

BÖLÜM 6

GIDA MUHAFAZA METOTLARI

1. Giriş

Gıda maddelerinin bileşim ve özelliklerinde üretimi takiben enzimatik veya mikrobiyolojik yolla istenilmeyen değişimler meydana gelmektedir. Bunun önüne geçebilmek için her gıdaya uygun işleme ve muhafaza metotları geliştirilmiştir.

Gıda muhafaza ve işlemede temel kavram; gıdanın ilk günlük tazeliğini bozmadan veya buna yakın özellikte saklanabildiği süre olan “**raf ömrünü**” uzatmaktır. Bu da bileşim ve özelliklerinde olabilecek istenilmeyen değişimlerin önüne geçebilmek ile mümkündür. Ders konumuz olan gıda mikrobiyolojisi açısından bu amaca ulaşabilmek için, ya mevcut mikroorganizmaların çoğalma ve gelişme faaliyetlerini engellemek veya onları tamamen öldürmek gerekmektedir. İşte bu esas dikkate alınarak geliştirilen ve uygulanan gıda muhafaza metotları işlevlerine göre Tablo 6.1’deki gibi sınıflanabilmektedir.

Tablo 6.1. Gıda Muhafaza Yöntemlerinin İşlevlerine Göre Sınıflandırılması

Mikroorganizmaların Öldürülmesi (İnhibisyonu)	Mikroorganizmaların Gelişiminin Yavaşlatılması veya Durdurulması (İnaktivasyonu)	Mikroorganizmaların Ürüne Bulaşmasının Engellenmesi
Yüksek Sıcaklık Uygulamaları Pastörizasyon Sterilizasyon Kaynatma	Düşük Sıcaklık Uygulamaları Soğutma Dondurma	Aseptik Çalışma Ambalajlama
Işınlama UV ışınları Mikroalg ışınları γ-ışınları	Su Aktivitesini Düşürme Kurutma NaCl ve Şeker ilavesi	Dekontaminasyon
Yüksek voltaj ark deşarjı	Modifiye Atmosfer CO ₂ ve Azot Gazı İlavesi Vakum Ambalajlama	
Ohmic ve Inductive Isıtma	Asitliği Artırma	
Yoğun Işık Uygulaması	Asit İlavesi Asit Fermantasyonu	
Magnetik Alan Uygulaması	Gıda Katkı Maddeleri Preservatifler Başka Amaçla Katılanlar	
Yüksek Basınç Uygulaması		
Biyoteknolojik Yöntemlerle Gıda Muhafaza		

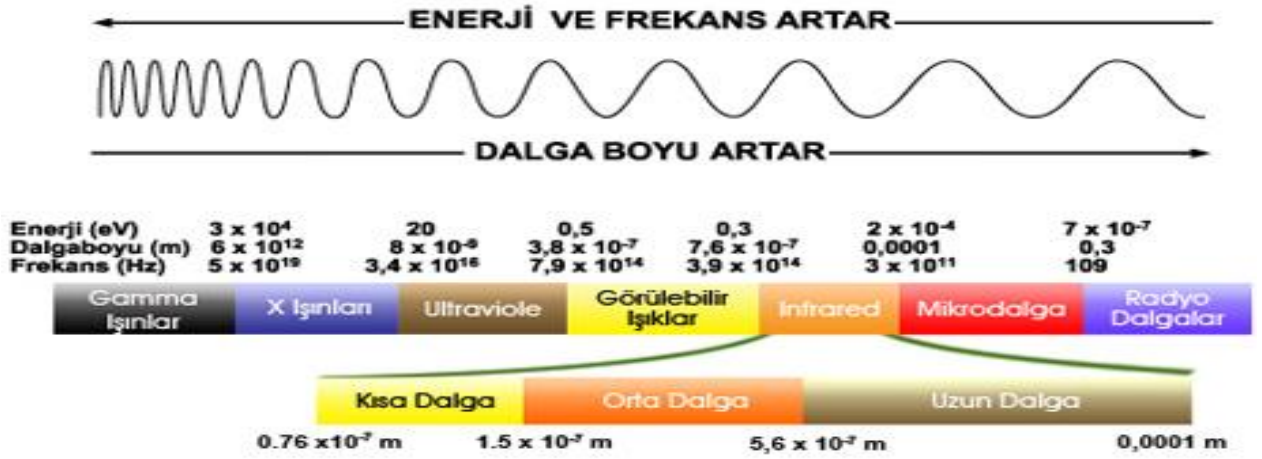
Gıda muhafazada seçilecek yöntemi, hammadde ve son ürünün karakteri, mikroflorası ve yükü ile sonraki saklama şartları gibi faktörler etkilemektedir. Farklı gıdalara uygulanan temel muhafaza metotları ile mikrobiyal yapılarındaki etkileşim aşağıda ayrı ayrı ele alınarak 10 başlık altında incelenmiştir.

2. Işınlama ile Gıda Muhafazası

Gıda ışınlama ile ilgili ilk çalışmalar, 1921 yılında ABD’de patent alan Schwartz ile başlamış ve 1960 yıllarında ticari olarak uygulamaya geçilmiştir.

Radyasyon enerjisinin uygulanan ortamın yüzeyinde veya içerisinde dağılımı ve emisionu olarak tanımlanabilir. Işınlamada madde tarafından absorblanan enerji “doz” olup, birim olarak eskiden rad olarak ifade edilmekle birlikte bugün gray (Gy) ile ifade edilmektedir.

1 Gy ışınlanmış materyal tarafından absorblanan 1 joule/kg enerjiye eşittir ve yine 1Gy= 100 Rad’dır. Gıda muhafazada ilgi duyulan radyasyon tipi elektromagnetik’tir. Elektromagnetik spektrum Şekil 6.1’de verilmiştir.



Şekil 6.1. Elektromagnetik spektrum kartı

Işınlama dalga boyuna göre radyasyon (elektromagnetik), **mikrodalga**, **UV**, **x** ve **γ** ışınları uygulamalarına ayrılabilir. Kısa dalga boylu ışınların mikroorganizmalar üzerine zararı daha yüksektir. Bahsedilen radyasyon uygulamalarından mikrodalga ve UV noniyonize, x ve γ ise iyonize radyasyondur.

Mikrodalga hariç ışınlama uygulaması ile gıda maddesinin sıcaklığında önemli bir artış olmamaktadır. Bu nedenle ışınlama “**soğuk sterilizasyon**” olarak isimlendirilmektedir. Ayrıca ısıl işleme göre son derece ucuza mal olmaktadır. Örneğin iyonize radyasyon ile sterilizasyonda ısıl işlemin 1/50’si kadar enerji gerekmektedir. Uygulamanın -15°C dahi uygulanabilmesi de ayrıca bir avantajdır.

Mikroorganizmaların ışınlama ile inhibe edilmesi, DNA bağlarının kırılması ve/veya DNA onarım mekanizmalarına zarar verilmesi ile olmaktadır. Işınlamaya Gram negatif

bakteriler, Gram pozitif bakterilerden daha hassastırlar. Sporlular ise oldukça dayanıklıdır. Genelde küflerin dayanıklılığı vejetatif bakteri hücrelerine benzer iken, mayalar daha dayanıklı bulunmaktadır. Virüsler ise en dayanıklı grubu oluşturmaktadır (Tablo 6.2).

Tablo 6.2. Çeşitli Mikroorganizma Türleri İçin İnhibitör Etkili Işınlama Dozlarının Yaklaşık Değerleri

Mikroorganizma Türü	Doz (kGy)
Gram Negatif Bakteriler	
<i>Escherichia coli</i>	2
<i>Salmonella enteridis</i>	4
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<1
Gram Pozitif Bakteriler	
<i>Micrococcus spp.</i>	4
<i>Staphylococcus aureus</i>	5-10
<i>Streptococcus faecalis</i>	5
<i>Bacillus cereus</i> (sporlar)	25
<i>Clostridium botulinum</i> (sporlar)	25
Küfler ve Mayalar	
<i>Aspergillus flavus</i>	3
<i>Candida spp.</i>	4
<i>Sacharomyces cerevisiae</i>	10
Virüsler	>30

Uluslararası Atom Enerji Ajansı'nın kabullerine göre ışınlanacak gıda maddesi tarafından absorblanabilecek en yüksek enerji 10 kGy olarak sınıflandırılmıştır. Endüstriyel uygulamalarda kullanılacak doz ise; mikrobiyal yükün azaltılması için 1-10 kGy, ticari amaçlı malzeme sterilizasyonu, virüslerin ve toksinlerin yok edilmesi için 10-50 kGy arasında olmalıdır. Gıda maddelerinin ışınlanmasında bazı özel amaçlar için (astronot gıdaları, AIDS'li hasta diyetleri) 10 kGy'lik sınır aşılabilmektedir.

Işınlamanın mikrobiyal yüke tesirini somut örnekler ile açıklamak istersek şunları söyleyebiliriz. 25 kGy'lik bir uygulama ile 10^5 CFU/g dolayında mikroorganizma içeren gıdada sayı 1×10^{-10} CFU/g'a düşmektedir. Pastörizasyona eşdeğer bir uygulama için 0.75-2.5 kGy, patojenlerin tamamen öldürülmesi için 2.5-10 kGy'lik uygulamaları yeterli olmaktadır.

