmalar yapılır ve kullanım sınırlarının belirlenmesinde aşağıdaki noktalar göz önünde bulundurulur:
 1. Katkı maddesi kullanımı önerilen gıdanın tüketim düzeyi.
 2. Deney hayvanlarında olumsuz etkilere (toksik ve histopatolojik) neden olan minimum doz.
 3. Tüm tüketici gruplarında sağlık riski oluşturmayacak doz.
- Kimyasal koruyucuların kullanımında göz önünde bulundurulması gereken noktalar şu şekilde sıralanabilir:

1. Başka bir muhafaza yönteminin uygulanamadığı veya yetersiz kaldığı durumlarda kullanılmalıdır.
2. Ekonomik olmalı ve düşük konsantrasyonlarda antimikrobiyal etki göstermelidir.
3. Gıdanın depolama ömrünü uzatmalıdır.
4. İlave edildiği gıdada arzu edilmeyen lezzet ve koku oluşturmamalıdır.
5. Kullanıldığı düzeylerde insan sağlığına zararlı bir etkisi olmamalıdır.
6. Kimyasal analizlerle kolayca tanımlanabilmelidir.
7. Sindirim sistemi enzimlerinin aktivitesine engel olmamalıdır.
8. Geniş bir antimikrobiyal spektruma sahip olmalı ve tercihen gıda zehirlenmesine neden olan mikroorganizmalar üzerinde etkili olmalıdır.

Sodyum Benzoat

- Benzoik asidin sodyum tuzu (sodyum benzoat) uzun süreden beri çeşitli gıdalarda antimikrobiyal katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Benzoik asidin sudaki çözünürlüğünün düşük olması nedeniyle genellikle sodyum tuzu tercih edilir.
- Benzoik asit bazı literatürlere göre maya ve küfler, bazı literatürlere göre de maya ve bakteriler üzerinde daha fazla antimikrobiyal etkiye sahiptir.
- Gıdalarda üst kullanım sınırı %0,1 dir. Asit gıdalarda benzoik asit maya ve küfler üzerinde antimikrobiyal etki gösterir.

Parahidroksibenzoik Asit Esterleri (Parabenler)

- Önceleri kozmetik ürünlerde koruyucu olarak kullanılan parabenler daha sonra gıdalarda da kullanılmaya başlanmıştır. Parabenlerin antimikrobiyal etkisi benzoik aside kıyasla daha yüksektir ve koruyucu etki gıdanın pH'sına bağlı değildir. Parahidroksibenzoik asidin metil ve propil esterleri en yaygın olarak kullanılan bileşiklerdir. Ancak etil ve bütül esterleri de kullanılmaktadır.
- Parabenler en fazla küf ve mayalara karşı etkilidir. Bunun yanında bakteriler üzerinde de antimikrobiyal etkiye sahiptirler. Parabenlerin gram pozitif bakteriler üzerindeki antimikrobiyal etkisi genel olarak gram negatif bakterilere kıyasla daha yüksektir.
- Parabenlerin daha çok yüksek pH'lı gıdalarda kullanımı önerilmektedir. Çünkü düşük pH lı gıdalarda küf ve mayalanı inhibe etmek için daha ucuz olan sodyum benzoat kullanılabilir. Parahidroksibenzoik asit esterlerinin karışım halinde kullanılması durumunda karışımdaki esterlerin tek tek kullanımına kıyasla daha fazla antimikrobiyal etki elde edilir. FDA metil ve propil parabenleri gıdalarda %0,1 oranına kadar kullandıklarında güvenli (GRAS, generally regarded as safe) olarak tanımlamaktadır.

Sorbik Asit ve Tuzları

- Sorbik asit benzoik aside kıyasla daha tatsız ve kokusuz, doymamış bir karboksilik asittir.
- Sorbik asit ve bu asidin sodyum ve potasyum tuzları düşük konsantrasyonlarda peynir, meyve suları, mayalanmamış fırın mamulleri, kurutulmuş meyve ve sebzeler, karbondioksitli içecekler, salatalık ve lahana turşularında antimikotik

yani küf ve mayalara karşı kullanılabilir. Katı gıdalara tuz, un veya mısır nişastası ile karıştırılarak ilave edilebilir. İşlenmesi sırasında uzun süre ısıtıl işlem gören gıdalarda sorbik asit mümkün olduğu durumlarda ısıt işleminden sonra ilave edilmelidir.

- Sorbik asit ve tuzları küf ve mayalara karşı geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahiptir. Ancak bakterilere karşı daha az etkilidir. Özellikle katalaz negatif laktik asit bakterilerine karşı etkili değildir.
- Sorbatlar pH: 6,5 ve daha düşük pH'larda optimum antimikrobiyal etki gösterir. Bu pH değeri sodyum benzoat ve propiyonatların optimum antimikrobiyal etki gösterdikleri pH değerlerine kıyasla daha yüksektir.
- Sorbatlar mayalara karşı etkili olduğu için maya fermentasyonu uygulanan fırın ürünlerinde kullanılamaz.
- Sorbatlar fermente sebze ürünlerinde de koruyucu olarak kullanılabilir. Özellikle zeytin salamuralarında pH'nın daha yüksek olması nedeniyle sodyum benzoat yerine potasyum sorbat kullanılması daha uygundur.

Propiyonik Asit ve Tuzları

- Propiyonik asit bir sıvı olup keskin bir kokuya ve korozyon etkiye sahiptir. Bu nedenle gıda sanayiinde bu asidin sodyum ve kalsiyum tuzları kullanılır.
- Sodyum ve kalsiyum propiyonat suda kolayca çözünür. Her iki tuz da bazı peynirlerin yapımında kullanılan emülsifiye edici maddelerle kolayca karıştırılabilir.
- Propiyonatlar küflere karşı sodyum benzoattan daha fazla etkilidir. Ancak mayalar üzerinde antimikrobiyal etki göstermezler. Genelde bakterilere karşı etkileri çok azdır. Bununla beraber ekmekte sünmeye (rop hastalığı) neden olan bakterilere karşı oldukça etkilidir.

Kükürtdioksit ve Sülfidler

- Kükürtün yanmasıyla oluşan duman eski Mısır ve Romalılar döneminde şarap üretiminde dezenfektan olarak kullanılmış olup bu uygulama günümüzde de modern şarap işletmelerinde halen devam etmektedir.
- Kükürtdioksit ve sülfidler özellikle kuru meyve ve sebzelerde kullanılır. SO₂ ve sülfidler antimikrobiyal etkilerinin yanında antioksidan özelliğe sahiptir ve kurutulmuş meyve ve sebzelerde meydana gelen enzimatik ve enzimatik olmayan esmerleşmeyi önlerler.
- Gıdalarda SO₂'in kullanım üst sınırını kalıntı SO₂ miktarı belirlemektedir. Kalıntı SO₂ miktarı 500 ppm'in üzerine çıktığında arzu edilmeyen tat belirgin hale gelmektedir.
- Gıdalarla birlikte alınan kalıntı SO₂ miktarı depolama ve pişirme sırasında meydana gelen buharlaşma sonucu genellikle gıdaya ilave edilen miktardan daha düşüktür.
- Kükürtdioksit ve sülfidler vücutta okside edilerek zararsız sülfat bileşiklerine dönüşür ve idrarla dışarı atılır.
- SO₂ gaz veya sıvı şekilde kurutma öncesi bazı kesilmiş meyveler hariç birçok meyveye uygulanır. Meyveler kurutma öncesi ya yanan kükürt dumanına maruz bırakılır ya da sıvı kükürtdioksit meyveler üzerine püskürtülerek uygulanır.

- Bazı meyve ve sebzelerde depolamanın başlangıcında bulunması tavsiye edilen kükürtdioksit miktarları kayısı ve şeftali için 2000, lahana için 750-1500, armut ve kuru üzüm için 1000-1500, elma için 800, patates ve havuç için ise 200-250 ppm'dir.

Asetik Asit ve Asetatlar

- Sirkenin koruyucu etkisi çok eski tarihlerden beri bilinmektedir.
- Günümüzde sirke ve asetik asidin dışında sodyum asetat, kalsiyum asetat, potasyum asetat ve sodyum diasetat gibi bileşikler de gıdalarda koruyucu olarak kullanılmaktadır.
- Bu bileşikler birbirinin yerine kullanılmakla beraber bazı özel durumlarda birinin diğerlerine kıyasla üstünlüğü söz konusudur. Bu bileşiklerin seçiminde en önemli iki faktör ekonomi ve lezzettir.
- Asetat bileşikler koruyucu etkilerinin yanında sequesteran (şelat oluşturu), asitlendirici ve lezzet verici fonksiyona sahiptirler.
- Asetik asit; bakteri, küf ve mayalar üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptir. Ancak bakteri ve mayalar üzerindeki antimikrobiyal etki daha fazladır. Asetik asidin antimikrobiyal etkisi hem asit özelliğinden hem de çözünmemiş molekülünden kaynaklanır. Ortamın pH'sı düştükçe çözünmemiş molekül miktarının artmasıyla antimikrobiyal etki de artar.
- Asetik asit; ketçap, mayonez, salata sosları ve turşu gibi bu aside özgü karakteristik tat ve asitliğin arzu edildiği gıdalarda kullanılır. Ekmek ve diğer fırın mamullerinde sirke ve asetik asit yeterli bir antimikrobiyal etkinin sağlandığı konsantrasyonlarda arzu edilmeyen tat oluşumuna neden olabilir. Bu nedenle sodyum diasetat asetik aside kıyasla daha avantajlıdır.

Nitrit ve Nitratlar

- Nitrit ve nitrat etlerin kürlenmesinde kullanılan tuz karışımlarında yer alırlar ve genellikle etin kırmızı rengini muhafaza etmek amacıyla kullanılırlar. Asit şartlarda nitrit azot okside (NO) dönüşür ve azot oksit de kaslarda bulunan miyogloblin ile birleşerek NO-miyoglobin (nitrozomiyoglobin) kompleksini oluşturur. Gıdalarda nitrat formunda kullanıldığında ise bakteriler tarafından indirgenerek nitrite dönüşür. Nitrit ve nitratlar et ürünlerinde sodyum ve potasyum tuzları olarak kullanılırlar.
- Nitritin antimikrobiyal etkisi nitroz asit (HNO₂) molekülünden kaynaklanır ve bu nedenle de antimikrobiyal etki ortamın pH'sına bağlıdır. Nitritler pH 4,5-5,5 arasında maksimum antimikrobiyal etkiye sahiptir. pH 4,5'in altında ise nitroz asit azot monoksit, nitrik asit (HNO₃) ve suya parçalanır ve bu nedenle de antimikrobiyal etki azalır.
- Konserve et ürünlerinde nitritin sağladığı en önemli avantaj *Clostridium botulinum*'un inhibisyonudur. *C.botulinum*'un inhibisyonunda nitritin yanında tuz konsantrasyonu, pH, uygulanan ısı işlem, spor sayısı ve depolama sıcaklığı da önemli rol oynar.
- Nitrit ayrıca *C.perfringens* üzerinde de inhibe edici etkiye sahiptir.
- Nitrit içeren gıdaların ısıtılması antimikrobiyal etkiyi artırır. *C.botulinum* ve *C.perfringens*"in 80 ppm nitrit bulunan ve diğer bazı *Clostridium* türlerinin ise 20 ppm'den az nitrit bulunan ortamlarda ısıtıldığında inhibe edildiği

belirlenmiştir. Isıtma işlemi ile nitrite kıyasla on kat daha fazla antimikrobiyal etkiye sahip bir bileşiğin oluştuğu sonucuna varılmış ve bu etkiye *Perigo faktörü* adı verilmiştir.

- Perigo faktörü her ortamda oluşmamakta ve oluşması için ortamın en az 100°C'ye kadar ısıtılması gerekmektedir.

Dietil Polikarbonat (DEPC)

- DEPC sulu çözeltilerde antimikrobiyal etkisini gösterdikten sonra zaman içerisinde hidroliz olarak yok olan bir bileşiktir. DEPC asit gıdalarda (pH 4) geniş spektrumlu antimikrobiyal etkiye sahiptir ve özellikle mayalar üzerinde etkilidir. Mayalar üzerindeki statik (inhibe edici) veya sidal (öldürücü) etki maya hücresi sayısına ve DEPC konsantrasyonuna bağlıdır.
- Dünya sağlık örgütüne göre DEPC gıdalarda kullanımına izin verilen oranlarda sağlığa zararsızdır. Amerika Birleşik Devletlerinde şarap, bira ve meyve sularında DEPC kullanımına müsaade edilmektedir. Şaraplarda ikincil maya fermentasyonunu önlemek amacıyla şişelemeden önce veya şişeleme sırasında ilave edilen DEPC miktarı 200 ppm'i geçmemeli ve şişelendikten 5 gün sonra şarapta kalıntı DEPC bulunmamalıdır.

ANTİBİYOTİKLER

- 1940'lı yılların başlarında penisilinin kullanılmaya başlamasından günümüze kadar mikroorganizmalar tarafından üretilen birçok antibiyotik keşfedilmiştir. 1945 yılından itibaren insan ve hayvanların tedavisinde kullanılan antibiyotiklerin gıdaların muhafazasında da kullanılması konusunda birçok çalışma yapılmıştır.
- Bu antibiyotiklerden sadece beş tanesi; klortetrasiklin (KTS. oreomisin), oksitetrasiklin (OTS, teramisin), nisin, pimarisin (natamisin) ve nistatin günümüzde sınırlı olarak gıdaların muhafazasında kullanılmaktadır.
- Genel olarak kullanım alanlarını şu şekilde özetlemek mümkündür:
 - Çabuk bozulan gıdaların depolanması, taşınması ve pazarlanması sırasında soğukta muhafaza uygulaması ile birlikte
 - İşlenecek gıdaların hazırlanması aşamasında mikrobiyal gelişmenin önlenmesi amacıyla (dondurarak muhafaza edilecek gıdalar)
 - Isıl işlemle muhafaza edilen gıdalarda uygulanan ısıl işlemin şiddetinin azaltılması amacıyla

Klortetrasiklin ve Oksitetrasiklin

- Klortetrasiklin (KTS) ve oksitetrasiklin (OTS) hücrede oksidatif solunum, hücre çeperi sentezi ve bazı spesifik enzimleri inhibe eden geniş spektrumlu antibiyotiklerdir.
- Tetrasiklin grubu antibiyotikler *Streptomyces* türleri tarafından üretilir. U.S. FDA taze tavuk karkaslarında daldırma yöntemiyle OTS ve KTS kullanımına karkastaki kalıntı antibiyotik miktarı 7 ppm'i geçmemesi şartıyla izin vermiş ancak bu izin daha sonra kaldırılmıştır.
- Kalıntı OTS ve KTS etlere uygulanan normal pişirme işlemi ile yıkıma uğrar.
- OTS taze balıkların muhafazasında kullanılmaktadır. Balıklar bu amaçla içerisinde 5 ppm OTS bulunan buzda muhafaza edilebilir. Bu

uygulama özellikle İngiltere'de balıkçı teknelerinde kullanılmaktadır. Fletö balıkların muhafaza süresi 10-100 ppm OTS bulunan tuzlu suya daldırıldığında 3 kat artmaktadır.