Ancak bazı mikroorganizmalar; *Deinococcus* (Önceden *Micrococcus* olarak isimlendirilirdi: *M. radiodurans*) ve Psikrotrofik *Moraxella-Acinetobacter* grup bakterilerin D_{10} değeri (%90'nın ölmesi için gerekli doz) 10kGy'den daha yüksektir. Maya ve Laktobasiller de umulmadık düzeyde dayanıklı olabilir ve özellikle vakum veya modifiye atmosferde paketlenmiş veya kuru gıdalarda başlangıç sayıları yüksek ise ışınlama ile muhafazada önemli güçlükler çıkarırlar.

Fungal ve bakteriyel sporlar radyasyona dayanıklılıkları vejetatif formlara göre daha yüksektir ve D_{10} değerleri 1-10kGy arasında değişir. Aksine gıdaların bozulmasında büyük önem taşıyan *Pseudomonas*'lar çok hassastır ve D_{10} değerleri <1kGy'dir.

Gıdalarda önem taşıyan Gram negatif bakteriyel patojenlerden ışınlamaya en dayanıklısı Tablo 6.3 den de görüldüğü gibi *Salmonella*'dır. Dolayısı ile *Salmonella*ları elemine edecek doz uygulandığında diğer Gram negatif patojenlerde inhibe edilmiş olur. Çoğu funguslarda

D₁₀ değerleri <1kGy'dir. Parazitlerden *Trichinella spiralis* 0.3 kGy , *Toxoplasma gondii* 0.3-0.7 kGy uygulamalar ile inhibe edilir ve gıda insan tüketimi için güvenli hale getirilebilir.

Tablo 6.3. Bazı Gıda Kaynaklı Patojen Bakterilerin D₁₀ Değerleri

Organizma	Ürün	Işınlama Sıcaklığı (°C)	D ₁₀ kGy
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Kıyma	2	0.04-0.90
<i>Campylobacter jejuni</i>	Kıyma	18-20	0.14-0.16
<i>Escherichia coli O157:H7</i>	Sığır eti	2-4	0.24
<i>Listeria monocytogenes</i>	Piliç	2-4	0.45
<i>Salmonella sp.</i>	Piliç	2	0.38-0.77
<i>Shigella dysenteria</i>	İstiridyeye	5	0.40
<i>Staphylococcus aureus</i>	Piliç	0	0.40-0.46
<i>Vibrio parahemolyticus</i>	Yengeç	24	0.053-0.357
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Kıyma	18-20	0.10-0.21

Gıda endüstrisinde raf ömrünü uzatmak amacı ile uygulanan radyasyon uygulama dozuna göre 3 gruba sınıflanır:

1. **Radappertization:** Uygulanan doz 30-50 kGy arasındadır ve ışınlama ile sterilizasyon olarak ifade edilir. Elde edilen sonuç asidik konservelerin sterilizasyonunda elde edilen ile benzerdir.
2. **Radicidation:** Uygulanan doz 1-10 kGy arasındadır ve başlıca amacı *Listeria* ve *Salmonella* gibi spor oluşturmeyen patojenlerin inhibisyonudur. Bu işlem de sütün sıcaklıkla pastörizasyonuna eşdeğer uygulama olarak kabul edilir ve patojenlerle birlikte bozucu mikroorganizmalar da çok büyük oranda inhibe edilirler. Yine etlerin içerdiği *Trichina spiralis* gibi parazitlerde inhibe edilirler. Ancak virüsler etkilenmezler. Bu doz genellikle dondurulmuş gıdalara uygulanır.
3. **Radurization:** Uygulanan doz 0.4-2.5 kGy arasındadır ve çoğunlukla soğuk pastörizasyon olarak isimlendirilir. Uygulama amacı spesifik bozucu mikroorganizmaları azaltmak, olgunlaşma ve bayatlamayı geciktirerek kullanım süresini ve muhafaza kalitesini artırmaktır. Genellikle dondurulmamış ürünlerde kullanılır.

Gıdalara uygulanan 10 kGy'lık doz, biyolojik, besinsel değer ve kimyasal nitelik açısından belirgin olumsuz etki yapmadığı gibi toksikte değildir. Ancak ortamın sıcaklığı, oksijen varlığı, gıda tipi ve uygulanan doza bağlı olarak bazı vitaminler (örneğin B1 ve C) radyasyona hassastır. Ürün ambalajlanıp, oksijen uzaklaştırılıp, düşük sıcaklıkta radyasyon uygulanarak kayıplar minimize edilir. Işınlama ile gıdalardaki askorbik asitte az miktarda dehidroaskorbik asite okside olur. Ancak bu form biyolojik aktiftir ve depolama sırasında geri indirgenir.

Sığır eti, piliç ve karideste 2.5kGy, hindi de 1.5 kGy ve kuzu etinde de 6.25 kGy iyonize ışınlanmanın doğal kokuda duyusal olarak hissedilebilecek farklılığın başladığı sınır değerler olduğu bildirilmektedir.

Türk Kaşar peynirinde 1.5 kGy uygulamanın aroma gelişimi ve renk üzerine zararlı etkide bulunduğu, ancak 1.2 kGy uygulama ile zararların düşürüldüğü ve peynirin oda sıcaklığında maya-küf gelişimi olmaksızın depolanabilme süresini 3-4 günden 12-15 güne uzattığı, buzdolabı şartlarında ise 5 kat artırdığı ifade edilmiştir. Yine yağlı Camambert peynirinde ise 2.5 kGy uygulama *L. monocytogenes*'i elemine etmek için tavsiye edilmiştir. Et ürünlerinde ışınlanmanın raf ömrü üzerine etkisi de Tablo 6.4'de verilmiştir.

Tablo 6.4. Çeşitli Et Ürünlerinde Işınlanmanın Raf Ömrü Üzerine Etkisi

Ürün	Doz (kGy)	Depolama Sıcaklığı (°C)	Raf Ömrü
Kanatlı Karkası	1.5	5	6-7.5 gün
	2.5	5	15 gün
	8.0	2	40 gün
Tütsülenmiş alabalık	0	2-3	2 ay*
	2	2-3	3 ay*
	4	2-3	4 ay*
Tatlı su levrek filetosu	0	3	<5 gün*
	2	3	>12 gün*
	4	3	>12 gün*
Sığır eti yüzeyinde	0	1	7 gün*
	2	1	21 gün*

*: 6 log₁₀ cfu/g sayıyı aşanlar bozulmuş olarak değerlendirilmiştir.

Günümüzde 36 ülkede 40'dan fazla ürün için, 23 ülkede ise 39 farklı ürün için uygulama izni verilmiştir. Yaklaşık 26 ülkede de gıda muhafazada ticari boyutta kullanılmaktadır. Gıda muhafazada kullanılan radyasyon uygulamasını iyonize oluş ve ışınların dalga boylarına göre yapılan ayrıma göre tek tek inceleyelim.

2.1. İyonize Olmayan Radyasyon

2.1.1. UV Işınları

Tüketicilerin iyonize radyasyona tepkisinden dolayı gıda muhafazada alternatif kullanım imkanı bulmaktadır. Ancak, penetrasyon gücünün düşük olmasından dolayı ambalaj materyalinin küflerden arındırılması, içme suyundaki ve et yüzeyindeki mikrobiyal yükün azaltılması gibi sınırlı kullanım alanı bulmaktadır. En etkin dalga boyu 260 nm'dir. Uygulamada 200-280 nm arası kullanabilmektedir.

UV ışın hücrede proteinler ve nükleik asitler tarafından absorblanmaktadır. Öldürücü etkisi absorblandığı nükleik asitlerde fotokimyasal olarak neden olduğu ölümcül mutasyonlara bağlanmaktadır.

UV ışığın, düşük nüfuz gücüne ilaveten, materyalde oksidasyonu katalizleyerek ransidite ve renk bozulması gibi değişikliklere de yol açması gıda muhafazada kullanımını sınırlandırmaktadır.

2.1.2. Mikrodalga

Mikrodalğanın gıda muhafazasındaki etkisi ısıtma ile olmakla birlikte mikrodalga bir ısı çeşiti değil, başka bir enerji formudur. Mikrodalğanın gıda maddesine uygulanması ile absorblanan ışın moleküler harekete (özellikle su moleküllerinde) neden olur. Saniyede milyonlarca kez oluşan bu hareket sonucu önemli düzeyde sürtünme ısısı açığa çıkar ve maddenin sıcaklığı artar. Mikrodalğanın etki edebildiği kalınlıktaki tüm moleküllerin aynı anda hareketi ısınmanın ani ve homojen olmasını sağlar. Mikrodalga ile ısınma hızı ve homojenliği gıda maddesinin özgül ısısı, şekli, yüzey alanı, bileşimi ve sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir.