Nisin ve Subtilin

- Nisin ve subtilin *Lactococcus lactis* ve *Bacillus subtilis* tarafından üretilen antibiyotiklerdir. Her iki antibiyotik de özellikle gram pozitif bakterilere karşı daha fazla etkilidir ve nişinin herhangi bir toksik etkisi belirlenmemiştir.
- Bu antibiyotikler yüzey aktif özelliğe sahiptir ve sitoplazmik membran üzerinde etkilidirler. Nisin peynirlerde *Clastridium* türlerinin neden olduğu gazlı (geç) şişmeye karşı kullanılabilir. Ayrıca ısıl işleme karşı dayanıklı olması nedeniyle bazı konserve gıdalarda *C.botulinum*'a karşı ısıl işleme birlikte kullanılabilir. Bu amaçla konserve gıdalarda subtilin de kullanılmış ancak nisin kadar etkili olmadığı bulunmuştur.

Tylosin

- *Streptomyces* tarafından üretilen tylosin özellikle gram pozitif bakterilere karşı etkili bir antibiyotiktir. Nisine kıyasla daha geniş spektrumlu ve aynı zamanda ısıl işleme karşı daha dirençlidir.
- Antibakteriyel etkisi nisin ve subtilinden daha yüksektir.
- Tylosin bazı konserve gıdalarda *C.botulinum*'a karşı ısıl işleme birlikte sinerjistik etkide bulunmaktadır.
- Nisin ve subtilin gibi tylosin de tıpta tedavi amacıyla kullanılmamaktadır.
- Tylosin genellikle hayvan yemlerinde ve tavuk hastalıklarının tedavisinde kullanılır.

Nistatin ve Pimarisin (Natamisin)

- *Streptomyces noursei* ve *Streptomyces natalensis* tarafından üretilen nistatin ve pimarisin (natamisin) antifungal aktiviteye sahiptir ve etki mekanizmaları sitoplazmik membran fonksiyonu ile ilgilidir. Nistatin düşük düzeyde toksik etkiye sahiptir. Bu nedenle de gıdalara direkt olarak ilave edilmez ve ancak meyve ve sebzelerde yüzeye uygulanarak kullanılabilir.
- Pimarisin küf ve mayalara karşı etkilidir. Bakterilere karşı etkili değildir. Gıdalara ilave edilebildiği gibi daldırma, püskürtme veya toz halinde serpilerek uygulanabilir. Pimarisin ambalaj materyallerinde de kullanılabilir. Etkili konsantrasyonu sulu gıdalarda 10 ppm, konsantre gıdalarda ise 100 ppm düzeyindedir.

Etilen ve Propilen Oksit

- Etilen oksit ilk defa ameliyat giysileri ve bandajları, cam, plastik materyal, şırınga, çarşaf ve battaniye gibi hastane malzemelerinin sterilizasyonunda

kullanılmıştır. Etilen oksit 1935'li yıllara kadar böceklerle karşı fümigant olarak kullanılmış ve 1930'lu yıllarda başlayan çalışmalar etilen oksidin mikrobiyosidal etkisini ortaya koymuştur. İkinci dünya savaşı sırasında birçok soya ve hububat ürününde mikrobiyal yükü azaltmak amacıyla kullanılmıştır.

- Etilen ve propilen oksit vejetatif hücreler, sporlar ve viruslar üzerinde öldürücü etki gösterir. Öldürücü etkinin bu bileşiklerin alkilleyici özelliğinden kaynaklandığı sanılmaktadır.
- Etilen oksit ve propilen oksit otoklava benzeyen kapalı ve basınçlı sistemlerde uygulanır.
- Geçmişte baharat sterilizasyonunda yaygın olarak kullanılan etilen oksitin toksik olması nedeniyle birçok ülke artık gıdalarda kullanımına müsaade etmemektedir.

DIĞER BİLEŞİKLER

- Halojenler gıda ve ekipmanları yıkamak için kullanılan sulara ve soğutma sularına ilave edilir. Tereyağı, meyve sebze ve karkas etlerin yıkanmasında kullanılan sulara ve içme sularına klorür veya hipoklorit ilave edilebilir. Tavuk karkaslarında soğutma suyuna 200 ppm klorür ilave edilmesi raf ömrünü uzatmaktadır. Bromür, iyodür ve iyodoforlar alet ve ekipmanların sanitasyonunda kullanılır. İyodürle muamele edilmiş ambalaj kağıtları meyvelerin depolama ömrünü uzatmak amacıyla kullanılabilir. Hipoklorit balıkların muhafazasında kullanılan buza ilave edilebilir.
- Gıdaların paketlenmesinde kullanılan ambalaj materyallerinde kullanımına izin verilen mikostatik bileşikler propiyonatlar, benzoatlar, sorbatlar, metil ve propil parabenlerdir. Bunların dışında ambalaj materyallerinde iyodür, sülfidler, *o*-fenil-fenol, sodyum *o*-fenilfenat ve bifenil (difenil) gibi bileşiklerin kullanımı önerilmektedir.
- Sodyum klorfenatın (sodium chlorophenate), gıdalara ilave edilmesine izin verilmemekle birlikte, %2'lik çözeltisi bozulmayı önlemek amacıyla narenciyelerde ikinci yıkama işleminde kullanılmaktadır.
- Turunçgil meyveler 30-35°C'deki %0,5-2'lik *o*-fenil-fenol çözeltisine 30-60 saniye süreyle daldırıldıktan sonra su ile yıkanır
- Borik asit funguslara karşı etkilidir ve turunçgillerde küflenmeye karşı kullanılabilir. Bu amaçla meyveler %5-8 oranında boraks içeren su ile yıkanır.
- Oksitleyici bir bileşik olan hidrojen peroksit (H₂O₂) birçok mikroorganizmanın vejetatif hücreleri ve sporları üzerinde öldürücü etkiye sahiptir.

ANTIÖKSİDANLAR, SEKUESTERANLAR VE LEZZET VERİCİ MADDELER

- Gıdalara antimikrobiyal amaçla ilave edilmeyen ancak ilave edildikleri gıdalarda bazı mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki gösteren birçok katkı maddesi mevcuttur.

Antioksidanlar

- Oksidatif ransiditeyi önleyen antioksidan maddeler fenolik yapıları nedeniyle antimikrobiyal özelliğe sahiptirler. Gıdalara bu amaçla ilave

edilen antioksidan maddeler bütül hidroksianisol, bütül hidroksitoluen, tersiyer bütül hidroksikuinon, propil gallat ve etoksikuin'dir.

- Bütül hidroksianisol bakteriler ve bazı funguslar, bütül hidroksitoluen bakteri, virüs ve funguslar, tersiyer bütül hidroksikuinon bakteri ve funguslar ve propil gallat ise bakteriler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptir.

Sekuesteranlar

- Etilendiamintetraasetik asit (EDTA) gibi sequesteranlar gıdalarda mevcut mikroorganizmaların gelişmesini inhibe edici etkiye sahiptir. Özellikle gram negatif bakterilerde hücre çeperinin geçirgenliğini etkileyerek ortamda bulunan diğer inhibitörlerin etkinliğini arttırmaktadırlar.
- Sitrik ve polifosforik asit gibi diğer şelat oluşturan maddeler de EDTA ya benzer bir etkiye sahiptirler.
-

Lezzet Verici Maddeler

- Gıdalarda kullanılan birçok aroma ve lezzet maddesi antimikrobiyal etkiye sahiptir. Genel olarak bu maddelerin funguslar üzerindeki antimikrobiyal etkisi bakterilere kıyasla daha yüksektir.
- Gıdalarda lezzet ve çeşni maddesi olarak kullanılan birçok baharat da gıda zehirlenmesine neden olan patojen bakterilerle bazı mikotoksijenik küfler üzerinde antimikrobiyal etkiye sahiptir. Baharatların antimikrobiyal etkisi yapılarında bulunan bazı kimyasal maddelerden veya esansiyel yağlardan kaynaklanır.
- Baharatlara karşı en hassas mikroorganizmalar gram pozitif bakteriler, en dirençli mikroorganizmalar ise laktik asit bakterileridir.
- Et ve et ürünlerinde kullanılan bazı baharatların patojen mikroorganizmalar üzerinde de antimikrobiyal etkileri söz konusudur.

(Slayt Konu 11)

SOĞUKTA VE DONDURARAK MUHAFAZA

SOĞUKTA MUHAFAZA

- Sıcaklık düştükçe mikroorganizmaların gecikme fazı ve generasyon, yani ikiye bölünme süreleri uzarken gelişme yavaşlar ve sonuçta tamamen durur.
- Mikroorganizmaların gecikme fazları ve generasyon sürelerindeki artış ve gelişebilecekleri minimum sıcaklık, ortamın besin içeriği, pH'sı ve su aktivitesi gibi diğer faktörlere bağlıdır. Bu faktörler optimumdan uzaklaştıkça düşük sıcaklığın mikroorganizmaların gelişme hızı üzerindeki olumsuz etkisi de artar.
- *Mikroorganizmalar için minimum gelişme sıcaklığı, gecikme periyodunun ve generasyon süresinin sonsuz olduğu nokta olarak tanımlanabilir.* Bu noktada organizma aktif olarak çoğalamaz ancak yavaş bir metabolik aktivite devam edebilir.
- Düşük sıcaklıkta mikroorganizmaların gelişme hızının düşmesinin yanında gıdada meydana gelebilecek diğer kimyasal ve enzimatik reaksiyonların yavaşlaması, bu reaksiyonlar sonucu gıdada meydana gelebilecek olan değişikliklerin oluşumunu da yavaşlatır.
- Bitkisel ve hayvansal gıdalarda değişik cins bakteri, küf ve mayalar bulunur. Bu mikroorganizmalar uygun şartlarda gelişerek gıdanın fiziksel ve kimyasal yapısında arzu edilmeyen değişikliklere neden olurlar.
- Her mikroorganizmanın en iyi şekilde gelişebileceği optimum bir sıcaklık değeri ve gelişemeyeceği minimum bir sıcaklık mevcuttur. Bu nedenle düşük sıcaklıklar çeşitli mikroorganizmalar üzerinde farklı etkiler yapar.
- Düşük sıcaklıkta muhafaza edilen gıdalarda sıcaklık hangi tip mikroorganizmaların ortamda dominant hale gelebileceğini belirleyici önemli bir çevre faktörüdür.
- Soğukta muhafaza edilen gıdalarda en önemli bakteri grubu psikrofil ve psikrotrof bakterilerdir. Bu bakteriler için optimum gelişme sıcaklığı genellikle 15-20°C civarında olmakla beraber donma noktasının altında -10°C'ye kadar gelişme gösterirler.
- Soğukta saklanan et, süt ve diğer hayvansal ürünlerde bozulma genellikle *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* ve *Alteromonas* gibi aerobik psikrotrof bakterilerin metabolik aktivitesi sonucu meydana gelmektedir.
- Vakum paketlenmiş soğukta depolanan etlerde ise daha çok laktik asit bakterileri ile birlikte *Brochothrix thermosphacta*, psikrotrof *Enterobacteriaceae* ve *Aeromonas* türleri bozulmaya neden olur.
- Birçok küf ve maya türü 0°C civarında ve hemen altındaki sıcaklıklarda yavaş da olsa gelişebilir.
- Genel olarak 10°C'de muhafaza edilen bir gıda 5°C'de muhafaza edilen gıdaya kıyasla 2 kat, 0°C'de muhafaza edilen gıdaya kıyasla ise 4 kat daha hızlı bozulur.
- Mezofilik bakteriler genellikle 4-5°C'nin altındaki sıcaklıklarda gelişemezler.
- Psikrotrof *Clostridium botulinum* tip E, proteolitik olmayan tip B ve F, *Yersinia enterocolitica*, *Aeromonas hydrophila* ve *Listeria monocytogenes*

hariç gıda zehirlenmesine neden olan bakterilerin gelişmesi ve toksin üretmesi +4,4oC'nin altındaki sıcaklıklarda etkin bir şekilde inhibe edilir.

- Uygun şartlarda psikrotrof *Yersinia enterocolitica* -2°C'ye, psikrotrof *Aeromonas hydrophila*'nın +4°C'ye ve *Listeria monocytogenes*'in ise 0°C'ye kadar gelişebildiği bilinmektedir.
- Genellikle gıdaların muhafazasında soğukta muhafaza tek başına uygulanmaz. Örnek olarak soğukta saklanan et, süt ve yumurta gibi hayvansal ürünlerde bozulmaya neden olan psikrofilik bakteriler aerobik mikroorganizmalardır. Soğukta muhafaza ile birlikte vakum paketleme veya CO₂'li atmosferde ambalajlamada sistemden oksijen uzaklaştırıldığı için mikrobiyal bozulma önemli ölçüde gecikir.
- Soğukta muhafaza edilen gıdalarda mikrobiyal gelişmeyi inhibe etmek veya mikroorganizma sayısını azaltmak amacıyla küreme, tütsüleme veya ısıt işlemler uygulanabilir.
- Soğukta muhafaza dendiğinde donma sıcaklığının üstündeki ve altındaki sıcaklıklar anlaşılabilir.
- Burada soğukta muhafaza ifadesinden donma noktasının üzerindeki sıcaklıklar kastedilmektedir. Donma noktasının altındaki sıcaklıklarda muhafaza ise dondurarak muhafaza olarak anlaşılmaktadır.
- 0°C standart şartlar altında saf suyun donma noktasıdır ve hiç bir gıda 0oC'de donmaz. Birçok gıdanın donma sıcaklığı -0,4 ile -2,8°C arasında değişir. Örnek: sığır etleri -1,6 ile -2,2°C, tavuk eti -2,8°C, balık eti -0,6 ile -3,3°C, süt -0,5°C, elma -2,0°C, üzüm -2,5°C, limon -1,5°C'de donar.
- Soğukta muhafazada gıdanın donma noktası ile 0°C arasındaki sıcaklıklar “*Latent-zone chilling*” olarak tanımlanır ve bu sıcaklıklarda gıdalar genel olarak daha uzun süre muhafaza edilebilir. Ancak gıdaların farklı özellikleri nedeniyle en iyi muhafaza edilebildikleri sıcaklıklar farklılık gösterebilir.

Taze olarak muhafaza edilen çeşitli gıdalar için tavsiye edilen depolama sıcaklıkları, nisbi nem oranları ve yaklaşık depolama ömürleri

Ürün	Depolama sıcaklığı (°C)	Nisbi nem (%)	Depolama ömrü
Balık	0 ile 4	90-95	5-20 gün
Tütsülenmi balık	4 ile 10	50-60	6-8 ay
Sı ır karkasları	-2 ile 1	88-92	2-6 hafta
Tütsülenmi sosis	4 ile 7	85-90	-
Tavuk karkasları	-2 ile 0	-	1 hafta
Taze yumurta	-1 ile 1	85-90	8-9 ay
Karnıbahar	0	85-90	2-3 hafta
Kereviz	0	90-95	2-4 ay
Lahana	0	90-95	3-4 ay
Marul	0	90-95	3-4 hafta
Havuç	0	90-95	10-14 gün
İspanak	0	90-95	10-14 gün
So an	0	70-75	6-8 ay
Kabak	0 ile 5	85-90	10-14 gün
Patates	3 ile 4	85-90	6-9 ay
Taze fasulye	7	85-90	8-10 gün
Olgun domates	4 ile 10	85-90	7-10 gün
Ye il domates	13 ile 15	80-85	3-5 hafta
Salatalık	7 ile 10	90-95	10-14 gün
Taze zeytin	7 ile 10	85-90	4-6 hafta
Elma	1 ile 2	85-90	2-7 ay
Portakal	2 ile 3	85-90	8-10 hafta
Çilek	-0,5 ile 0	85-90	7-10 gün
Taze incir	-0,5 ile 0	85-90	10 gün
Üzüm	-1 ile 0	88-92	3-6 ay
eftali	0	85-90	2-4 hafta
Limon	12 ile 15	85-90	1-4 ay
Greyfruit	7	85-90	4-8 hafta
Ananas	10 ile 15	85-90	3-4 hafta

- Çeşitli gıdaların farklı karakterde olmaları nedeniyle soğutma ihtiyaçları da farklılık gösterir. Etlerin muhafazasında en ideal sıcaklık 3°C ile -1°C arasındaki sıcaklıklardır. -2°C de ise et donmaya başlar.
- Kesimden sonra karkasların sıcaklığı 38-40°C arasındadır. Karkas sıcaklığının mikrobiyolojik açıdan mümkün olan en kısa sürede düşürülmesi gerekir. Karkasların soğutulduktan sonra 16°C'de 16-20 saat bekletilmeleri etin olgunlaşarak gevreklik kazanması açısından tavsiye edilmektedir. Olgunlaşma sırasında yüzeydeki mikrobiyal gelişmeyi kontrol altına almak amacıyla UV lambaları kullanılabilir.

- K rlenmiş etlerde ise k rleme tuzları psikrofil bakterilerin gelişmesine engel olduğu için bu ürünler mikrobiyolojik açıdan taze etlere kıyasla soğukta daha uzun süre muhafaza edilebilir.
- Tavuk karkaslarında da kesimden hemen sonra vücut sıcaklığı hızlı bir şekilde düşürülmelidir. Bu işlem genellikle soğuk suya daldırmak suretiyle yapılır.
- Tavuk etlerinin soğukta muhafazasında raf ömrünü belirleyen en önemli faktörler depolama sıcaklığı ve karkas yüzeyindeki başlangıçtaki mikroorganizma yüküdür.
- Başlangıçtaki mikroorganizma sayısı kesim şartları, işletme sanitasyonu, kesim ve kesim sonrası uygulanan hijyen şartlarına bağlıdır.
- Tavuk etleri kırmızı etlere kıyasla bozulmaya karşı daha hassastır.
- Balık  r nleri bozulmaya karşı çok hassas bir gıda grubudur. Balıklar avlandıktan sonra hemen soğutulmalıdır. Bu amaçla soğutulmuş deniz suyu, soğuk havada depolama veya buzda muhafaza yöntemleri uygulanabilir.
- Taze meyve ve sebzelerin kalitesi yetiştirme şartlarına ve toplandıktan sonra uygulanan işlemlere bağlıdır. Meyve ve sebzeler toplandıktan sonra koparıldıkları bitkiden bağımsız olarak belirli bir süre bozulmadan kalabilirler.
- Meyve ve sebzelerde hasattan sonra devam eden en önemli biyokimyasal reaksiyonlardan birisi solunumdur. Solunum yoluyla bitki dokularında bulunan birçok bileşik yıkıma uğrar ve bu reaksiyonlar sonucu enerji açığa çıkar.
- Meyve ve sebze dokularında hasattan sonra devam eden solunum hızı yukarıda sözü edilen diğer faktörlerin yanında sıcaklığın bir fonksiyonudur. Sıcaklık düştükçe dokularda solunum hızı yavaşlar.
- Solunumun yavaşlamasıyla dokuda meydana gelebilecek diğer biyokimyasal reaksiyonlar yavaşlar, olgunlaşma gecikir.
- Olgunlaşmanın gecikmesi meyve ve sebzelerin yapısal özelliklerini daha uzun süre muhafaza etmelerini ve aynı zamanda mikrobiyal enfeksiyonlara karşı daha dirençli olmalarını sağlar.
- Düşük sıcaklıkta gıdanın dokusunda meydana gelen kimyasal ve enzimatik reaksiyonların yavaşlamasının yanında mikrobiyal gelişme hızı da yavaşlar.
- Kayıpların minimum d zeve indirilebilmesi ürünün hasattan hemen sonra soğutulması ve soğukta muhafaza edilmesi ile mümkündür.
- Meyve ve sebzelerin hasattan hemen sonra soğutulması ya soğuk su püskürtmek ya da vakum soğutma yöntemiyle yapılabilir.
- Gerek suda bulunan ve gerekse meyve ve sebzelerin üzerinde bulunan mikroorganizmaları öldürerek yöntemin etkinliğini arttırmak amacıyla suya hipoklorit ilave edilebilir.
- Vakum soğutma ise genellikle yüzey/hacim oranı yüksek marul ve ıspanak gibi ürünlerde uygulanır. Bu yöntemde önce sebze üzerine su püskürtülür ve daha sonra vakum altında buharlaşması sağlanır. Soğutma düzeyi vakumla buharlaştırman su miktarına bağlıdır.
- Diğer gıdalarda olduğu gibi meyve ve sebzelerin taze olarak muhafazasında genel olarak donma noktasının biraz üzerindeki sıcaklıklar uygulanır.
- Ancak bazı subtropik ve tropik meyve ve sebzeler düşük sıcaklıkta muhafaza edildiklerinde mekanizması tam olarak açıklanamayan soğuk zararı (*chill injury*) denen olay meydana gelir.

- Bu nedenle de bu tür meyve ve sebzeler için ideal saklama sıcaklıkları donma noktasının oldukça üzerindedir.
- Soğuk zararı gören gıdalar oda sıcaklığına maruz kaldığında önce solunum hızı artar ve daha sonra da hücrelerin ölmesi sonucu solunum hızla yavaşlar. Ancak bunların dışında bazı ılıman iklim ürünlerinde de soğuk zararı meydana gelir.
- Soğukta muhafazada atmosferde bulunması istenen optimum nispi nem oranı sıcaklık ve atmosferdeki gaz kompozisyonu gibi çevre faktörleri ile depolanan gıdaya göre farklılık gösterir.
- Nispi nem oranının çok düşük olması meyve ve sebzelerde nem ve ağırlık kaybına ve sonuçta pörsümeye neden olurken, çok yüksek olması ise gıdanın yüzeyinde mikrobiyal gelişmeyi teşvik eder.
- Depolama sırasında nispi nemde veya sıcaklıkta meydana gelen değişiklikler terleme veya gıdanın yüzeyinde yoğunlaşmaya neden olabilir.

DONDURARAK MUHAFAZA

- Uzun süre muhafaza edilecek gıdalar dondurularak muhafaza edilir.
- Dondurularak muhafaza edilen gıdalarda gıdanın yapısında tabii olarak bulunan enzimlerle, çeşitli kimyasal reaksiyonların neden olduğu bozulmalar büyük ölçüde yavaşlarken mikrobiyal gelişme tamamen durur.
- Genel olarak dondurarak muhafaza gıdanın tabii lezzet, renk ve besin değerinin en iyi şekilde korunmasını sağlayan bir yöntemdir.
- Dondurularak muhafaza edilecek gıdalar bazı ön işlemler uygulanarak tüketime hazır hale getirilirler:
 - Meyve sebzeler ayıklanıp yıkandıktan sonra yenmeyen kısımları ve sapları kesilerek atılır.
 - Bazı meyve ve sebzeler bütün olarak dondurulurken bazıları da belirli büyüklükte kesilip parçalandıktan sonra dondurulur.
 - Dondurma işleminden önce meyve ve sebzeler sınıflandırılır.
- Dondurarak muhafazada uygulanan sıcaklıklarda enzimatik ve oksidatif kimyasal reaksiyonlar çok yavaş da olsa devam eder. Bu nedenle sebzelerde bulunan enzimleri inaktive etmek için dondurma işleminden önce haşlama işlemi uygulanır.
- Meyvelerde ise depolama sırasında meydana gelebilecek enzimatik ve oksidatif değişiklikleri önlemek amacıyla ön işlem olarak haşlama işlemi uygulanmaz ancak bunun yerine ürüne göre enzim inhibitörü olarak askorbik asit, sitrik asit veya malik asit kullanılır.
- Bunlardan en yaygın olarak kullanılan bileşik askorbik asittir. Askorbik asit dondurularak muhafaza edilen meyvelerde özellikle renk değişimine neden olan polifenoloksidaz enzimini inhibe eder.
- Dondurarak muhafaza edilen meyvelerde enzimatik ve oksidatif değişiklikleri önlemek amacıyla uygulanan diğer yöntem meyvelerin şeker şurubu içerisinde dondurulmasıdır. Ayrıca askorbik asit şeker şurubuna ilave edilerek de uygulanabilir.
- Dondurarak muhafaza edilecek olan sebzelere uygulanan haşlama işlemi genellikle 100°C'de kaynar suya daldırmak veya sıcak buharla yapılır.

100°C'de uygulanan haşlama işlemi sebzenin çeşidine, körpeliğine ve iriliğine bağlı olarak genellikle bir veya birkaç dakikalık bir işlemdir. Haşlamanın asıl amacı sebze dokusunda bulunan tabii enzimlerin inaktive edilmesidir, Ancak bu işlemin başka yararları da vardır:

- Sebze yüzeyinde bulunan mikrobiyal yükü %99,9 oranında azaltır.
- Sebzelerin yeşil rengini korumasını sağlar.
- Doku içerisinde bulunan oksijenin dışarı atılmasını sağlar.
- Özellikle yapraklı sebzelerin daha kolay ambalajlanır hale gelmesini sağlar.
- Dondurarak muhafazada uygulanan sıcaklık ürüne ve hedeflenen depolama süresine bağlı olarak farklılık göstermekle beraber genellikle -18°C'de mikrobiyal aktivite tamamen durur ve bu sıcaklıkta depolanan çeşitli ürünlerin depolama süreleri farklılık gösterir.
- Muhafaza sıcaklığı düştükçe depolama süresi uzar. Ancak birçok ürün için -18°C'nin altında muhafazanın sağladığı yarar marjinaldir ve bu sıcaklığın altındaki sıcaklıklarda muhafazanın sağladığı yarar çoğu kez sistemdeki ekstra enerji maliyetini karşılamaz.
- -18°C'nin altında sıcaklıkta muhafazanın diğer bir mahsuru, çeşitli ürünlerin farklı sıcaklıklarda depolanmasının ekonomik olmamasıdır.
- Bu nedenlerle -18°C'nin en ekonomik depolama sıcaklığı olduğu konusunda görüş birliği mevcuttur.