Gıda maddesi homojen bir yapı olmayıp fiziksel ve dielektrik özellikleri birbirinden çok farklı bileşenlerden oluştuğundan mikrodalga ortamında homojen ve dengeli bir ısınma sağlamak güç olmaktadır. Ürün içinde sıcak ve soğuk noktalar oluşabilmektedir. Bazı bölgelerde aşırı ısınma renk bozukluklarına, az ısınma ise yetersiz sterilizasyona neden olabilmektedir. Bu problemin azaltılması için bu üretilen aletlerde döner tabla, dalga yönlendirici veya birden fazla magnetron kullanılmaktadır.

Uygun ısı dağılımının sağlanması durumunda vejetatif hücrelerin tümü, sporların da önemli bir bölümü inhibe edilebilmektedir. Gıda maddesini anında ısıtmaya başlaması, ortamın ısıtılmasına ihtiyaç olmaması enerji ve zaman kazancına, mikrodalga enerjinin ısıya dönüşme oranının yüksek olması (geleneksel metotta %7-14, mikrodalgada %40) da enerji kazancına sebep olmaktadır. Ayrıca, tesis yeri küçük, kullanım ve bakımının kolay olması da bir diğer avantajıdır.

Pastörize veya sterilize edilecek gıda maddesi bu metot ile çok kısa sürede istenilen sıcaklığa ulaşabileceğinden, sürenin kısalığı bazı mikroorganizmaların canlı kalışına sebep olabilmektedir. Bu yüzden geleneksel metoda göre sıcaklık-süre normuna daha fazla dikkat edilmesi ve mutlaka optimizasyonun yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2. İyonize Radyasyon

İyonize radyasyon x veya gamma ışınları, beta ışınları, protonlar, nötronlar ve α partiküllerini içerir. **Nötronlar** gıda maddesinde kalıntı radyoaktiviteye sebep olmaları, **proton** ve **α partikülleri** de çok düşük penetrasyon kabiliyetleri dolayısı ile gıda muhafaza pratiklerinde çok önem taşımamaktadırlar. Bu nedenle ders konusu içerisinde üzerlerinde durulmayacaktır.

2.2.1. β -Işınları

β -ışınları radyoaktif bir maddeden yayınlanan elektron (β -partikülleri) akımına verilen isimdir. Elektron ise atomun yapısında bulunan negatif yüklü parçacıklardır. Nüfuz kabiliyetleri uygulandıkları hedef materyal ile hızlarına bağlı olmakla birlikte, yine de UV'den daha şanslıdır. β -ışınları için ticari kaynak Van de Graff jeneratörü ve linear akseleratörlerdir.

2.2.2. X-Işınları

χ -ışınları havası alınmış tüpler içerisinde ağır metal iyonlarının katot ışınları ile bombardımana tutulması ile üretilir. Birçok yönüyle gamma ışınları ile benzerdir. χ -

ışınları ile muamele ekonomik açıdan gıda endüstrisinde üzerinde durulan bir uygulama değildir.

2.2.3. γ - Işınları

Gıda muhafazasında öneme sahip ışınlama metodudur. Gamma ışınları ^{60}Co ve ^{137}Cs gibi elementlerin çekirdeklerinin uyarılarak yayılması sağlanan elektromagnetik radyasyondur. Bu ışınlar gıda muhafazasında kullanılabilen radyasyonun en ucuz yoludur. Çünkü kaynak elementler (^{60}Co veya ^{137}Cs) ya atomik füzyonun yan ürünü veya atomik atık ürünleridir.

Gamma ışınları güçlü nüfuz kabiliyetine sahiptir. Ancak yine de etkinlikleri uygulama derinliği ile üslü olarak azalır. Çoğu gıda maddesi için etkili derinlik 20 cm civarı olarak rapor edilmekle birlikte bu derinlik uygulama süresi ile bağlantılıdır.

Gamma ışınları radyoaktif bir kaynaktan sürekli olarak ve tüm yönlerde yayılır ve yüksek nüfuz kabiliyetindedir. Bu yüzden uygulama tesisinde çalışanların korunması için uygun koruyucu kalkan ile çevrilmiş alanlara ihtiyaç vardır. Bu zamana kadar hayvanlar ve gönüllü insanlar üzerinde yapılan ışınlanmış gıda tüketim denemeleri ile ışınlanmış gıdanın herhangi bir rahatsızlığa neden olduğu saptanmamıştır.

2.3. Işınlamanın Başarısını Etkileyen Faktörler

Işınlama ile mikrobiyal inaktivasyonda başarı şunlara bağlıdır;

- Mikroorganizma tipi;** Gram pozitifler Gram negatiflerden daha dayanıklıdır. Sporlular da sporsuzlardan dayanıklıdır.
- Mikroorganizma sayısı;** hücre sayısı arttıkça canlı kalan hücre sayısı da artacaktır.
- Gıdanın kompozisyonu;** ortamda bulunan protein mikroorganizmaların dayanıklılığını artırır. Kür katkıları, düşük pH ve koruyucular (benzoat, sorbat, vb.) mikroorganizma dayanıklılığını azaltırlar.
- Oksijen varlığı;** mikroorganizmalar oksijensiz ortamda daha dayanıklıdırlar. Ortama sülfidril gibi indirgeyici madde ilavesi genellikle oksijenin uzaklaştırılması gibi dayanıklılığı artırıcı etkide bulunur.
- Gıdanın fiziksel yapısı;** kurutulmuş gıdalarda bulunan mikroorganizmalar yüksek su içeren gıdalarda bulunan mikroorganizmalardan daha dayanıklıdırlar. Yine dondurulmuş hücreler de dondurulmamışlardan daha dayanıklıdır.
- Organizmanın yaşı;** bakteriler ışınlamaya lag fazı döneminde bölünmenin hemen öncesi dönemde en dayanıklı durumdadırlar.
- Uygulama dozu;** yüksek değerlerde ölüm oranı da yüksektir.

3. Yüksek Sıcaklık Uygulamaları ile Gıda Muhafazası

Yüksek sıcaklığın gıda muhafazasında kullanımı onun mikroorganizmaları inhibe edici özelliği dolayısıyledir. Yüksek sıcaklıklarda ölümün, proteinlerin denatürasyonundan ve özellikle de hücre metabolizması için gerekli olan enzimlerin inaktivasyonundan kaynaklandığı öne sürülmektedir. Mikroorganizmaları inhibe etmek için gerekli ısı miktarı mikroorganizmanın türü, vejetatif veya spor formunda oluşu, gelişme fazı ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Gıda hammaddelerinin bileşimine ve üretim ortamlarına bağlı olarak taşıdıkları mikrobiyal yük ve flora değişik olmaktadır. Gerek bu flora farklılığının, gerekse de bileşimlerindeki farklılıklarının ısı işlemin etkinliği üzerine önemli etkilerinin oluşu sanayide uygulanan ısı işlem normlarını etkilemektedir. Gıda sanayiinde yüksek sıcaklık uygulamaları ikisi yaygın üç katogoride ele alınabilir; Pastörizasyon, Sterilizasyon ve Kaynatma.

3.1. Pastörizasyon

Bu işlem ile; gıdalarda bulunan patojen mikroorganizmaların tümünün, gıda bozulmasına sebep olanların ise önemli bir kısmının inhibe edilmesi hedeflenir. Pastörizasyonda uygulanan ısı işlem 100°C nin altındadır. Gıda maddesine ısı; buhar, sıcak su, kuru ısı veya elektrikli ısıtıcılar ile uygulanabilir ve ürün ısı işlemi takiben çabuk soğutulur. Pastörizasyon sıcaklık ve süreleri değişik ürünler için farklı olabilir. Örneğin bu süre ürünlere göre şöyle değişmektedir:

Süt	62,8°C	30 dak
	71,7°C	15 s
Dondurma miksi	71,1 °C	30 dak.
	82,2 °C	16-20 saniye
Üzüm şarabı (ambalajlanmamış)	82-85 °C	1 dak
Kururulmuş meyveler	65,6-85 °C	30-90 dak
Şişelenmiş üzüm suyu	76,7 °C	30 dak
Şişelenmemiş elma suyu	85-87,8 °C	30-69 dak.
Meşrubatlar	65,6 °C	30 dak
Şişelenmemiş sirke	69-65,6 °C	30 dak.