Dondurma Yöntemleri

- Bu amaçla uygulanan başlıca yöntemler:
 - Soğuk hava ile dondurma
 - Hava akımında (*air-blast freezing*) dondurma
 - İndirekt kontakt yöntemiyle dondurma
 - Direkt immersiyon yöntemiyle dondurma
 - Kriyojenik dondurma'dır.
- Dondurma hızı seçilen dondurma yöntemi, sıcaklık, hava ve soğutucu sirkülasyon hızı, dondurulacak gıdanın çeşidi, parça büyüklüğü veya ambalajın şekli ve büyüklüğü gibi faktörlere bağlı olarak değişir.
- Soğuk hava ile dondurmada sadece tabii hava sirkülasyonu vardır ve bu nedenle de dondurma hızı yavaştır. Genellikle dondurma sıcaklığı -23 ile -29°C arasında değişir.
- Hava akımında dondurma, indirekt kontakt yöntemiyle dondurma, direkt immersiyon yöntemiyle dondurma ve kriyojenik dondurma yöntemleriyle gıdalar hızlı bir şekilde dondurulabilir.
- Hava akımında dondurmada -30 ile -45oC'deki hava 10-15 m/sn hızla ürün üzerine üflenir.
- İndirekt kontakt yöntemiyle dondurmada; ambalajlanmış gıdanın merkezindeki (sıcak noktasındaki) sıcaklık - 45°C'ye kadar düşürülmüş refrigerant tarafından soğutulmuş plakalar arasında -18°C'ye düşürülür.
- Direkt immersiyon yöntemi ambalajlanmış veya ambalajsız ürünün soğutulmuş sıvı içerisine daldırılması şeklinde uygulanır. Bu amaçla soğutucu olarak kullanılan sıvının düşük sıcaklıklarda donmaması gerekir. Soğutucu sıvılar olarak tuz çözeltisi, şeker şurubu veya gliserol kullanılabilir.

- Bu yöntemlerin dışında kaynama noktaları çok düşük olan sıvılaştırılmış gazlarla (kriyojenik sıvılar) gıdaların dondurulması mümkündür. Sıvı azot -196°C'de, sıvı karbondioksit ise -145°C'de kaynar. Diğer bir kriyojenik sıvı ise kaynama derecesi -22°C olan froen-12 (diflorodiklorometan)'dir.
- Bu amaçla sıvı CO₂'in -79°C'de sublime olması sonucu katı faza dönüşen kuru buz da kullanılmaktadır. Sıvı azot veya sıvı CO₂ ile dondurma işlemi daldırma veya püskürtme yöntemiyle uygulanabilir.
- Kriyojenik sıvıların pahalı olması yöntemin kullanılabilirliğini ekonomik değeri yüksek bazı gıdalarla sınırlamaktadır.
- Dondurma İşleminin Doku ve Mikroorganizma Hücreleri Üzerindeki Etkisi
 - Hayvansal ve bitkisel gıdaların dokularında bulunan su çözelti halindedir ve donma noktaları 0°C'nin altındadır. Gıdaların büyük çoğunluğunun donma noktaları -0,5 ile -3°C arasında değişir.
 - Donma noktasının altındaki sıcaklıklarda önce dokuda hücre dışında bulunan ekstraselüler su donar.
 - Ekstraselüler suyun donmaya başlaması ile içerisinde çözünmüş halde bulunan maddeler donan fazdan su fazına doğru hareket eder.
 - Bu olay su fazındaki çözünen madde konsantrasyonunun artmasına neden olur ve sonuçta gerek doku hücrelerinde ve gerekse mikrobiyal hücrelerde bulunan hücre içi (intraselüler) su hücre dışına çıkmaya başlar. Bu olaylar sırasında donan su buz kristalleri oluşturur.

Donma olayı ile birlikte:

- Buz kristallerinin oluşması sonucu gerek gıdanın doku hücrelerinde ve gerekse mikrobiyal hücrelerde fiziksel hasar meydana gelir.
- Gıdanın su aktivitesi düşer
- Doku ve mikrobiyal hücrelerde dehidratasyon meydana gelir. Dehidratasyon sonucu hücre içi konsantrasyonunun artması sitoplazmada kolloidal sistemde geri dönüşümü olmayan bazı değişikliklere ve protein denatürasyonuna neden olur.
- Donma olayı mikroorganizmalar üzerinde termal şok yapar. Termofilik ve mezofilik mikroorganizmalar termal şoka karşı daha duyarlıdır.
- Dondurma işlemi bir sterilizasyon yöntemi değildir ve işlemin amacı gıdada bulunan mikroorganizmaları öldürmek değil inaktif hale getirmektir.
- Ancak bununla beraber gerek dondurma işlemi sırasında gerekse dondurarak muhafaza sırasında gıdada bulunan canlı mikroorganizma sayısında azalmalar görülür.
- Dondurarak muhafazada asıl amaç mikroorganizmaları öldürmek olmamakla beraber dondurma işleminin mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi de vardır.
- Dondurma işlemi, kültürlerin saklanması kullanılan en etkili yöntemlerden birisidir.
- Dondurma ve dondurarak muhafaza sırasında buz kristallerinin oluşumunun ve hücre içinde çözünen madde konsantrasyonunun artmasının (dehidratasyon) hücreler üzerindeki etkisi aşağıdaki faktörlere bağlı olarak değişir. Bu faktörler:

- Mikroorganizmanın cins ve türü
- Dondurma hızı
- Gıdanın kompozisyonu ve pH sı
- Depolama sıcaklığı ve süresi ile
- Donmuş gıdanın çözünme sıcaklığı ve hızıdır.

1. Mikroorganizmaların cins ve türü

- Genel olarak gram pozitif bakteriler gram negatif bakterilere kıyasla dondurma işlemine karşı daha dirençlidir.
- Bakteri sporları donmaya en fazla dirençli mikroorganizma formlarıdır.
- Dondurularak muhafaza edilen gıdalarda donmaya dayanıklılık açısından küf, maya ve bakteriler arasında önemli bir farklılık olmadığı bildirilmiştir.

2. Dondurma hızı

- Mikroorganizmaların ölüm oranını etkileyen en önemli faktörlerden birisi dondurma hızıdır.
- Dondurma hızı arttıkça ölüm oranı azalır. Donma hızı aynı zamanda gıdanın fiziksel kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden birisidir.
- Donma hızı; gıdanın merkezinden (sıcak nokta veya arzu edilen donma sıcaklığına en geç ulaşan nokta) yüzeyine olan mesafenin, merkez sıcaklığının 0°C'den -15°C'ye düşmesi için gerekli olan süreye oranıdır.
- Bu tanıma göre donma hızı;
 - 5 cm/saatten yüksekse çok hızlı dondurma,
 - 1-5 cm/saat arasında ise hızlı dondurma
 - 0,2-1 cm/saat ise yavaş dondurma ve
 - 0,2 cm/saat'in altında ise çok yavaş dondurma olarak kabul edilir.
- Dondurma işleminin mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi buz kristallerinin oluşmasından ve sitoplazmada kolloidal sistemde meydana gelen değişikliklerden kaynaklanır.

3. Depolama sıcaklığı ve süresi

- Dondurarak muhafaza edilen gıdalarda canlı mikroorganizma sayısında sabit sıcaklıkta zamanla meydana gelen azalma genel olarak eksponansiyel bir yol izler. Ölen mikroorganizma sayısı başlangıçta yüksekken zaman ilerledikçe azalır ve belirli bir süre sonra ise canlı kalan mikroorganizma sayısı sabit hale gelir.
- Genellikle muhafaza sıcaklığı düştükçe mikroorganizmaların ölüm oranı azalır.
- Dondurmanın mikroorganizmalar üzerindeki etkisi dondurma sıcaklığı ve gıdanın muhafaza edildiği sıcaklığa bağlıdır. Genel olarak -2 ile -10°C'de muhafaza edilen gıdalarda mikrobiyal ölüm oranı -18 veya -23°C'de muhafaza edilen gıdalardakine kıyasla daha yüksektir.

4. Gıdanın kompozisyonu ve pH'sı

- Gerek dondurulmuş ve gerekse depolanmış gıdaların muhafazası sırasında gıdanın kompozisyonu mikroorganizmaların ölüm oranını etkiler. Yumurta sarısı, karbonhidratlar, peptitler, serum albumini, malik asit, süt, glutamik asit, maya ekstraktı, dietilen glikol, Tween-80, dekstran, glikoz, etilenglikol, dimetilsülfoksit ve gliserol gibi bazı maddeler mikroorganizmaları donma ve çözünmeye karşı koruyucu etkiye sahiptir. Bu tür bileşikler kriyoprotektif maddeler olarak adlandırılırlar.
- Kriyoprotektif maddelerin hücre içinde buz kristalleri oluşumunu azaltmaları ve hücre suyu kaybını yavaşlatmaları sonucu mikroorganizmaları donmaya karşı korumaktadırlar. En etkili gliserol ve dimetilsülfoksit hücre içine alınırken diğerleri hücre içine alınmazlar.
- Gliserol iri buz kristallerinin oluşmasını önler ve hücre çeperi ve sitoplazmik membranın zarar görmesine engel olur.
- Gıdanın pH'sı da dondurma sırasında mikrobiyal ölüm oranını etkiler. pH düştükçe dondurma ve dondurarak muhafaza sırasında mikrobiyal ölüm oranı artar.

5. Donmuş gıdanın çözünme sıcaklığı ve hızı

- Dondurulmuş gıdanın çözünmesi sırasında buz kristallerinin erimesiyle birlikte oluşan sıvı faz ya doku hücreleri tarafından absorbe edilir veya sızıntı halinde dokudan ayrılır.
- Çözünme sırasında meydana gelecek olan sızıntı miktarı aynı zamanda dondurma hızına bağlıdır. Yavaş dondurulmuş gıdalarda iri buz kristalleri oluşacağı için çözündürme sırasında sızıntı kaybı daha yüksek olacaktır.
- Çözünme hızı mikroorganizma hücreleri üzerinde de benzer etkiye sahiptir. Mikroorganizmalar yavaş çözündürme sırasında hızlı çözündürmeye kıyasla daha az zarar görür. Aynı şekilde yavaş çözündürme sırasında doku hücrelerinde de daha az hasar meydana gelir ve sonuç olarak da sızıntı kaybı daha az olur. Bu nedenle de gıdanın kalitesi açısından yavaş çözündürme daha uygundur.

Dondurarak Muhafazanın Avantaj ve Dezavantajları

- Gıdaların dondurarak muhafaza edilmesinin avantajları :
 - Dondurarak muhafazada gıdaya dışarıdan koruyucu veya benzeri hiçbir kimyasal madde ilave edilmez.
 - Dondurarak muhafaza edilen gıdaların tabii lezzetinde önemli bir değişiklik olmaz
 - Dondurarak muhafaza yöntemi gıdanın besin değerinde önemli bir kayba neden olmaz.
- Dondurarak muhafaza yönteminin dezavantajları:
 - Dondurarak muhafaza edilen gıdalarda canlı mikroorganizma sayısında azalma meydana gelir ancak mikroorganizmalar tamamen elemine edilemez.

- Toksinler dondurma işleminden etkilenmezler.

SU AKTİVİTESİNİN DÜŞÜRÜLMESİ

Giriş

- Gıdalardaki mikrobiyal aktivite, enzimatik ve kimyasal reaksiyonların oluşabilmesi için temel şart suyun varlığıdır.
- Gıdalardaki su ya fiziksel yollarla uzaklaştırılarak ya da gıdaya su fazında çözünen maddelerin ilavesiyle mikrobiyal ve enzimatik reaksiyonlar için sınırlayıcı düzeye indirilebilir.
- Kurutma gıdaların muhafazasında uygulanan en eski yöntemlerden birisidir.
- Kurutmada amaç gıdalardaki su miktarını bozulmaya neden olan mikroorganizmalarla ve patojen mikroorganizmaların gelişemeyecekleri ve enzimatik aktivitelerini sürdüremeyecekleri düzeye indirmektir.

Kurutucular

- Güneş altında tabii yolla kurutmanın dışında birçok ürünün kurutulmasında mekanik kurutma yöntemleri uygulanmaktadır:
 - i. Püskürtmeli kurutucular
 - ii. Liyofilizatörler
 - iii. Vakum kurutucular
 - iv. Köpük kurutucular
 - v. Tünel kurutucular
 - vi. Akışkan yatak kurutucular ve
 - vii. Tamburlu kurutuculardır.

Gıdalara kurutma öncesi uygulanan işlemler

- Kurutma öncesi çeşitli gıdalara ayıklama ve sınıflandırma, yıkama, çekirdek çıkarma, kabuk soyma, bölme, dilimleme ve doğrama, pişirme, alkaliye daldırma, haşlama, kükürtleme ve indirgen şekerlerin uzaklaştırılması gibi işlemler uygulanır.
- Özellikle bozuk ve çürük meyve ve sebzeler ayıklandıktan sonra kalite ve büyüklüklerine göre sınıflandırılır.
- Meyve sebzeler kurutma öncesi uygulanan yıkama işlemi meyve ve sebzeler üzerinde bulunan kirleri ve kirle birlikte mikroorganizmaları da uzaklaştırarak mikrobiyal yükü azaltır.
- Bazı meyvelerin kurutma öncesi çekirdekleri çıkarılır.
- Bazen meyve ve sebzelerin kabukları elle veya makineyle soyulur ve küçük parçalara bölünür.
- Etlere kurutma öncesi genellikle pişirme işlemi uygulanır. Etin pişirilmesi sırasında nem oranı %20 oranında azalır.
- Bazı pirinçlerde de (instant rice) ön pişirme İşleminde sonra kurutma işlemi uygulanır.
- Bazı meyveler, örnek; üzüm ve erik, kurutma öncesi alkali çözeltiye daldırılır. Bu uygulamanın amacı meyve üzerinde bulunan mumsu tabakanın uzaklaştırılması ve kurutma işleminin daha etkin bir şekilde yapılmasıdır.
- Üzüm salkımları 93°C'deki %0,2-0,3 lük NaOH çözeltisine bir kaç saniye daldırılıp çıkartılır ve soğuk su ile durulandıktan sonra kurutulur.

- Üzümler için ülkemizde yaygın şekilde uygulanan yöntemde ise %5-6'lık K_2CO_3 çözeltisi (potasa) kullanılır.
- Sebzeler genellikle (kırmızı biber, soğan ve sarımsak gibi bazı sebzeler hariç) kurutma öncesi haşlama işlemine tabi tutulur. Bu işlemin amacı depolama süresince kurutulmuş gıdada istenmeyen değişikliklere neden olabilecek enzimlerin inaktivasyonudur. Kurutulmuş sebzelerde en önemli problem renk esmerleşmesidir.
- Açık renkli meyve ve bazı sebzelere genellikle kurutma öncesi 1000-3000 ppm düzeyinde kükürtleme işlemi uygulanır. Genellikle kurutma işlemi öncesi meyvelere haşlama işlemi uygulanmadığından enzimler aktif kalmakta ve gerek kurutma ve gerekse depolama sırasında enzimatik esmerleşme meydana gelmektedir.
- Bazı gıdalarda kurutma ve depolama sırasında oluşabilecek Maillard reaksiyonlarını önlemek amacıyla kurutma öncesi indirgen şekerler uzaklaştırılır. Kurutma öncesi yumurtanın yapısında bulunan glukoz mikrobiyal fermentasyon veya glukoz oksidaz enzimiyle uzaklaştırılır. Glukozun fermentasyonla uzaklaştırılmasında *Saccharomyces cerevisiae* kullanılır.

Kurutmanın Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi

- *Kurutmada amaç* su aktivitesi (aw) değerini belirli bir değerin altına indirmek suretiyle gıdayı mikrobiyolojik ve kimyasal değişimlere karşı dayanıklı hale getirmektir.
- Kurutmanın mikroorganizmalar üzerindeki öldürücü etkisi aşağıdaki faktörlere bağlıdır:
 - Mikroorganizmanın cinsi, türü, fizyolojik yaşı ve sayısı
 - Kurutma şartları (kurutma şekli, kurutma sıcaklığı, kurutma süresi ve dehidratasyon hızı)
 - Gıdanın türü ve kompozisyonu (pH, inhibitör maddeler v.s.)

Kurutmanın Enzimatik ve Kimyasal Reaksiyonlar Üzerinde Etkisi

- Enzimler yaş ısıya karşı hassastır. Bazı istisnalar dışında 100°C'de 1 dakikalık yaş ısı hemen hemen bütün enzimleri inaktive etmek için yeterlidir. Kuru ısı işlemine karşı ise enzimler oldukça dayanıklıdır. Gıdanın kurutma şartlarında ise gerek uygulanan kurutma sıcaklıkları ve gerekse ortamdaki nem oranı bu enzimleri inaktive etmek için yeterli değildir.
- Maillard reaksiyonlarının oluşabilmesi için ortamda belirli oranda su bulunması gerekir. Sıcaklık ve reaksiyona giren madde (indirgen şeker ve amino asit) konsantrasyonu arttıkça reaksiyon hızı artar. Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonlarının hızı kurutma sırasında yüksektir. Bu reaksiyonların en hızlı olduğu su aktivitesi değerleri 0,65-0,75 arasındadır. Bu su aktivitesi değerleri birçok gıda için %15-20 nem oranına karşılık gelir. Bu nedenle de kurutma işleminde bu nem oranındaki bölgenin hızlı geçilmesi gerekir. Nem oranı %2'nin altına düştüğünde ise Maillard reaksiyonları durur.
- Kurutulmuş gıdalarda kimyasal reaksiyonları minimum düzeyde tutmak için alınabilecek önlemleri:
 - Nem oranının olabildiğince düşük tutulması

- Uygulanabilirliği olduğu durumlarda gıdadaki indirgen şeker miktarının azaltılması
- Uygulanabilirliği olduğu durumlarda haşlama işleminin uygulanması
- Uygulanabilirliği olduğu durumlarda kükürtlemenin yapılması

Orta derecede nemli gıdalar

- Bu gıdalar kurutma işlemiyle veya şeker gibi maddelerin ilave edilmesiyle su aktivitesi düşürülmüş gıdalardır. Bunların su aktivitesi değerleri 0,60-0,85 arasında değişir ve oda sıcaklığında belirli süreler için muhafaza edilebilirler. 0,60-0,85 su aktivitesi değerleri % 15-50 nem oranına karşı gelir.
- Orta derecede nemli gıdaların muhafazasında kurutma ile birlikte kimyasal koruyucular ve/veya anaerobik paketleme uygulanır. Bu gıdaların diğer bir özelliği de su aktivitesi veya nem oranları ne olursa olsun rehidrate edilmeden tüketilebilmeleridir.
- 0,85'in üzerindeki su aktivitesi değerlerinde mikrobiyal gelişme kolaylıkla gerçekleşir. 0,60-0,85 su aktivitesi değerleri arasında ise küf ve maya gelişmesi gözlenir. 0,60-0,85 su aktivitesine sahip gıdalarda küf gelişmesi anaerobik paketleme yöntemiyle, küf ve maya gelişmesi ise antimikotik koruyucular kullanmak suretiyle önlenabilir.
- Orta derecede nemli gıda grubunda reçel ve marmelatlar, bazı şekerler, bal, sucuk, meyveli kekler ve yüksek oranda nem içeren bazı kurutulmuş meyveler yer alır.

KONTROLLÜ VE MODİFİYE ATMOSFERDE MUHAFAZA

- Gıdaların taze olarak tüketimi eğilimi giderek artmaktadır. Gıdaların bozulmasını geciktirerek taze olarak muhafaza edilmesinde en uygun ve etkin yöntem soğukta muhafaza tekniğidir. Ancak günümüzde soğukta muhafaza uygulamasının yanında kontrollü atmosferde muhafaza veya modifiye atmosferde ambalajlama tekniklerinin uygulanması gıdaların tazeliklerinin daha uzun süre korunmasında giderek artan bir uygulama alanı bulmuştur.
- Gıdaların taze olarak muhafazasında depo atmosferinde bulunan CO₂ ve O₂ oranlarının ayarlanmasıyla oluşturulan depolama şartlarına kontrollü atmosfer denir.
- Modifiye atmosferde ise gaza geçirimsiz veya amaca göre belirli düzeyde gaz geçirgenliğine sahip bir ambalaj içerisindeki hava vakum yoluyla uzaklaştırılır (vakum paketleme) veya ambalaj içerisindeki hava vakumla uzaklaştırıldıktan sonra ambalaj N₂, CO₂ veya bu iki gazın belirli orandaki karışımları ile doldurulur. Modifiye atmosfer ambalaj içerisindeki havanın N₂ veya belirli oranlardaki N₂-CO₂ karışımları ile yıkanarak yer değiştirmesiyle de elde edilebilir.

KONTROLLÜ ATMOSFER

- Kontrollü atmosferde depo atmosferinde bulunan gazların kompozisyonu depolama süresi boyunca sabit tutulur ve gerekli olduğu durumlarda, mesela ürünün olgunlaşması istendiğinde bu değişikliği gerçekleştirecek şekilde ayarlanır.

- Kontrollü atmosfer genellikle meyve ve sebzelerde olgunlaşma, bozulma ve sararmayı geciktirmek amacıyla kullanılır. Kontrollü atmosferde O₂ konsantrasyonunun düşürülmesi ve CO₂ konsantrasyonunun arttırılması aynı zamanda küf gelişmesini inhibe eder.
- Kontrollü atmosferin mikroorganizmalar üzerindeki olumsuz etkisi sadece O₂ konsantrasyonunun düşürülmesi ve CO₂ konsantrasyonunun arttırılmış olmasından kaynaklanmaz. Mikroorganizmaların olgun meyvede enfeksiyon başlatması daha kolaydır. Kontrollü atmosferde olgunlaşma süresi uzadığı veya diğer bir deyişle olgunlaşma geciktiği için mikrobiyal enfeksiyonun başlaması da daha güç olur.
- Depo atmosferindeki oksijen basıncının düşürülmesinin diğer bir etkisi de doğal bir olgunlaşma hormonu olan etilen biyosentezini yavaşlatmasıdır. Etilen yeşil yapraklı sebzelerde klorofili yıkıma uğratarak rengin kaybedilmesine ve havuçta acılık veren bazı bileşiklerin oluşmasına neden olur. Etilen olgunlaşmamış mango, domates ve muz gibi meyvelerin olgunlaştırmasında kullanılabilir. Bu amaçla meyveler 24-72 saat süre ile 10-100 ppm etilen bulunan atmosferde bekletilir.
- Meyvelerin olgunlaşması sırasında meydana gelen değişimler aşağıdaki gibi sıralanabilir:
 - Etilen üretimi
 - Karatenoid ve antosiyonin sentezi
 - Uçucu lezzet bileşiklerinin biyosentezi
 - Şekerlerin dönüşümü
 - Krebs döngüsü aktivitesinde artış
 - Kloroplastların parçalanması
 - Klorofilin yıkıma uğraması
 - Nişasta hidrolizi ve organik asitlerin parçalanması
 - Hidrolitik enzimlerin aktivasyonu
 - Hücre membranında sızıntının başlaması
 - Pektin hidrolizi
 - Etilen tarafından indüklenen hücre çeperinde yumuşama

MODİFİYE ATMOSFER

- Gıdaların muhafazasında modifiye atmosfer veya gazlı atmosferde ambalajlamada dört yöntem uygulanır.
 - Bunlardan birincisi vakum ambalajlama,
 - ikincisi ambalaj içerisine belirli gaz karışımının doldurulması (aktif yöntem),
 - üçüncüsü pasif yöntem,
 - dördüncüsü ise atmosfer modifiye edicilerin kullanılmasıdır.
- Vakum ambalajlama bir tür pasif modifiye atmosfer yöntemidir. Bu işlemde ambalaj içerisindeki hava vakumla boşaltılır ve kapatılır. Bu yöntem genellikle et ürünlerinin muhafazasında kullanılır. Vakum ambalajlamada vakum içerisinde çok az da olsa bir miktar oksijen kalır. Ancak ambalaj içerisinde kalan düşük orandaki oksijen kısa sürede aerobik ve mikroaerofilik mikroorganizmalarca kullanılır ve CO₂ üretilir. Bu şartlarda özellikle taze etlerin yüzeyinde gelişerek bozulmaya neden olan aerobik *Pseudomonas*

türlerinin gelişmesi engellenir. Vakum ambalajlanmış et ve et ürünlerinde pH ve su aktivitesi gibi diğer faktörlere de bağlı olarak *Lactobacillus* türleri, anaerobik ve fakültatif türler gelişebilir.

- Aktif yöntemde ambalaj içerisine gaz karışımı iki şekilde doldurulabilir. Birinci yöntemde ambalaj vakumlandıktan sonra arzu edilen gaz karışımı ile doldurulur. İkinci yöntemde ise ambalaj içerisindeki hava arzu edilen gaz karışımı ile yıkanmak suretiyle doldurulur.

Modifiye Atmosferin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkisi ve Uygulama Alanları

- CO₂ birçok mikroorganizma üzerinde inhibe edici etkiye sahiptir.
- Karbondioksitin mikrobiyal gelişmeyi inhibe edici etkisi konusunda pratik sonuçlar olmasına karşın etki mekanizması tam olarak açıklık kazanmamıştır. Karbondioksitin antimikrobiyal etkisi çeşitli mekanizmalarla gerçekleşir.
 - Hücre zarının fonksiyonunu bozması
 - Enzim aktivitesinin inhibisyonu sonucu metabolik aktivite üzerinde inhibe edici etki göstermesidir.
- Azot inert bir gazdır ve yapılan çalışmalar azotlu atmosferde ambalajlamanın vakum paketlemeye benzer bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Azotla yıkama ortamdaki kalıntı oksijeni uzaklaştırırken karbondioksit konsantrasyonunu da minimum düzeye indirir.

Et ve Et Ürünleri

- Karbondioksit *Slaphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* ve *Salmonella* gibi patojenlerle, *E.coli* ve *Enterobacteriaceae* familyasına ait bakteriler başta olmak üzere birçok mikroorganizma üzerinde inhibe edici etkiye sahiptir. CO₂'nin antimikrobiyal etkisi depolama sıcaklığı ile yakından ilişkilidir.
- Et ürünlerinin vakum paketleme yöntemiyle veya modifiye atmosferde anaerobik olarak ambalajlanması botulizm riskini akla getirmektedir. Bunun dışında vakum paketleme yöntemiyle veya modifiye atmosferde depolanan taze etlerde *Aeromonas hydrophila*, *Listeria monocytogenes* ve *Yersinia enterocolitica* gelişebilir.

Taze Meyve ve Sebzeler

- Meyve ve sebzelerde meydana gelen fizyolojik değişimlerin kontrol altında tutulması ve depolama süresinin uzatılması amacıyla uygulanan yöntem soğukta muhafazadır. Özellikle son yıllarda giderek önem kazanan ve yaygın olarak uygulanan diğer bir yöntem de sıcaklık, depo atmosferindeki nisbi nem ve gaz konsantrasyonlarının kontrol altında tutulduğu kontrollü atmosferde depolamadır.
- Bu yöntem özellikle meyvelerin muhafazasında yaygın şekilde kullanılmaktadır. Kontrollü atmosferde depolama günümüzde özellikle büyük miktarlarda üretilen ürünlerin muhafazasında uygulanmaktadır.
- Buna karşın paketlenmiş market tipi ürünler için modifiye atmosferde muhafaza yöntemi kullanılmaktadır. Avrupa'da özellikle taze dilimlenmiş sebzelerin modifiye atmosfer uygulaması ile raf ömürlerinin uzatılması ve tüketici tarafından kabul edilebilirliklerinin artırılması ticari uygulamada başarı kazanmıştır.

Fırın Mamulleri

- Kek, pasta, kremalı ve meyveli hamur işleri gibi bazı fırın mamulleri de modifiye atmosferde muhafazanın uygulandığı gıdalardır.
- Fırın mamullerinde meydana gelen ekonomik kayıpların en önemli nedeni mikrobiyolojiktir.
- Fırın mamullerinin muhafazasında su aktivitesi düşürülürken duyuusal özelliklerin, sorbat gibi koruyucuların kullanımında ise tat ve aromanın olumsuz şekilde etkilenmemesine özen gösterilmelidir. Bu ürünlerde ilk uygulamalar CO₂'li atmosferde muhafaza ile aerobik mikrobiyotanın özellikle küf gelişmesinin önlenmesi şeklinde olmuş daha sonra bu uygulama 5,5°C gibi düşük sıcaklıkla depolama ile kombine edilmiştir.