Sütün pastörizasyonu ilgili kodekste; “patojen mikroorganizmaların vejetatif formlarının tamamının, diğer mikroorganizmaların büyük bir kısmının sayısını indirmek amacı ile yapılan, sütün raf ömrünü uzatan, en az seviyede fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişikliklerle sonuçlanan ve en az 72°C`de 15 saniye veya 63°C'de 30 dakika veya diğer eşdeğer şartlarda gerçekleştirilen ısı işlemidir” denilmektedir. Sütün pastörizasyonda uygulanan tüm sıcaklık uygulamalarında esas *Mycobacterium tuberculosis* ve *Coxiella burnetti* gibi sütte bulunabilen ve spor oluşturmayan dayanıklı patojen mikroorganizmaların öldürülmesidir. Bununla birlikte pastörizasyon sıcaklıklarında tüm mayalar, küfler; Gram negatif bakteriler ile birçok Gram pozitif bakteriler de ölürler. Pastörizasyon sonucunda iki grup mikroorganizma canlı kalabilir.

a) Thermodurik organizmalar; bu mikroorganizmalar aşırı yüksek sıcaklıklardan nisbeten yüksek sıcaklıklara kadar değişen sıcaklıklarda canlı kalabilirler. Fakat gelişmeleri için bu sıcaklıklar gerekli değildir. Örnek olarak sütün pastörizasyon sonucu canlı kalabilen spor oluşturmayan *Streptococcus* ve *Lactobacillus* cinsleri ile diğer bazı cinsler verilebilir.

b) Termofilik organizmalar; bunlar yüksek sıcaklık uygulamalarında canlılığını korumakla kalmaz, aynı zamanda, gelişme ve metabolik aktiviteleri için de yüksek sıcaklıklara ihtiyaç duyarlar. Gıdalarda bulunan en önemli termofilleri *Bacillus* ve *Clostridium* cinsleri içermektedir.

Pastörizasyon işleminin avantajları;

- 1) Gıda maddesi fazla ısıtılmadığı için ürünün kalite kaybı azdır.
- 2) Gıda maddesinde bulunan patojenler ölürler.
- 3) Pastörizasyon sonucu canlı kalabilen organizmaların çoğalmaları ek muhafaza metotları ile engellenebilir.

Pastörizasyona ilave olarak kullanılacak ek koruma metodları şunlardır:

- 1) Sütün soğutulması,
- 2) Dışarıdan bulaşmanın önlenmesi için ambalajlanıp ağzının kapatılması,
- 3) Ambalajında anaerobik şartların sağlanması ve muhafazası,
- 4) Yüksek konsantrasyonda şeker ilavesi (tatlandırılmış kondanse süt),
- 5) Çeşitli kimyasal koruyucuların kullanımı (turşulara organik asitlerin ilavesi).

Bazı ısı işlem görmüş gıdalar basınç altında ambalajlanırlar. Basıncı oluşturulan gaz olarak genellikle CO₂, azot veya azotoksit kullanılmaktadır. Gazlı içeceklerde pastörizasyon işleminden sonra verilen gaz bulaşma etmeni olabilmektedir. Kullanılan gaz mikroorganizma türüne göre değişik etkilidir. Azot oksit, eğer ortamda az dahi olsa oksijen varsa aerobları inhibe etmez iken, CO₂ aynı şartlarda inhibe edebilmektedir. CO₂ basınç altında aerob bakterileri ve küfleri inhibe ederken, laktik asit bakterileri, *Bacillus coagulans*, *Streptococcus faecalis* veya mayaları inhibe etmemektedir. Azot oksit bazı küfleri baskılamaktadır

3.2. Sterilizasyon

Gıdalarda bulunan, plak veya sayım teknikleri ile belirlenebilen tüm canlı organizmaların inhibe edilmesi işlemidir. Konservelerde uygulanan işlem çoğu kere “**ticari sterilizasyon**” olarak isimlendirilmekte ve bunlarda zaman zaman düşük sayıda canlı organizma kalabilmektedir. Ancak konserve içeriği şartları ve depolama şartları altında bunlar önem taşımamaktadır. Çünkü konservelerde sterilizasyon sonucu canlı kalabilen hiçbir mikroorganizma ürünün pH ve E_h değerleri veya da depolama sıcaklığı dolayısı ile çoğalamamaktadır.

Sterilizasyon denilince 100°C'nin üstünde ısı işlem uygulaması akla gelmektedir. 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklar buhar ile basınç altında ısıtma işlemlerinde elde edilir.

Sütün sterilizasyonunda yakın zamanda gerçekleşen gelişmeler sonucu Ultra High Temperature (UHT) metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. UHT yöntemi: Oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile, normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden, en az 135°C'de 1 saniye olacak şekilde, uygun zaman-sıcaklık kombinasyonunda, yüksek sıcaklıkta kısa süreli, sürekli akış altında uygulanan ısı işlemidir. Isıl işlem sonrası süt hızla soğutulur, aseptik şartlarda steril opak ambalaj materyaline doldurulmaktadır. UHT sütler günümüzde daha çok pazar imkanı bulmaktadır. Bu sütler oda sıcaklığında 8 hafta herhangi bir aroma değişimi olmaksızın depolanabilirler.

Sütün sterilizasyonunda diğer bir yöntem ise steril süt elde etmedir. Bu yöntemde oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile, hermetik ambalajlı ürüne normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok edecek, en az 115°C'de 13 dakika veya 121°C'de 3 dakika gibi uygun

zaman-sıcaklık kombinasyonunda olacak şekilde, yüksek sıcaklıkta uzun süreli ısı işlem uygulanır.

100°C'nin üzerindeki diğer uygulama olan konserve yapım işlemi, gıdaların kapalı kutularda ısıtılmasıdır. Konserve edilecek hammadde taze olarak alınıp, temizlenmekte, ayıklanmakta, sınıflanmakta, yıkanmakta ve kutu içerisine konulmaktadır. Bazı sebzeler haşlama işlemine tabi tutulmaktadır. Salamura veya şeker şurubu ilave edilmekte ve uygun metod ile kapağı kapatılmaktadır.

Konserve sanayiinde uygulanan ısı işlem “**ticari sterilizasyon**” “**pratik sterilizasyon**” veya “**bakteriyel inaktivasyon**” olarak isimlendirilebilir. Uygulanan ısı işlemin miktarı, ısıya çok dayanıklı sporların dayanıklılığını etkileyen faktörler ile ürünün ısı iletkenliğine bağlıdır.

Isıl işlem ve ambalajlamadan sonra konserve hızla olarak soğutulur. Bunun için soğuk su tankları veya sprey banyolar kullanılabilir. Büyük ambalajlar ve soğutmasında önce ılık su kullanılan cam ambalajlar, daha uzun sürede soğurlar. Kapağın kapatılması veya kenetlerde meydana gelen hatalar bu safhada konserve bulaşmasına neden olabilmektedir.

3.3. Kaynatma (100°C Civarında Isıtma)

Çok çeşitli, hammaddelerden hazırlanan ev konserve 100°C veya biraz altında uzun süreli ısı işleme tabi tutulurlar. Bu uygulama asit ve orta asit gıdalar için çoğu kere yeterlidir. Bununla birlikte düşük asit gıdalar için basınçlı pişiriciler kullanılmalıdır.

Sauerkraut ve yüksek asit meyveler gibi bazı gıdalar 100°C nin altında yeterli derecede ısı işlem görmüş kabul edilirler. Sauerkraut 100°C nin altında ısıtılıp, sıcak olarak paketlenirse daha fazla ısı işleme ihtiyaç duyulmaz.

Fırıncılıkta ekmek, kek veya diğer ürünlerin iç sıcaklığı nem var olduğu sürece 100°C'yi geçmez. Bazen ekmeklerde rope etmeni bakteriler canlı kalabilirler.

Sığır rosto etlerinde iç sıcaklık az pişmişlerde 80°C'yi, domuz rostolarında ise 85°C'yi geçmez. Tavada kızartmada gıdanın dış sıcaklığı çok yüksek olabilmekle birlikte iç sıcaklığı yine 100°C'yi geçmemektedir.

3.4. Mikroorganizmaların Isıya Dayanıklılığını Etkileyen Faktörler

Steril fizyolojik suda veya besiyerinde bulunan mikroorganizmaların ısı ile inhibe edilmesi aynı kolaylıkta olmaz. Sıcaklığın tesirini mikroorganizma veya çevreden kaynaklanan 11 adet faktör veya parametre etkiler. Bunlar aşağıda kısaca açıklanmıştır.

3.4.1. Su

Ortamda bulunan suyun azalışı mikroorganizmanın ısıya karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Yani bir deney tüpü içerisinde bulunan kurutulmuş hücreler sıcaklığa, aynı tip nemli hücrelerden daha fazla dayanıklıdır. Bunun nedeni nemli ısı uygulamasında

protein denatürasyonunun kuru ısı uygulamasına göre daha fazla meydana gelmesi olarak bildirilmektedir. Laboratuvar çalışmalarında otoklavda sterilizasyonun 121°C de 15 dakikada, kuru hava sterilizatöründe 160-180°C de 2 saat civarında gerçekleştirilmesi bundan kaynaklanmaktadır. Yapılan bir çalışma ile; *Bacillus subtilis* sporları buharlı ısıtmada 120°C de 10 dakikadan daha kısa sürede ölürken, susuz gliserol içerisinde 170°C de ve ancak 30 dakikada öldüğü ortaya konulmuştur.

3.4.2. Yağ

Yağın varlığı genel olarak bazı mikroorganizmaların ısıya dayanıklılığını artırır (Tablo 6.5). Yağın koruyucu etkisinin hücrenin ve ortamın su oranını etkilemesinden kaynaklanabileceği bildirilmektedir. Yapılan bir çalışma uzun zincirli yağ asitlerinin, kısa zincirli yağ asitlerine göre daha fazla koruyucu etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Tablo 6.5. Termal Ölüm Noktasına Besiyeri Bileşiminin Etkisi

Besiyeri	Termal Ölüm Noktası (°C)*		
	<i>L. bulgaricus</i>	<i>E. coli</i>	<i>S. lactis</i>
Krema	95	73	69-71
Süt	91	69	63-65
Yağsız süt	89	65	59-63
Peyniraltı suyu	83	63	57-61
Sıvı besiyeri	-	61	55-57

* : 10 dakika ısıtma süresinde

3.4.3. Tuzlar

Tuzların mikroorganizmaların ısıya dayanıklılığı üzerine etkileri değişkendir ve tuzun çeşitine, konsantrasyonuna ve diğer faktörlere bağlı bulunmaktadır. Bazı tuzlar koruyucu etkiyi artırır iken diğer bazıları aksine hassasiyeti artırır. Tuzların bazıları su aktivitesini düşürürler. Mikroorganizmaların ısıya dayanıklılıklarını etkilemeleri de bu kurutma özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir. Diğer bazı tuzlar ise (Ca^{++} ve Mg^{++}) su aktivitesini artırmaları sonucu ısıya hassasiyeti artırabilirler. Yapılan çalışmalarda *Bacillus megaterium*'un besiyerine $CaCl_2$ ilavesinde spor oluşumu ve ısıya dayanıklılığının arttığı, L-glutamate, L-prolin ilavesi veya fosfat içeriğindeki artışta ise ısıya dayanıklılığın azaldığı belirlenmiştir.

3.4.4. Karbonhidratlar

Şeker çözeltisi içerisinde mikroorganizmaların ısıya dayanıklılıkları artmaktadır. Bu dayanıklılık artışında artan şeker konsantrasyonu ile a_w 'de meydana gelen düşüş etkili olmaktadır. Ancak ısıya dayanıklılığı katılan karbonhidrat türü de etkilenmektedir. Örneğin test edilen 5 karbonhidrattan en yüksek koruyucu etkinin sukrozda görüldüğü ve diğerlerinin de şu sıra ile takip ettiği belirlenmiştir: >glukoz>sorbitol>fruktoz>gliserol.

Şeker, *Escherichia coli* ve *Pseudomonas fluorescens*'te NaCl'e göre daha iyi koruyucu etki gösterir iken (gelişme olan en düşük a_w değerini veren konsantrasyonda), *Staphylococcus aureus*'ta şeker koruyucu etkide bulunmamakta hatta zararlı olmakta, NaCl ise oldukça koruyucu olmaktadır.

3.4.5. pH Değeri

Mikroorganizmalar optimum gelişme pH'larında ısıya en dayanıklı durumdadırlar. Optimum pH'dan azalma veya yükselme dolayısı ile uzaklaşma ısıya karşı hassasiyeti artırmaktadır. Asitliğin artışı, alkaliliğin artışına göre hassasiyet üzerinde daha etkilidir. *Bacillus subtilis* sporlarının ısıya dayanıklılığı 1:15 M fosfat solusyonu ile ayarlanan değişik pH değerlerinde Tablo 6.6'da sunulmuştur.

Tablo 6.6. *Bacillus subtilis* Sporlarının Isıya Dayanıklılığına pH'nın Etkisi*

pH Değeri	Canlı Kalma Süresi (dak)
4.4	2
5.6	7
6.8	11
7.6	11
8.4	9

* : 100°C de ısııl işlem ile.

Düşük pH değerinde mikroorganizmaların ısıya dayanıklılıklarının azalması bir avantaj olarak kabul edilir ve gıda sanayiinde sterilizasyon uygulamalarında yüksek asit gıdalar, düşük asit gıdalara oranla daha kısa süreli ısııl işleme tabi tutulurlar.

3.4.6. Proteinler ve Diğer Maddeler

Proteinler de yağlar gibi mikroorganizmaları ısıya karşı koruyucu etkide bulunurlar. Yüksek protein içeren gıdaları sterilize etmek için düşük protein içerikli olanlardan daha yüksek sıcaklık derecesi gerekmektedir. Diğer kolloidal parçalarda aynı etkide bulunmaktadır.

3.4.7. Mikroorganizma Sayısı

Başlangıç mikroorganizma sayısının artışı ile mikroorganizmaları öldürmek için ihtiyaç duyulan ısı uygulamasının miktarı da artmaktadır. Konserve gıdalarda zararlı olan termofilik sporların pH 6.0 da ve 120°C de başlangıç sayılarının ölüm süresini nasıl etkilediği Tablo 6.7'de verilmiştir.

Yüksek sayıdaki mikrobiyal populasyonlarda ısıya karşı dayanıklılıkta koruyucu mekanizmanın bu hücreler tarafından üretilen ve ortama salınan koruyucu maddelerden kaynaklandığı öne sürülmektedir. Bunların da özellikle proteinler ve protein-benzeri maddeler olduğu ifade edilmektedir.

Tablo 6.7. Başlangıç Spor Sayısının Termal Ölüm Zamanı Üzerine Etkisi

Başlangıç Spor Konsantrasyonu (adet/ml)	Thermal Ölüm Zamanı veya Tüm Sporları Öldürmek İçin 120°Cde İhtiyaç Duyulan Süre (dak)
50.000	14
5.000	10
500	9
50	8

<i>Clostridium botulinum</i> Sporları İçin	
Başlangıç Spor Konsantrasyonu	Thermal Ölüm Zamanı (100°C) (dak)
72.000.000.000	240
1.640.000.000	125
32.000.000	110
650.000	85
16.400	50
328	40

3.4.8. Mikroorganizmanın Yaşı

Bakteriyel hücreler ısıya en fazla durma fazında (yaşlı hücreler) dayanıklıdırlar. En düşük dayanıklılık ise logaritmik fazdadır. Örneğin *Salmonella senftenberg* durma fazında logaritmik faza göre birkaç kez daha dayanıklılığa sahip bulunmaktadır. Isıya dayanıklılık lag fazın başında da yüksektir. Ancak logaritmik faza girilince düşmektedir. Olgun sporlar da yine genç sporlardan daha dayanıklıdırlar. Bazı sporlarda dayanıklılık ilk haftalarda artar ve daha sonra tekrar düşmeye başlar.

3.4.9. Gelişme Sıcaklığı

Mikroorganizmaların vejetatif formlarının ve sporların ısıya dayanıklılıkları inkübasyon sıcaklıklarına bağlı olarak da değişim göstermektedir. İnkübasyon sıcaklıkları arttıkça ısıya dayanıklılık da artmaktadır. Örneğin *Salmonella senftenberg* 44°C de geliştiğinde, 35°C de geliştirilen kültürüne göre sıcaklığa 3 kez daha fazla dayanıklı olmaktadır. Yine *Bacillus subtilis* ve *B. coagulans* sporları da artan inkübasyon sıcaklığı ile artan dayanıklılığa sahip olmaktadır. Bu durum Tablo 6.8'de *B. subtilis* sporları için özetlenmiştir.

Tablo 6.8. *Bacillus subtilis* Sporlarının Isıya Dayanıklılığı Üzerine İnkübasyon Sıcaklığının Tesiri

İnkübasyon sıcaklığı (°C)	100°C de Ölüm İçin Gerekli Süre (dak)
21-23	11
37(optimum)	16
41	18

3.4.10. İnhibitör Bileşenler

Isıl işlem esnasında ortamda bulunan ısıya dayanıklı antibiyotikler, SO₂ veya diğer mikrobiyal inhibitörler bakterilerin çoğunluğunun ısıya dayanıklılıklarını azaltırlar. Belirli gıdalarda ısıyla birlikte antibiyotik katkısı veya nitrit katkısının kullanılması, ısının tek başına kullanılmasına göre zararlı organizmaların kontrolünde çok fazla etkilidir. Bundan hareketle teknikte inhibitör maddeler ilave edilerek kullanılacak ısı miktarında azaltmaya gidilebilir. Örneğin şekerin bakteriyel içeriğinin azaltılmasında H₂O₂ katımı sıcaklık uygulaması ile kombine olarak kullanılabilir.

3.4.11. Zaman ve Sıcaklık

Mikroorganizmalar için sıcaklıkta ölüm zamanı, diğer şartlar sabit tutulduğunda sıcaklığın artışı ile düşer (Tablo 6.9). Bu yüksek sıcaklık ile mikrobiyal yükün azaltılmasında temel kuraldır.

Tablo 6.9. Sporların Termal Ölüm Zamanına Sıcaklığın Tesiri

Sıcaklık (°C)	Termal Ölüm Zamanı (dak)		
	<i>Clostridium botulinum</i> (60 milyar spor/ml) pH 7 tamponunda	Termofil sporlar (150.000 spor/ml) pH 6,1 mısır suyu	Flat sour etmeni bakteri sporu (115.000 adet/ml) pH 6.1 mısır suyu
100	260	1140	1200
105	120	-	600
110	36	180	190
115	12	60	70
120	5	17	19
125	-	-	7
130	-	-	3
135	-	-	1

3.5. Mikroorganizmaların Isıya Dayanıklılıklarının Karşılaştırılması

Genel olarak mikroorganizmaların optimum gelişme sıcaklıkları ısıya dayanıklılıklarında belirleyicidir. Isıya en hassas mikroorganizmalar psikrofillerdir. Bunları sırası ile mezofiller ve termofiller izler. Spor oluşturan bakteriler diğer tüm spor oluşturmamayanlardan daha dayanıklıdır. Spor oluşturanlar içerisinde de termofiller mezofillerden yine ısıya daha dayanıklıdır.