Diğer Gıdalar

- Oda sıcaklığında muhafaza edilen ve özellikle küf gelişmesine açık 0,80-0,90 aralığında su aktivitesine sahip orta derecede nemli gıdalarla çerez tipi (snack foods) kuru gıdalar modifiye atmosferde ambalajlanabilir.
- Oda sıcaklığında muhafaza edilen orta derecede nemli gıdalar küf gelişmesine engel olmak amacıyla ya %50'nin üzerinde CO₂'li atmosferde ya da vakum ambalajlanarak muhafaza edilir.
- Patates cipsi, fıstık ve benzeri yağlı kuru ürünler ile kahve ise özellikle oksidatif ransiditeye karşı hassas gıdalardır. Bu tür kuru ürünler genellikle su ve yağdaki çözünürlüğü düşük olan N₂ gazı ile ambalajlanır.
- Kavrulmuş fındık ve fıstık gibi yağlı meyveler ise genellikle CO₂ gazı ile ambalajlanarak muhafaza edilir.

MİKROORGANİZMALAR ARASI ANTAGONİSTİK İLİŞKİ

- Laktik asit bakterilerinin yakın türler ve aynı tür içindeki farklı suşlar üzerinde ve bazı patojen ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalar üzerinde inhibitör veya sidal (öldürücü) etkiye sahip olduğu uzun bir süreden beri bilinmektedir.
- Laktik asit bakterilerinin diğer mikroorganizmalar üzerindeki antimikrobiyal etkisi bakteriyosinlerin dışında üretmiş oldukları diasetil, organik asitler ve hidrojen peroksitten de kaynaklanır.
- Kimyasal koruyucuların kullanılmasına bir alternatif olarak laktik asit bakterilerinin diğer mikroorganizmalar üzerindeki antagonistik etkisinden gıdaların muhafazasında yararlanılması konusunda son yıllarda yoğun çalışmalar mevcuttur.
- Bu tür antagonistik etkiye sahip laktik asit bakterileri, *Lactococcus*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Carnobacterium* ve *Pediococcus* cinslerine ait türlerdir.
- Laktik asit bakterilerince üretilen ve gıdalarda bozulmaya neden olan bakterilerle çeşitli patojenler üzerinde inhibitör veya öldürücü etkiye sahip bu bileşiklere genel bir isim olarak bakteriyosin adı verilmektedir.
- Bakteriyosinlerin çoğu *plazmidler* tarafından kodlanır ve genel olarak yüksek sıcaklığa dayanıklıdır. Bakteriyosinlerin büyük çoğunluğu protein yapısında ve öldürücü etkiye sahiptir.

- Bakteriyosinler arasında en iyi bilineni *Lactococcus lactis* tarafından üretilen nisindir.
- Laktik *Streptococcus*'ların %5'inin bakteriyosin veya bakteriyosin benzeri maddeler ürettiği belirlenmiştir. Laktosidin, asidolin ve asidofilin *Lactobacillus acidophilus* suşları, helvetisin *Lactobacillus helvelicus*, pediosin *Pediococcus pentosaceus*, laktobrevin ve laktobasillin *L.brevis*, bulgarikan ise *L.bulgaricus* tarafından üretilen bakteriyosinlerdir. *Leuconostoc gelidum*, *Enterococcus faecalis* ve *Listeria monocytogenes* türlerine karşı etkili bakteriyosin benzeri bir madde üretir. *Listeria* türleri laktik antagonizme karşı hassastır.

(Slayt Konu 13)

MİKROORGANİZMALARIN ÖLDÜRÜLMESİ

ISIL İŞLEMLER

- Isıl işlem uygulanarak gıdaların muhafazasında bir taraftan ortamdaki mikroorganizmalar öldürülürken, diğer taraftan da bu gıdanın fiziksel kalitesinin korunabilmesi ve besin değerindeki kayıpların minimum düzeyde tutulması teknolojik bir problemdir.
- Gıdaların ısıt işlemlerle muhafazasında sterilizasyonun anlamı ve uygulaması, mikrobiyolojik anlamda sterilizasyondan farklıdır.
- Mikrobiyolojide sterilizasyon; ortamda bulunan tüm canlıların öldürülmesini ifade ederken buna karşılık sterilize edilen konserve gıdalarda yüksek sıcaklığa dayanıklı aerob ve termofilik bazı bakteri sporları canlılıklarını koruyabilir. Bu nedenle de gıda endüstrisinde uygulanan sterilizasyon "*ticari sterilizasyon*" olarak nitelendirilir.
- Ticari olarak sterilize edilmiş ve hermetik ambalajlanmış gıdalarda ısıt direnci yüksek bazı bakteri sporları canlılıklarını koruyabilirler, ancak ortam şartları nedeniyle gelişemezler.
- Bazı sporlar canlılıklarını koruyabilseler de genellikle ısıt işleminden zarar gördükleri için gelişemezler.
- Gıdalara uygulanan ısıt işlemler, mikroorganizmaları öldürerek gıdayı mikrobiyolojik açıdan dayanıklı hale getirirken gıdanın yapısında bulunan enzimleri de inaktive eder.
- Enzimlerin inaktif hale getirilmeleri özellikle HTST (High Temperature Short Time) veya flash pastörizasyon uygulamalarında önem taşır. Bu tür uygulamalarda, çoğu kez mikroorganizmaların öldürülmesi için gerekli olan şartlarda, enzimler tamamen inaktif hale getirilemez. Meyve ve sebzelerin yapılarında bulunan *pektolitik enzimler* ve *peroksidaz enzimleri* yüksek sıcaklığa karşı oldukça dirençlidirler.
- Enzimlerin belirli bir sıcaklıkta inaktivasyonu için gerekli süreyi belirten parametreye "*Enzim inaktivasyonu faktörü*" veya "*E-değeri*" adı verilmektedir. Bu değer gıdaların özelliklerine göre değişmektedir.
- Enzimlerin ısıt stabiliteleri de mikroorganizmalarda olduğu gibi birçok faktöre bağlıdır. Enzim inaktivasyonunun sıcaklığa bağımlılığı mikroorganizmalar için geçerli olan ilkelerle açıklanabilir.
- Enzim inaktivasyonuna dayanan ısıt işlem hesaplarında da depolama sırasında ürün kalitesini etkileyecek ısıt direnci en yüksek olan enzim hedef olarak alınır.
- Isıl işlemler sırasında gıdaların beslenme değerini veya duysal özelliklerini etkileyen bazı değişimler de olmaktadır.
- Bu değişimler sonucunda gıdanın bileşiminde bulunan vitaminler parçalanır ve gıdanın renk, tat veya yapısında bozulmalar görülür.
- Isıl işlemler sırasında gıda öğelerindeki bu kayıplar da belirlenebilmektedir. Bu kayıpları simgeleyen değere "*C-değeri*" (*Cook value*) denir.
- Bu amaçla indikatör olarak kullanılabilecek gıda bileşenleri tiamin, askorbik asit ve klorofil veya Maillard reaksiyonu ürünleri olabilir.

MİKROORGANİZMALARIN ISIT DİRENCİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

- Mikroorganizmaların ısı dirençlerine
 - vejetatif hücre veya spor formunda olmaları,
 - ortamın pH sı ve bileşimi,
 - mikroorganizmaların yaşı,
 - uygulanan sıcaklık, süre ve
 - öldürülmesi amaçlanan mikroorganizma sayısı gibi faktörler etki etmektedir.
- Mikroorganizmaların ısı işlemle öldürülmeleri birinci mertebeden reaksiyon kinetiği izlediği için ısı işlem gören gıdalarda başlangıçtaki mikroorganizma sayısı büyük önem taşır. Mikroorganizmaların ısı dirençleri onların kalıcı bir niteliği olmayıp, içinde bulundukları ortamın fiziksel ve kimyasal yapısına bağlı olarak değişebilmektedir.
- **Sıcaklık ve süre ilişkisi:** Isıl işlemlerde sıcaklıkla süre arasında ters bir ilişki mevcuttur.
- **Mikroorganizma sayısı:** Ortamda öldürülmesi amaçlanan mikroorganizma ve spor sayısı arttıkça uygulanacak ısı işlem süresi veya sıcaklığı buna paralel olarak artar.
- **Ortamın pH'sı:** Genel olarak mikroorganizmaların ısı direnci, optimum gelişme pH'ları civarında en yüksek düzeydedir ve pH değeri optimumdan uzaklaştıkça ısı direnç azalır.
- **Ortamın Bileşimi:**
 - Ortamdaki nem oranı veya su miktarı yükseldikçe mikroorganizmaların ısı direnci azalır.
 - Ortamın tuz (NaCl) derişimi, belli bir noktaya kadar mikroorganizmaların ısı direncini artırmaktadır.
 - Düşük miktarlardaki şeker, mikroorganizmaları ısıya karşı korumadığı halde, %50 gibi yüksek derişimlerdeki şeker ısı direnci artırmaktadır.
 - Protein yapısındaki maddeler mikroorganizmaları ısıya karşı korumaktadır.
 - Yağlar da, mikroorganizmaların ısı dirençlerini artırmaktadır.
 - Çeşitli uçucu yağlar genellikle antimikrobiyal etkiye sahiptir ve mikroorganizmaların ısı direncini düşürür.
 - Gıdalara ilave edilen kimyasal koruyucular genel olarak mikroorganizmaların ısı dirençlerini azaltırlar.

BAKTERİ, KÜF VE MAYALARIN ISIL DİRENCİ

- Bakteri, küf ve mayaların ısı dirençleri, yukarıda açıklanan faktörlere bağlı olarak farklılık göstermekle beraber, ortamda su veya buhar bulunması halinde bu mikroorganizmaların öldürülmeleri için gerekli sıcaklık ve süreler genel olarak aşağıdaki gibidir:
 - Bakterilerin vejetatif hücrelerinin büyük çoğunluğu, 80°C'de birkaç dakikada öldürülür. Ancak bakteri sporlarının ısı direnci cins ve türe bağlı olarak 100°C de birkaç dakika ile 20 saat arasında değişir.
 - Küf ve mayaların vejetatif hücrelerinin büyük çoğunluğu, 60-65°C'de 5-10 dakika içerisinde ölür. Küflerin aseksüel sporları ise 70-75°C'de 5-10 dakika içerisinde öldürülebilir. Ancak bazı küfler örneğin *Mucor*, *Aspergillus* ve *Penicillium* türleri, diğerlerine kıyasla ısıya karşı daha

dirençlidir. Yine küfler içerisinde yer alan *Byssoschlamys fulva* 100°C'deki ısıt işlemlerde canlılığını koruyabilir.

MİKROORGANİZMALARIN ÖLÜM KİNETİĞİ

- Mikroorganizmalar ve sporlarının ısıt işlemlere karşı dirençleri ve inaktivasyon kinetikleri iki farklı yaklaşımla incelenebilir.
 - Birinci yaklaşımda belirli bir ortam ve sabit sıcaklıkta ısıt işlem sürelerinin,
 - ikinci yaklaşımda ise belirli bir ortam ve sabit bir ısıt işlem süresinde uygulanan farklı sıcaklıkların mikroorganizmalar üzerindeki etkileri araştırılır.

Isıt İşlem Süresinin Fonksiyonu Olarak Mikroorganizmaların Ölüm Kinetiği

- Bir mikroorganizmanın vejetatif hücre veya sporlarının belirli bir ortamda ve sıcaklıkta öldürülmesi incelenecek olursa; ısıt işlem süresi artarken canlı kalan mikroorganizma sayısının logaritmik olarak azaldığı görülür. Bu, D-değeri ile açıklanır.
- D değeri, ortamdaki canlı sporların %90'ının öldürülmesi için gerekli ısıt işlem süresidir.
- D değeri, hesaplamaların yapıldığı sıcaklık derecesi ile birlikte yazılır. D120= 2 dakika ifadesi, bir ortamdaki canlı mikroorganizma sayısını %90 oranında azaltmak için 120°C'de 2 dakikalık bir ısıt işlemin gerekli olduğunu anlatmada kullanılır.

Sıcaklığın Fonksiyonu Olarak Mikroorganizmaların Ölüm Kinetiği

- Gıdalarda en önemli sağlık riskini oluşturan ve ısıt direnci yüksek *Clostridium botulinum* sporlarının ortamdaki sayısının 10¹² adet/ml'den 10⁰ adet/ml'ye indirilmesi, diğer bir ifade ile *C.botulinum* sporlarının sayısında 12 logaritmik ünite azalma sağlayacak bir ısıt işlemin uygulanması gerekir. *Konservacilikte bu işlem 12D kavramı olarak bilinir.*
- "Termal ölüm süresi" belirli bir ortam ve sıcaklıkta belirli sayıda mikroorganizmayı öldürmek için gerekli olan ısıt işlem süresidir.

Konserve Gıdalarda Isıt İşlemin Hesaplanması

- Gıdalarda, sporları ısıya dirençli, *C.botulinum* hedef mikroorganizma olarak seçilmelidir. Ancak bu mikroorganizma ile çalışmak sentezlediği toksin nedeniyle insan sağlığı açısından oldukça tehlikeli olduğundan, böyle gıdaların sterilizasyon şartlarının belirlenmesinde *Clostridium sporogenes* P.A. 3679 (pütrifaktif anaerob) kullanılır.
- pH değeri 4,0-4,4 arasında olan gıdalarda, *Bacillus stearothermophilus* F.S 1518 (flat sour), *Clostridium pasteurianum* veya *Clostridium thermosaccharolyticum* hedef mikroorganizma olarak seçilebilir.
- Pastörize sütün ısıt işlem şartlarının belirlenmesinde *Coxiella burnetti* aynı amaçla kullanılır.

Gıda Endüstrisinde Isıt İşlem Uygulamaları

- Pastörizasyon: Mikroorganizmaların büyük bir kısmını öldüren ve genellikle 100°C nin altındaki sıcaklıklarda uygulanan bir ısısal işlemdir. Pastörizasyon işleminden sonra ortamdaki çoğu vejetatif hücre ölür, bazı mikroorganizmalar ısıl şoka uğrarlar, bakteri sporları ve ısıya dirençli bazı temofilik mikroorganizmalar ise canlılıklarını korurlar.
- Pastörizasyon işlemi değişik gıdalara farklı amaçlarla uygulanabilir:
 - Yüksek ısısal işlemin gıdanın kalitesini olumsuz yönde etkilediği ve soğukta muhafaza gibi ilave önlemlerin alındığı durumlarda (içme sütü)
 - Bir gıdada bulunan patojen mikroorganizmaların öldürülmesi amaçlandığında (içme sütü ve sıvı yumurta)
 - Gelişerek bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların (küf, maya ve laktik asit bakterileri) ısıl dirençlerinin düşük olduğu yüksek asitli gıdalar ve fermente alkollü içeceklerde (turşu, meyve suyu, kurutulmuş meyveler, bira, şarap v.b)
 - Fermente gıdaların üretiminde fermentasyonda rol oynayan mikroorganizmaların gelişebilmeleri için ortamdaki diğer mikroorganizmaları öldürmek amacıyla fermente ürüne işlenecek hammaddeye uygulanır (peynire işlenecek sütün pastörizasyonu gibi).
- Gıdaların muhafazasında pastörizasyon işlemi soğukta depolama veya kimyasal koruyucuların kullanımı gibi diğer bazı uygulamalarla beraber kullanılmaktadır.
- Pastörizasyon işleminde kullanılan sıcaklık ve süre uygulanan pastörizasyon işlemine göre değişmektedir. Yüksek sıcaklık-kısa süre yönteminde (High Temperature-Short Time, HTST veya KZE-yöntemi Kurzzeiterhitzung adı da verilir)
- Düşük sıcaklık-uzun süre yöntemine (Low Temperature-Long Time, LTLT) kıyasla daha yüksek sıcaklıkta kısa süreli bir ısısal işlem uygulanmaktadır.
- İçme sütü pastörizasyonunda, sütle insanlara geçebilecek patojen mikroorganizmalardan ısısal direnci en yüksek olan *Q*-humması etmeni *Coxiella burnetti*'nin öldürülmesi amaçlanır.

Sterilizasyon

- Sterilizasyonda gıda fiziksel niteliklerine göre; doldurulmuş ve hermetik olarak kapatılmış kaplarda belli bir ısıtma ortamında, belli bir sıcaklığa kadar ısıtılır ve bu sıcaklıkta bir süre tutulduktan sonra soğutulur.
- Gıdaların sterilizasyonunda diğer bir uygulama şekli ise ambalajlanmadan önce gıdaya uygun ısısal işlemin uygulanması ile sterilizasyonun sağlanması ve daha sonrada steril gıdanın steril ambalajlara aseptik şartlarda doldurularak hermetik olarak kapatılmasıdır.
- Sebze, meyve ve et konserveleri gibi katı ve sıvı kısımlardan oluşan gıdalar önce kutulara doldurularak hermetik olarak kapatıldıktan sonra otoklavda ısısal işleme tabi tutulur.

İyonize radyasyon, UV, Mikrodalga

- Bazı elementlerin atomları sürekli parçalanır ve reaksiyon sırasında çevreye iyonizan ışın yayarlar. Bu tip maddelere “ *radyoaktif maddeler*” denir (Uranyum).
- Bazı elementler ise bazı özel meyotlarla radyoaktif hale getirilirler (Co60, Cs137). Bu maddelere radyoaktif izotoplar (*radyonuklidler*) denir.
- Radyoaktif maddelerin çevreye yaydıkları a, b, g, x ışınları çarptıkları materyalde elektrik yüklü iyonların oluşmasına sebep olurlar. Bu sebeple bunlar “*iyonizan ışın*” veya “*iyonize eden ışın*” olarak adlandırılırlar.
- (Ülkemizde 6 Kasım 1999’da Resmi Gazete’de Gıda Işınlama Yönetmeliği yayımlanmıştır)
- Uranyum gibi doğal olarak radyoaktif olan maddelerin dışında çeşitli işlemlerle yapay olarak radyoaktif hale getirilen Co60 ve Cs137 gibi maddeler de vardır. Co60 doğal olarak bulunan Co59’ın nötron ışınlarına maruz bırakılması sonucu oluşur.
- Radyoaktif izotoplar zamanla aktivitelerini yarı yarıya kaybederler. Her radyoizotop için spesifik olan bu yarılanma ömrü Co60 için 5,3 yıl Cs137 için de 30 yıldır.

İyonize radyasyonun özellikleri

Gamma ışınları

1. Gıda muhafazasında en yaygın olarak kullanılır
2. Co60 ve Cs137 ışın kaynağı olarak kullanılır
3. Gıdalara radyoaktif özellik vermezler
4. Nüfuz etme kabiliyetleri vardır.
5. Işınlamada radyasyonun madde tarafından absorbe edilen miktarı, yani ışınlama dozu
6. Ulaşılmak istenen amaç
7. Işınlanan gıdanın kalitesi
8. İnsan sağlığı açısından önemlidir.

Işınlama terimleri

- Işınlama dozu ışınlama işlemi sırasında gıdanın absorbladığı radyasyon enerjisinin miktarı olup gıdanın kalitesi ve insan sağlığı açısından önem taşır.
- Radyasyon enerjisi *rad* birimi ile ölçülür. 1 rad ,1 g maddede absorblanan 100 erg’lik bir enerjiye eşittir. Son zamanlarda rad yerine Gray (Gy) birim olarak kullanılmaktadır.
- 1 Gy: iyonize radyasyon etkisinde kalan homojen bir maddenin 1kg ‘ına verilen 1 joule enerji miktarı olarak tanımlanır.
- 1krad =1 000 rad
- 1mrاد =1 000 000 rad
- 1Gy =100 rad
- 1kGy =100 000 rad olarak ifade edilmektedir.
- Işın kaynağının gücü ise aktivitesi ile ifade edilir. Aktivite birimi Becquerel (Bq) olup daha önceleri bu amaçla Curie (Ci) kullanılmaktaydı.
- 1 Bq=1 parçalanma/s
- 1 Ci=3,7 X10 10 Bq ‘dır.

- Gıdalar dahil çevremizdeki her şey iz miktarda radyoaktivite içerir. Nitekim potasyum gibi elementlerden kaynaklanan doğal radyoaktivitenin günlük diyetle 150-200 Bq düzeyinde alınması da sakıncalı görülmemektedir.

Beta ışınları

- Elektron hızlandırıcı cihazlarda yüksek enerji düzeyine çıkarılmış elektronlardır (Katot ışınları).
- Radyoaktif maddeler tarafından da üretilir.
- Enerji birimi MeV'tur (Milyon elektron volt).
- Gıdalara nüfuzu uygulanan enerji seviyesi ile ilgilidir.
- En fazla 10 MeV enerji seviyesindeki ışnlardan faydalanılır.
- Maksimum nüfuz derinliği 5 cm'dir.
- Yüzey ışınlamasında kullanılır.

X-Işınları (Röntgen ışınları)

- X-ışınları da hızlandırılmış yüksek enerjili elektronlardır.
- Ağır metallerin yüksek enerjili katot ışınlarıyla bombardımanı sonucu elde edilir.
- Temelde gamma ışınlarına benzerler.
- Enerji seviyeleri fazladır. Dolayısıyla nüfuz kabiliyetleri yüksektir.
- Gıda sanayiinde kullanılan X-ışını jeneratörleri tıpta kullanılan Röntgen cihazına benzer.

Gıda Işınlama Düzenleri

- Işın kaynağı olarak radyonuklid kaynağı veya ışın üreten makinalar kullanılır.
- Kesikli veya sürekli sistemler vardır.
- Bu düzenlerde en önemli şart, personelin ışın etkisinden korunmasıdır.
- Işın üreten düzenler sadece cihaz çalıştırıldığında ışın üretirler. Burada korunmak daha kolaydır.
- Radyonuklidler kullanılıyorsa, kaynak ışınlamadan sonra su havuzuna daldırılarak personelin korunması sağlanır.
- Işınlanan gıdaların etiketlerinde ışınlandıklarını gösteren yeşil beyaz etiket bulunmak zorundadır.



İyonize Radyasyonun Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

- İyonlaştırıcı radyasyon mikroorganizmaların hücre zarına, hücre içi membranlara zarar verir.
- Hücre membranının yapısında yer alan fosfolipid tabakasına, lipoproteinlere, glikoproteinlere, membran por ve kanallara, membranın iyon dengesine hasar verdiği için membranın kendine özgü geçirgenliğini (permeabilitesini) bozmakta, istenmeyen moleküller, hücre içerisindeki farklı kompartımanlardan geçerken kritik hedef bölgelerin konfigürasyonunun değişimine neden olmaktadır.
- Mikroorganizmaların radyasyona olan dirençlerini karşılaştırmak ve kategorize etmek için bütün şartlar göz önünde bulundurulmalıdır.
- Eğer bir mikroorganizma iyonlaştırıcı ışınlar maruz kalır bunu tolere edemez ise ya ölür yada radyasyona direnç geliştirerek varyasyonlarının ortaya çıkmasına neden olur. Bu şekilde kalıtsal birimlerde meydana gelen değişikliklere mutasyon denir.
- *DNA 'da kimyasal değişikliğe neden olan etkinin temelinde, DNA molekülünü oluşturan Purin ve Pirimidin bazlarında, deoksiribozda, fosfodiester bağlarının kırılması gibi tek zincir ve çift zincir kırılmaları şeklinde gözlenir.* Hem prokaryotlar hem de ökaryotlar (maya ve küf) ortaya çıkan kırılmaları onarma yeteneğine sahiptirler. Mikroorganizmalar çift zincir kırılmalarını onaramadıkları oysa radyasyona dirençli türler bazı metabolik onarım mekanizmalara sahip olduklarından zincir kırılmalarını tamir edebilirler.
- Makromoleküllerin radyasyona olan duyarlılıkları bu moleküllerin molekül ağırlıkları ile ilişkilidir. 0,1 kGy dozda ışınlanan bakteri hücrelerinin, enzimleri % 0,14, amino asitleri % 0,005'i zarar gördüğü DNA'larının %2,8'nin etkilendiği ve bu değer bakteri hücreleri için lethal olduğu bulunmuştur.
- İyonize edici ışınlarla DNA'nın fosfodiester bağı kırılırsa, bu kırılma tek zincirde ise onarılması mümkün olup, aynı anda çok sayıda bağ kırılması durumunda onarım mekanizması fonksiyonunu yitirir. Eğer fosfodiester bağı DNA replikasyonu sırasında kırılmışsa veya herhangi bir anda ana omurga çok sayıda parçalanırsa:
 - DNA replikasyonu bloke olur.
 - Kalıp olarak işlev gören ve yapısında genetik kodları taşıyan DNA segmenti mRNA'yı sentezleyemez ve şifreleri uygun anti kodonlara aktaramaz.
 - mRNA sentezinin yapılmaması hücrenin ihtiyaç duyduğu proteinlerin sentezi baskılanır.
 - Bu protein hücrede özgül bir enzim olarak işlev görüyorsa metabolik faaliyetler durur. Bir süre sonra hücre ölür.
 - Eğer radyasyonun verdiği hasar az olursa DNA içerdiği sistemleri sayesinde bu hasarı onarabilir veya zarar gören segmentin eksik onarılmasıyla radyasyona daha dirençli varyasyonlar gelişebilir. Dirençli varyasyonların ortaya çıkması gıda ışınlama çalışmalarında istenmeyen bir durumdur.
- Gıdanın kimyasal kompozisyonunda meydana gelen değişiklikleri, ışınlanmış bir gıda örneğindeki mikroorganizmalar üzerine uygulanan letal dozun nasıl tatbik edilmesi gerektiğini araştırmak gerekir. Ayrıca radyasyon duyarlılığını etkileyen bazı faktörlerin belirlenmesi gerekir.

- Işınlanmış mikroorganizmaların hayatta kalmalarında etkili olan çevresel faktörler şunlardır:
 - Sıcaklık/Faz
 - Çevresel gazların varlığı, doğası
 - Su aktivitesi
 - pH
 - Gıdanın kimyasal kompozisyonu
- Vejetatif hücreler üzerine sıcaklık ve iyonlaştırıcı radyasyon işlemi birlikte uygulandığında sinerjistik olarak bakterilerin inhibisyon etkisini artırır.
- Bakteri sporlarının 80-90oC arasındaki sıcaklıklarda radyasyona karşı direnci azalır. Vejetatif mikroorganizmalar düşük sıcaklıklarda ısınlandığında çevre sıcaklıklarının tersine, radyasyona daha fazla direnç gösterirler. Bu durum donma sıcaklıklarında su aktivitesinin azalmasından kaynaklanmaktadır. Donma durumunda radikallerin difüzyonu sınırlanır.
- Bakteri sporları düşük nem içerdiğinden donma sıcaklıklarında radikallerin sınırlı difüzyonu sayesinde radyasyondan çok daha az etkilenirler.
- Oksijen varlığında iyonlaştırıcı radyasyonun mikroorganizmalar üzerine olan letal etkisi artar.
- Anaerobik ve nemli şartlarda vejetatif bakterilerin direnç düzeyleri 2-5 kat artar.
- Mikroorganizmalar çevrelerindeki yüksek neme çok duyarlıdırlar. Düşük nem şartlarında ısınlama yapıldığında oluşan radikallerin miktarının düşük, dolayısıyla DNA üzerindeki indirekt etkilerin oluşumu da düşük seviyelerde olur.
- Bakteri sporlarının protoplastlarında suyun bulunmayışı radyasyon direncini arttıran bir faktördür. Germinasyon sırasında bakteri sporunun protoplastında su miktarı arttığı, dolayısıyla da sporun radyasyona olan direncinin azaldığı görülür.
- Mikroorganizmaların, içinde bulunduğu kompleks ortamın kompozisyonu dirençte etkili olur. Ortamın kompleksliği ısınlamayla oluşan radikaller için koruyucu bir bariyer oluşturur.
- Aneorobik bakteri sporlarının radyasyon direnci özellikle pH 5-8 aralığında etkili olmazken, 5'in altındaki pH'larda radyasyona olan duyarlılık artar.
- Mikroorganizma popülasyonu düşük dozda ısınlandığında hücrelerin sadece çok azı zarar görür. Bakterilerin hayatta kalma sayıları artan radyasyon dozuna bağlı olarak logaritmik bir şekilde azalır.
- Farklı türlerde veya aynı türün farklı suşunda radyasyona olan duyarlılıkları farklı olduğundan, inaktivasyonu sağlamada farklı dozlara ihtiyaç duyulur. Mikroorganizmaların karakteristik durumlarını göstermek için bunların radyasyona duyarlılıklarında minimum letal doz kavramı kullanılabilir. Bu ise bir popülasyonda %63'ünü öldürerek %37'sinin (D37) canlı kalması için ihtiyaç duyulan dozdur.
- Radyasyon hassasiyetinin ölçümünde yaygın olarak kullanılan D10 dozu, bir popülasyonun %90'ının öldürülmesini sağlayan dozdur. Örnek olarak;

inaktivasyon kurvesinde sığır etindeki *Salmonella typhimurium*'un D10 değeri 0,55 kGy' dir.