Gram pozitif bakteriler Gram negatif bakterilerden, koklar spor oluşturmamayan basillerden ısıya daha dayanıklıdır. Kümeleşen veya kapsül oluşturan bakteriler de ısıya diğerlerinden daha dayanıklıdır. Bazı bakterilerin ve bakteri sporlarının termal ölüm zamanları Tablo 6.10 ve 6.11'de örnek olarak verilmiştir.

Tablo 6.10. Bazı Bakteriyal Hücrelerin Termal Ölüm Zamanları

Bakteri Türü	Süre (dakika)	Sıcaklık (°C)
<i>Salmonella typhi</i>	4.3	60
<i>Staphylococcus aureus</i>	18.8	60
<i>Escherichia coli</i>	20-30	57.3
<i>Streptococcus thermophilus</i>	15	70-75
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	30	71

Tablo 6.11. Bazı Bakteriyal Sporların Termal Ölüm Zamanları

Spor Oluşturan Bakteri Türü	110°C'de Ölme Zamanı (dakika)
<i>Bacillus anthracis</i>	1.7
<i>Bacillus subtilis</i>	15-20
<i>Clostridium botulinum</i>	100-330
<i>Clostridium calidolerans</i>	520
Düz Ekşime Etmeni Bakteri	1030'dan Fazla

Maya ve küfler ısıya oldukça hassastırlar. Maya askosporları vejetatif mayalardan, küflerin aseksüel sporları da küf misellerinden ısıya biraz daha fazla dayanıklıdırlar. *Sclerotia*, ısıya en dayanıklı küf yapısıdır (modifiye hif) ve zaman zaman meyve konservelerinde canlı kalabilmektedir. *Penicillium* türleri tarafından oluşturulan *Sclerotia*'nın inhibisyonu için 82.2°C de 1000, 85°C de 300 dakikaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yine ısıya en dayanıklı küf sporlarından bazıları kuru ısıda 120°C de 30 dakika sonunda canlı kalabilmektedirler. Küfler çoğunlukla 60°C de nemli ısıda 5-10 dakikada ölürlerken, bunların sporları için 5-10°C daha yüksek sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Isıya diğerlerine göre daha dayanıklı olan küfler içerisinde birçok *Aspergillus* türü ile bazı *Penicillium* ve *Mucor* türleri ve *Byssoclamys fulva* yer almaktadır.

Mayaların ısıya dayanıklılıkları da türe, suşa ve çevre şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Genellikle maya askosporlarını ısı ile öldürmek için vejetatif hücrelerinden 5-10°C daha fazla sıcaklığa ihtiyaç duyulmaktadır. Çoğu askospor 60°C de 10-15 dakikada, birkaç daha dayanıklı tür ise 100°C de kısa sürede canlılığını yitirmektedir.

3.6. Mikroorganizmaların Termal Ölümü İle İlgili Kavramlar

Gerek konserve üretiminde gerekse de gıdaların muhafazasında yüksek ısı uygulamasının mikroorganizmalar üzerine etkisini iyi anlayabilmek için bazı terimleri bilmek gerekir. Bu terimler ve kabullerden en önemlileri aşağıda açıklanmıştır.

3.6.1. Termal Ölüm Zamanı (TÖZ)

Belirli sayıda alınan mikroorganizmaların özel seçilmiş bir sıcaklık derecesinde ölmeleri için gerekli en kısa süredir.

3.6.2. Termal Ölüm Noktası (TÖN)

Belirli sayıda alınan mikroorganizmaların belirli bir zamanda (genellikle 10 dakika alınır) ölmesi için gerekli en düşük sıcaklık derecesidir.

3.6.3. D Değeri

D değeri belirli bir letal sıcaklık derecesinde canlı mikroorganizma sayısını desimal olarak indirmek için gerekli süredir. Yani ortamdaki mikroorganizmaların %90'ının öldürülmesi için gerekli süredir. Bu süre mikroorganizma türüne göre değişmektedir (Tablo 6.12). D değerinin belirlendiği sıcaklık derecesi D harfinin hemen altına yazılır (D₉₅ veya D₁₂₁ gibi). D değeri şu formül ile hesaplanabilir;

$$D = t / \log a - \log b$$

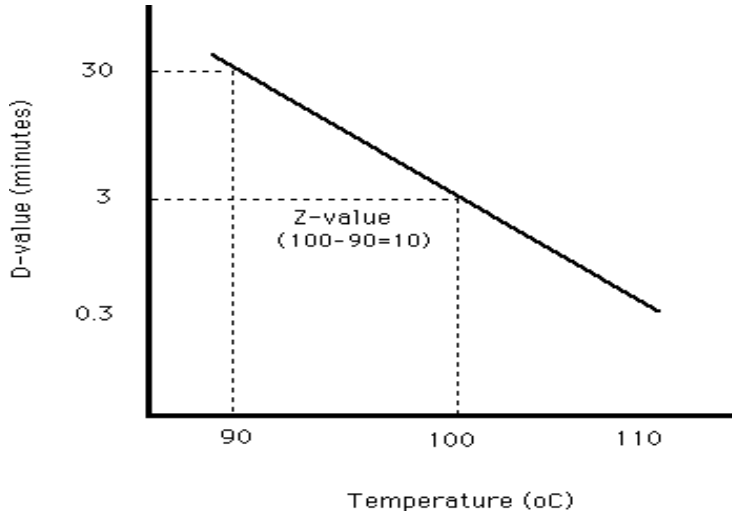
t : Belli bir letal sıcaklıkta ısıtma süresi

a : Isıtma süresi başlangıcında sayısı

b : Isıtma süresi sonunda mikroorganizma sayısı

3.6.4. Z Değeri

Belirli bir sıcaklık derecesinde tespit edilen D değerini bir desimal azaltmak için gerekli olan sıcaklık derecesi artışıdır. Z değerinin birimi °C dir. Sıcaklık derecesindeki artış ile D değerinde meydana gelen düşüş arasındaki ilişki Z değeri ile karakterize edilir. Yani Z değeri farklı ölüm sıcaklıklarına mikroorganizmanın dayanıklılığı hakkında fikir vermektedir (Şekil 6.2). Bir örnek verecek olursak; *D-Streptokoklar*ın ölüm oranları verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 65°C deki D değeri (9,33), 75°C de 1 desimal azalmaktadır (0,933). *Buradan D-Streptokoklar için Z değerinin 10°C olduğu (75-65=10) kolayca hesaplanabilmektedir.*



Şekil 6.2. Farklı Sıcaklıklarda Ölüm Süreleri

Tablo 6.12. Gıda Mikrobiyolojisinde Önem Taşıyan Bazı Bakterilerin D ve Z Değerleri

Bakteri	°C	D-değeri (dak)	Z-değeri (°C)
<i>Lactobasillus spp.</i>	66	0,5-1,0	4,4-5,5
<i>Leuconostoc spp.</i>	66	0,5-1,0	4,4-5,5
<i>Streptococcus faecalis var. zymogenes</i>	67	0,5	2,9
<i>Staphylococcus aureus</i>	66	0,2-2,0	4,4-6,0
<i>Salmonella spp.</i>	66	0,02-0,3	4,4-5,5
<i>Streptococcus faecium</i>	69	70,0	10,0
<i>Streptococcus faecium 1861</i>	70	37,8	42,0
<i>Streptococcus faecalis 509</i>	70	31,2	42,0
<i>Clostridium botulinum tip B ve E</i>	80	0,3-4,0	7-11
<i>C. botulinum tip A,B</i>	121	0,1-0,2	8-10
<i>C. perfringens</i>	100	3-14	6-10
<i>B. subtilis</i>	100	3-14	6-10
<i>C. nigrificans</i>	121	2-6	9-12
<i>C. thermosaccharolyticum</i>	121	2-6	9-12
<i>B. stearothermophilus</i>	121	2-6	9-12
<i>Listeria monocytogenes</i>	62	2,9-4,2	-
<i>Yersinia enterocolitica</i>	60	0,40-0,51	-
<i>Aeromonas hydrophila</i>	51	8,08	-
<i>E. coli O157:H7</i>	62,8	0,93	-
<i>Salmonelle sp.</i>	62,8	0,54	-

3.6.5. F Değeri

F değeri, 121,1°C de (250°F) 1 dakikalık ısıtma ile elde edilen mikroorganizma sayısındaki redüksiyona, diğer sıcaklık derecelerinde ne kadar sürede ulaşılabileceğini gösteren bir eşdeğer zaman birimidir. Düşük asitli gıdalarda F değerini belirlemek için 121,1°C referans olarak alınmakta ve 1 dakika sonucu elde edilen letal etki F=1 olarak kabul edilmektedir.

F değeri konservecilikte çok önemlidir. Konserve kabının en soğuk noktasını esas alarak hesaplanır ise F_c , konserve kabının tüm noktadaki letal etkiyi esas alarak hesaplanırsa F_s olarak gösterilir. Mikroorganizmaları öldürmek için gerekli olan ısıtma işleminin etkinliği şu formül ile hesaplanabilir.

$$F_s = D_{121} \cdot (\log a - \log b)$$

F_s : 121,1°C da dakika

a: Başlangıç mikroorganizma sayısı

b: İşlem sonucu mikroorganizma sayısı

4. Yüksek Voltaj Ark Deşarjı

Yüksek voltaj ark deşarjı, iki elektrot arasında hızlı voltaj deşarjı meydana getirerek sıvıların pastörize edilme metodudur. Elektrik deşarjı kullanılarak yiyecek ve içeceklerin mikroorganizma ve enzimlerden arındırılmaları işlemi 1920'li yıllarda sütün elektrik ile pastörize edilmesi ile başlamıştır. Bu işlemin çalışma prensibi sütün 70 dereceye ısıtılması ve iki karbon elektrod arasından elektrik akımı geçirilerek *Mycobacterium tuberculosis* ve *Escherichia coli*'nin yok edilmesidir.

Yüksek voltajlar sıvıların içine deşarj edildikleri zaman fiziksel değişimler (şiddetli dalgalar) ve kimyasal bileşimler (elektroliz) meydana gelir. Bu değişimlere elektrolitik şoklar denir ve bu şoklar mikroorganizmaları etkisiz hale getirirler. Yüksek voltaj hücre içi ile hücre dışı arasında bir potansiyel fark meydana getirir. Transmembran potansiyeli kritik değer olan 1V farkı aştığı zaman, geri dönüşümsüz porlar oluşur, membran fonksiyonları bozulur ve hücre ölür.

Yüksek voltaj uygulaması ile mikrobiyal inaktivasyonu etkileyen faktörler: gıdanın sıcaklığı, pH değeri ve iyonik gücü, elektrik alanının ve uygulama süresinin yüksekliği, mikroorganizmanın cinsi ve gelişme fazıdır.

Yüksek voltajlı alan oluşturarak mikroorganizmaların öldürülmesi için 2-20 µsaniye süreli 15-25 kV/cm elektrik akımı sağlanmalıdır. Sporların öldürülmesi için hem voltajın hem de zamanın daha yüksek olması gerekir. Bu yöntem özellikle sporlarda lizozim uygulaması ile kombine edilebilir. Gram pozitif bakteriler ve mayalar Gram negatiflerden daha dayanıklıdır. Uygulanan voltajın, sürenin ve sıcaklığın artışı ile etkinlik artar.

5. Ohmic Isıtma

Ohmic ısıtma elektrik akımının yiyecek veya diğer maddeler içinden geçirilerek maddelerin ısıtılmasıdır. Bu ısıtma maddenin ısınıp kendi içerisinden yaratması ile meydana gelir. Ohmic ısıtmanın diğer elektrikli ısıtma metodlarından farkı yiyeceğe değen elektrotlar ve kullandığı frekans ve dalga boylarının kullanımının serbest olmasıdır. En önemli özelliği hızlı ve dengeli ısı dağılımıdır.

Japonya ve İngiltere’de meyve işlenmesinde ve Amerika Birleşik Devletleri’nde sıvı yumurta imalatında kullanılan Ohmic ısınma gelecekte bir çok uygulamada kullanılabilir.

6. Yoğun Işık Uygulaması

Gıda ve pakatleme malzemeleri üzerindeki mikroorganizma yükü kısa süreli (1 µsaniye-0.1 saniye) yüksek şiddette beyaz ışık uygulaması ile azaltılabilir. Beyaz ışığın dalga boyu 170-2600 nm arasındadır ve bundan dolayı hücre ve sporların inaktivasyonunda hem ultraviyole hem de yakın infrared dalga boyları kullanılmış olur.

Bu yöntem ile *E. coli*, *S. aureus*, *B. subtilis* ve *S. cerevisiae* gibi mikroorganizmalar inaktive edilebilir. Bundan dolayı kimyasal dezenfektanlara veya koruyuculara olan ihtiyacı azaltılabilir. Bu yöntem karkasların, meyve-sebzelerin, fırıncılık ürünlerinin, katı süt ürünlerinin yüzey sterilizasyonu için kullanılabilir.

7. Magnetik Alan Uygulaması

Mikroorganizmaların magnetik alan kullanılarak inaktivasyonu için magnetik alanın yoğunluğu ve magnetik akım 5-50 elsa, frekansı 5-500kHz ve uygulama zamanı da 25 µsaniye-birkaç milisaniye arasında olmalıdır. Pastörizasyon için plastik ambalaj ile paketlenmiş gıda, gıdanın çeşiti ve istenilen inaktivasyon değerine göre özel bir sıcaklıkta 1-100 kez oluşturulan magnetik alan etkisine bırakılır.

Magnetik alan oluşturma işleminin avantajı fleksible film ile ambalajlanmış gıdalara uygulanabilmesi nedeni ile sonradan bulaşmaya uğramasının önlenmiş olması, gıdanın duyuşal ve besin değerinde minimum ısı denaturasyon olması ve eşdeğer işlemlere göre düşük enerji kullanımındır.

8. Yüksek Basınç Uygulaması

Bu yöntem gıdanın steril bir kaba doldurulmasını, ağzının kapatılmasını ve basınç odasına alınmasını gerektirir. Bundan sonra basınç odasına su doldurulur ve pompa ile kapalı odaya su basılarak basınç oluşturulur. Böylece gıda maddesi çok yüksek basınca (4000-9000 atm) maruz bırakılır. Basınç tüm yönlerden eşit uygulandığı için gıdanın şeklinde bozulma meydana gelmez ve uygulama süresi paket büyüklüğünden bağımsızdır.

İşlemden sıcaklık değişimi meydana gelmez. Mikroorganizmalarda ölüm zarar görme ve sitoplazma zarının görevini yapamaz hale gelmesi ile gerçekleşir. Yüksek basınç muhtemelen membranda proteinlerin denatürasyonu nedeni ile aminoasit transportuna etki ederek zar fonksiyonlarını bozar. Bazı çalışmalarla membrana bağı ATPazlar gibi enzimlerin denatürasyonuna neden olduğu da bildirilmektedir. Spor formlarının bu yöntemle inaktivasyonu için sıcaklık uygulaması ile kombine edilmelidir.

Yüksek basınç gıdalardaki proteinleri denatüre eder veya zayıflatır ve bu nedenle hidrofobik ve iyonik bağlar parçalanır. Kovalent bağlar etkilenmez. Bununla birlikte kimyasal bağların kırılması ve yeniden şekillenebilmesi üçüncül yapıyı değiştirir ve bu nedenle gıdanın jelatinizasyon ve koagülasyon özelliklerinde de değişim meydana gelebilir. Ve alışılmadık bir ürün tekstürü oluşturabilir. Aroma bileşenleri genellikle etkilenmez.

Yüksek basınç uygulamaları, surimi jelatinizasyonu, çeşitli pürelerin üretimi, çilek marmelatı ve jölesi, portakal marmelatı gibi ürünlerin üretiminde kullanılabilir. Ayrıca meyve sularının ve sütün raf ömrünün uzatılmasında da kullanılabilir.

9. Düşük Sıcaklık Uygulamaları ile Gıda Muhafazası

Gıda muhafazada kullanılan düşük sıcaklıkların temel dayanağı dondurma derecesinin üstündeki sıcaklıklarda gıda kaynaklı mikroorganizmaların aktivitelerinin yavaşlatılması, dondurma sıcaklığının altında ise genellikle durdurulmasıdır. Mikroorganizmaların metabolik fonksiyonları enzimlerle katalize edilmektedir. Enzimle katalizlenen reaksiyonların hızı ise sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklıkta meydana gelen artış enzim hızını da artırmaktadır.

Genel olarak biyolojik sistemlerde, uygun sınırlar içerisinde 10°C'lik artış enzim hızını 2 kat artırmaktadır. Düşük sıcaklıkta muhafaza ile enzim hızı yavaşlatıldığından mikrobiyal bozulma yanında gıdanın orjinal enzimlerinin aktivitesi de azaltılmakta ve böylece gıdaların muhafaza süreleri uzatılmaktadır.

Muhafaza edilecek ürünün karakteristiğine ve saklanacak süreye bağlı olarak düşük sıcaklık veya dondurarak muhafaza metodlarından birisi seçilebilir.

9.1. Soğukta Muhafaza

Soğukta muhafaza genellikle kısa raf ömrü gerektiren uygulamalarda ürünün genelde 1-6°C arasında saklanması ile gerçekleştirilir. Bu yöntemde 3°C'nin altındaki sıcaklıklar daha güvenlidir. Bu yöntem çabuk tüketilecek çiğ hammaddeler, ısıl işlem görmüş gıdalar ve pişirilmiş soğutulmuş hazır gıdalar için uygulanmaktadır.