- **N0** = Başlangıçtaki organizma sayısını
- **N** = D dozuyla ışılandıktan sonraki organizma sayısını
- **D10** = Desimal indirgenmeyi gösterir.
- $\log N / N_0 = -1. D / D_{10}$ veya
- $D_{10} = D / \log N_0 - \log N$

Işınlama İşleminin Uygulanması

- **Radyasyonla sterilizasyon:** İyonize radyasyon ile gıdadaki mikroorganizmaların tümünü yok etmek.
- **Radyasyonla pastörizasyon:** Halk sağlığı için önemli mikroorganizma gruplarının eliminasyonunu, gıdalardaki bozulmayı geciktirerek sadece mikrobiyal popülasyonun bir kısmını yok etmek amacıyla uygulanmıştır.
- Bu terimler terminolojide sadece birkaç durum için kullanıldığında yetersiz olduğu kabul edilmiştir ve Pastörizasyon teriminin kullanımı karıştırılmıştır. Uluslararası uzmanlardan oluşan gruplar 1967'de 3 yeni terimi terminolojiye kazandırmışlardır.
- **1-Radappertizasyon:** Gıdada bulunan mikroorganizmaların çok azını yaşayabilir durumda kılan ve tamamen yok etmek için gerekli olan dozun gıdaya uygulanması işlemidir. İhtiyaç duyulan doz 25-45 kGy'dir.
- **2-Radisitasyon:** Gıdalarda bulunan mikroorganizmaların spor oluşturmayan patojenlerinin (virüsler hariç) ve parazitlerin sayılarının azaltılması, böylece kaliteyi, hijyenik kaliteyi sağlamak amacıyla yeterli miktarda iyonlaştırıcı radyasyon dozunun gıdalara uygulanması işlemidir. İhtiyaç duyulan doz aralığı 2-8 kGy'dir. Uygulanan doz oranları 0,1-1 kGy arasında olursa ette bulunan trişin veya tenya gibi parazitlerin yok edilmesi için uygun olabilir.
- **3-Radurizasyon:** Gıdalarda bozulmaya neden olan mikroorganizmaları uygun sayılarda azaltan ve gıdanın kalite ve raf ömrünü artırmak için tatbik edilen radyasyon dozunun gıdalara uygulanmasıdır. İhtiyaç duyulan doz aralığı 0,4-10 kGy'dir.

Ultraviyole Işınları

- UV ışınları 10-6 cm'nin altında dalga boyuna sahip oldukça düşük enerjili elektromanyetik ışınlardır.
- Nüfuz etme kabiliyetleri zayıftır, dolayısıyla yüzeyde bulunan mikroorganizmalara etkilidir.
- Sütte 1-2 cm derinliğe nüfuz edebilir.
- Berrak suda 5 cm derinlikte enerjisinin %50'sini kaybeder.
- Enerji birimi, W/cm²'dir ve 1 cm² yüzey alanı tarafından absorbe edilen enerji (Watt) olarak ifade edilir.
- Ürün tarafından belli bir zamanda absorbe edilen ışın dozu mW/san/cm²'dir.
- UV ışınları mikroorganizmalar üzerine mutajenik ve öldürücü etkiye sahiptir.
- Öldürücü etki;
 - UV ışınlarının dalga boyuna, şiddetine

- Mikroorganizmaların ışına maruz kalma süresine bağlıdır.
- UV ışınlarının mikroorganizmalar üzerine en etkili dalga boyu 253,7 nm'dir.
- Mikroorganizmanın DNA'sı üzerine etkilidir.
- Bakteri ve küf sporları vejetatif formlarına göre daha dayanıklıdır.
- Bazı viruslar bakteriler kadar, bazıları daha dirençlidir.

UV ışınları gıda endüstrisinde;

1. Et depolarında et yüzeyi ve havadaki mikroorganizmaları öldürmek
2. Paketleme materyalinin sterilizasyonu
3. Fırın ürünlerinin yüzeyinde küf gelişmesini önlemek
4. Havadaki mikroorganizmaları öldürmek
5. Alet ve ekipmanların sanitasyonunu sağlamak maksadıyla kullanılır.

Mikrodalga Işınlr

- *Elektromanyetik ışınlar*; radyo dalgaları, mikro dalgalar, kızıl ötesi ışınlar, görünür ışık, mor ötesi ışın, X-ışınları ve gamma ışınlarından oluşur.
- Gıda muhafazasında kullanılan mikrodalga ışın da bu geniş spektrumun bir parçasıdır.
- Elektromanyetik bir alana yerleştirilen gıdanın moleküllerinin hareketi sonucu aralarında meydana gelen sürtünme ile bir ısı açığa çıkar. Bu olay mikrodalga olarak bilinir.
- Gıda endüstrisinde;
 - Yapısını bozmadan gıdaları ısıtmak
 - Gıdaların kurutulması
 - Mikroorganizmaların öldürülmesi
 - Gıda endüstrisinde 915-2450 MHz olan mikrodalgalar kullanılır.

Sterilant Gazlar

- Gıdalarda mikroorganizmaların öldürülmesi için bazı gazlar kullanılmaktadır.
- Bunlar; Ozon, CO₂, bazı ülkelerde etilen oksittir.
- Ozon genellikle suların dezenfeksiyonunda kullanılmaktadır.
- Son zamanlarda bazı gıdalarda CO₂ ekstraksiyonu ile mikroorganizmaların öldürülmeleri çalışmaları yapılmaktadır.

Ozon

- Ozon üç oksijen atomundan oluşmuş bir gazdır.
- Sulu ortamlarda *biyosid* etki gösterir.
- İçme suları, yüzme havuzu ve midye yetiştiriciliğinde deniz suyunun dezenfeksiyonunda kullanılır.
- Suda 2 ppm bulunması halinde birkaç dakikada mikroorganizmaların %99'u ölür.
- Patojen viruslara da etkilidir.
- Sterilant etkisi pH ve ozon konsantrasyonuna bağlıdır.
- Mikroorganizmalar üzerine öldürücü etkisi büyük ihtimalle hücrede SH grupları, membran ve sitoplazmik enzimler gibi hassas fonksiyonel grupların doğrudan oksidasyonu ile gerçekleşir.

- Ayrıca mikroorganizmalar üzerine doğrudan oksidasyon etkisi de düşünülmektedir.
- Ortamdaki artan O/R potansiyelinin mikroorganizma transport sistemlerini etkilediği şeklinde de bir görüş mevcuttur.
- Ozonun etkisiyle ortamda sekonder bazı antimikrobiyal madde oluşumu da gerçekleşebilir.
- Etkisi su oranı ile doğru orantılıdır.
- Suların dezenfeksiyonunda 1-5 ppm ozon kullanılır.
- Baharatların dezenfeksiyonunda denemeler devam etmektedir
- Depoların dezenfeksiyonunda (2-3 mg ozon/m³ hava) kullanılmaktadır.
- Ozon kuvvetli bir mutajendir.

Karbondiyoksit ve Etilenoksit

- **Karbondiyoksit**
- Basınçlı CO₂ ile sıvı gıdaların pastörizasyon veya sterilizasyonu sağlanabilmektedir.
- Kuru gıdalar için aynı etki geçerli değildir.
- **Etilenoksit**
- Baharatların sterilizasyonunda 500 ml etilenoksit/m³ doz kullanılır.
- İnsanlar üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı bir çok ülkede yasaklanmıştır.

Yüksek Hidrostatik Basınç

- Yapılarında fazla su bulunan gıdalarda mikroorganizmaların azaltılmasında kullanılabilir.
- Mikroorganizmalar üzerine etkisi şu faktörlere bağlıdır:
 1. Mikroorganizmanın özellikleri, spor veya vejetatif formu
 2. Uygulanan basınç ve uygulama süresi
 3. Ortamın bileşimi ve pH değeri
 4. Ortamın sıcaklığı
- Biyolojik prosesler basınçtan etkilenir.
- Enerji açığa çıkaran reaksiyonlar basınç etkisiyle engellenerek hücrenin hayati faaliyetleri yavaşlatılabilir.
- Basıncın etkisiyle proteinlerin denatürasyonu sıcaklık, pH ve spesifik iyonların konsantrasyonu gibi faktörlere bağlıdır.
- Basınç, hücrede enzimler tarafından katalizlenen reaksiyonlarda da etkilidir. Yüksek basıncın bazı önemli enzimleri inaktive ettiği düşünülmektedir.
- Basınç lipidlere de etkilidir. Artan basınç ile trigliseritlerin erime noktaları yükselir. Sıvı lipidler yüksek basınç ile kristalleşirler.
- Yüksek basınca Gram (+) bakteriler, Gram (-) bakterilere göre daha dirençlidirler.
- Maya ve küfler yüksek basınca hassastırlar. Ancak bakteri sporları oldukça dirençlidir.
- Mikroorganizmaların, belirli seviyede basınca maruz kalınca hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişiklikler nedeniyle öldükleri tahmin edilmektedir.

- Genel olarak ökaryotik mikroorganizmalar yüksek basınca prokaryotlardan daha hassastırlar.

Yüksek Basıncın Uygulama Alanları

1. Gıdaların sterilizasyonu (meyve suyu, süt)
2. Biyolojik makromoleküllerde yapısal değişimler (nişasta)
3. Proteinlerin denatürasyonu (et kürlleme)
4. Lipidlerin faz modifikasyonu (yağın kristalizasyonu)
5. Enzimlerin inaktivasyonu
6. Donama ve çözünme noktalarının değiştirilmesi

Basıncılı Karbondioksit Uygulamaları

- Mikroorganizmalar üzerine etkisi yüksek hidrostatik basınca benzemekle beraber ilave mekanizmalar da vardır.
 - MO inaktivasyonu nem oranı ile doğru orantılıdır
 - Ortamda su bulunursa CO₂ basınç etkisiyle dokunun su fazında çözünür, dissosiyeye olmadan karbonik aside dönüşür. Karbonik asit hücre içi pH'sını düşürür ve protein – enzim denatürasyonuna sebep olur.
 - CO₂'in belli basınç (7,38 MPa) ve belli sıcaklıkta (31,5°C) organik çözelti özelliği gösterdiğinden bu haldeki CO₂'e “*süper kritik karbondioksit*” adı verilir.
 - Süper kritik CO₂, MO hücresinin önemli bileşenlerinin çözünmesine ve ölümüne sebep olur.
 - Basıncılı CO₂ bazı gıdalardaki zararlıların öldürülmesinde de kullanılır. Bu konuda geçerli mekanizmalar;
 1. Basınç etkisiyle çözünen CO₂'in (karbonik asit) hücre sıvısının ve böceklerde vücut sıvısının asitliğinin artmasına yol açması,
 2. Basıncın aniden kaldırılmasının etkisi (vurgun)
 3. Ortamdaki oksijenin uzaklaştırılması.

Kombine Yöntemler

- Gıdalarda mikrobiyolojik stabilite ve güvenilirliğin sağlanmasında birden fazla metodun kullanılması sinerjistik etki oluşturur. Bu etkiye “*hurdle etkisi*” denir.
- Bu etki gıda muhafazasında temel bir unsur olup “kümülatif etki kavramı” ile açıklanır.
- Hurdle etkisi, kombine yöntemler, kombine işlemler, kombinasyon etkisi, engel teknolojisi veya hurdle teknolojisi olarak adlandırılır.

Fiziksel faktörler

- Bu uygulamaların başlıcaları;
 1. Isıl işlemler

2. Düşük sıcaklık
3. Elektromanyetik enerji
4. UV ışınları ile inaktivasyon
5. Yüksek basınç
6. Ultrason paketleme
7. Modifiye atmosferde paketleme
8. Modifiye atmosferde depolama
9. Kontrollü atmosferde depolama
10. Aseptik paketleme
11. Bu metotlar fizikokimyasal metotlarla birlikte kullanılabilir. Örnek: Sterilizasyonda pH düşürülerek hem enerjiden tasarruf edilir, hem de ürün yapısı, besin değeri korunmuş olur.

Fizikokimyasal faktörler

1. Ortamın su aktivitesi
2. pH
3. O/R potansiyeli
4. Tuz, Nitrit – nitrat
5. CO₂, O₂, O₃
6. Fosfatlar, GDL, Fenoller, Şelat yapıcılar
7. Yüzeye uygulanan difenil gibi kimyasallar
8. Etanol, propilen glikol, Maillard reaksiyonu ürünleri
9. Baharat
10. Glukoz oksidaz, Laktoperosidaz, Lizozim

Mikrobiyal Faktörler

1. Mikroorganizmalar
 1. Rakip mikroflora
 2. Starter kültürler
2. Mikroorganizma metabolitleri
 1. Organik asitler
 2. Bakteriosinler
 3. Antibiyotikler

Diğer Faktörler

- Endüstriyel kullanımı sınırlı olanlar;

- | | |
|-------------------------|------------------|
| 1. Monolaurin | 3. Çitosan |
| 2. Serbest yağ asitleri | 4. Hipokloritler |

Yukarıda belirtilen gıda muhafaza metotları kombine olarak kullanılabilir.