Soğukta muhafazanın en önemli avantajı gıda maddesinde bulunan su sıvı formdan katı forma geçmediği için gıdanın fiziksel yapısında bir değişiklik olmaması, ayrıca dondurmaya göre daha az enerji tüketimidir. Ancak bazı meyve-sebze ürünleri için bu sıcaklıkların dahi zararlı olabileceği gözden uzak tutulmamalıdır (Tablo 6.13.)

Tablo 6.13. Bazı Meyve-Sebzeler İçin Optimum Depolama Sıcaklıkları

Opt. Depolama Sıcaklığı (°C)	Meyve-Sebze
0-5 (Soğukta Muhafaza)	Elma, kayısı, incir, üzüm, vişne, kiwi, nektarin, portakal, olgun şeftali, olgun armut, çilek, hurma, erik, kantalup kavunu Enginar, kuşkonmaz, pancar, brokoli, lahanalar, havuç, karnabahar, kereviz, mısır, yeşil soğan, marul, lima fasulyesi, ıspanak, şalgam, bezelye, mantar
5-10 (Soğuk Muhafaza)	Olgun avakado, olgun kavun, yabani mersin, olgun ananas, mandalin, hıyar, patlıcan, biber, kabak, bamya
10-18 (Zayıf Soğuk Muhafaza)	Muz Hindistan cevizi, greyfurt, limon, mango, kavun, fındık-ceviz, armut, Tatlı patates, domates, balkabağı,
18-25 (Oda Sıcaklığında Muh.)	Avakado, nektarin, şeftali, karpuz Kuru soğan, patates

Ancak soğukta muhafaza yönteminde kullanılan sıcaklık derecelerinde bazı mikroorganizmaların gelişebileceği ve çeşitli kimyasal değişimlerin olabileceği unutulmamalıdır. Örneğin 7°C'nin altındaki sıcaklıklarda Tablo 6.14'de verilen mikroorganizmalar gelişebilmektedir.

Tablo 6.14. 7°C Sıcaklığın Altında Gelişebilen Bazı Gıda Kaynaklı Mikroorganizma Tür ve Suşlarının Tespit Edilen Minimum Gelişme Sıcaklıkları

Mikroorganizma Türü	Sıcaklık (°C)	Açıklama
Pembe Maya	-34	
Pembe Mayalar	-18	
Bazı Küfler	-12	
<i>Vibrio spp.</i>	-5	Gerçek Psikrofiller
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-2	
Bazı Koliformlar	-2	
<i>Aeromonas hydrophila</i>	-0.5	
<i>Enterococcus spp.</i>	0	Çeşitli Türler/Suşlar
<i>Listeria monocytogenes</i>	1.0	
<i>Lactobacillus sake/curvatus</i>	2.0	12 Günde, 4°C'de 10 Günde
<i>Clostridium botulinum B,E,F</i>	3.3	
<i>Serratia liquefaciens</i>	4.0	
<i>Pediococcus spp.</i>	6.0	8 Günde Zayıf Gelişme
<i>Staphylococcus aureus</i>	6.7	
<i>Bacillus spp.</i>	7.0	520 Tür/Suşun 165 Adedi
<i>Salmonella spp.</i>	7.0	109 Tür/Suşun 65 Adedi 4 Hafta İçinde

9.2. Dondurarak Muhafaza

Düşük sıcaklıkta muhafazada kullanılan ikinci yöntem gıdaların dondurularak depolanmasıdır. Gıdaların dondurulmasında iki temel metot kullanılabilir:

- Hızlı dondurma (30 dakikada -20°C'nin altına düşürme)
- Yavaş dondurma (3-72 saatte istenilen sıcaklığa düşürme)

Her iki tekniğin hem gıdanın fiziksel özelliğinin korunması, hem de mikrobiyal güvenlik açısından farklılıkları bulunmaktadır. Bunlardan en önemlileri; şekillenen buz kristallerinin büyüklüğü, mikroorganizmaların sıcaklığa adaptasyonu ve soğuk şoku etkisidir. Gıda maddesine ve teknik imkanlara göre seçilen metot ile gerçekleştirilen dondurma işlemi sonucu donan hücrelerde şu değişimler meydana gelmektedir.

- Hücredeki serbest su donar.
- Donan su miktarına bağlı olarak hücre içerisi materyalin viskozitesi artar.
- Oksijen ve CO₂ gibi sitoplazmik gazlarda azalma meydana gelir.
- Hücre içi materyalin pH'sında 0.3-2.0 pH arasında değişim meydana gelebilir.
- Donan suya bağlı olarak hücre içerisi elektrolitlerin konsantrasyonu artar.
- Sellüler proteinlerin denatürasyonuna neden olur.
- Çeşitli mikroorganizmalarda sıcaklık şoku oluşturur. Sıcaklık şoku termofil ve mezofillerde daha fazla meydana gelir. Sıcaklık şoku dolayısı ile ölüm ani soğutmalarda, yavaş soğutmaya göre daha fazla olur.

Gıda maddesinde dondurarak muhafaza süresinde enzimatik reaksiyonlar yavaş olarak devam eder. Et, kanatlı etleri ve balık etleri proteinleri irreversible olarak su kaybeder, etin kırmızı rengini veren miyoglobulin okside olarak kahverengi renkli metmiyoglobuline dönüşür. Et ve balık yağları okside ve hidrolize olur. Gıda maddesinde oluşan buz kristalleri dolayısı ile fiziksel zararlar meydana gelir.

Dondurarak depolama sırasında mikroorganizmalar çoğalma kabiliyetini yitirir, hatta ölürler. Ölüm hızı yavaştır. Ancak depolama müddetince canlı hücre sayısındaki azalma yavaşta olsa devam eder. Ölüm hızı türlere göre değişir. Bazı mikroorganizmalarda hızlı iken, bazılarında birkaç ay veya birkaç yıl canlılık devam edebilir.

Dondurma sırasında birçok hücre ölmesine rağmen bu işlem sterilizasyon metodu değildir. Hatta dondurarak muhafaza bir çok mikroorganizma kültürünün saklanması yaygın olarak kullanılan bir metottür. Dondurmanın lethal etkisinin, hücre içerisinde donmayan suda konsantrasyonu artan esansiyel proteinlerin veya enzimlerin bu artıştan denatüre olmasından, ya da oluşan buz kristallerinden fiziksel zarara uğramasından kaynaklandığı zannedilmektedir. Hücreleri optimum gelişme sıcaklığından 0°C'ye hızlı olarak soğutma sırasında dahi ölüm meydana gelebilmektedir. Bu ölüm termal şokdan kaynaklanmaktadır. Bu termal şokun ise, hücre membranında bulunan lipitlerde meydana gelen değişim sonucu hücre geçirgenliğinin bozulmasından veya ribonukleaz inhibitörü gibi mekanizmada yer alan enzimlerin inhibitörlerinin salınmasından kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Dondurma sırasında bazı mikroorganizmaların ölmesini, bazılarının zarar görmesini etkileyen faktörler şunlardır:

a) Mikroorganizma çeşiti ve gelişme fazı: Mikroorganizmaların dondurmaya dayanıklılığı türüne, gelişme fazına vejetatif veya spor formunda oluşuna göre değişmektedir. Mikroorganizmalar dondurma hassasiyetleri açısından üç gruba ayrılabilirler. Bunlar; 1- hassas, 2- orta düzeyde dayanıklı, 3- etkilenmeyen olarak belirtilebilir. Küflerin ve mayaların vejetatif hücreleri ve çoğu Gram negatif hücreler birinci grupta yer alırken, Stafilokokları Enterokokları içeren Gram pozitif organizmalar ikinci grupta yer almaktadır. Üçüncü grup başlıca spor oluturanlardan meydana gelmektedir. *Bacillus* ve *Clostridium* sporları dondurmaya çok dayanıklıdır. Ayrıca bakteriler çoğalmanın logaritmik fazında donmaya karşı diğer fazlardan çok daha hassastırlar.

b) Dondurma hızı: Hızlı dondurmada kritik sıcaklık aralığı hızlı geçildiği için ölüm daha az meydana gelmektedir.

c) Dondurma sıcaklığı: Yüksek dondurma sıcaklıkları daha öldürücüdür. Çoğu mikroorganizmalar -4 ila -10°Cde, -15 ile -30°C'den daha fazla inaktive olmaktadır.

d) Dondurulmuş halde depolama süresi: Dondurma esnasında başlangıçta ölüm oranı yüksektir. Fakat takip eden donmuş halde depolamada canlı mikroorganizma sayısındaki azalış yavaştır. Bu sırada meydana gelen azalış depolama ölümü olarak tanımlanmaktadır. Canlı mikroorganizma sayısı depolama süresinin uzaması ile düşmektedir.

e) Gıda maddesinin çeşiti: Dondurma ve donmuş halde depolama sırasındaki hücre ölüm hızını gıdanın bileşimi de etkilemektedir. Şeker, tuz, proteinler, kolloidler, yağ ve diğer maddeler koruyucu rol oynayabilirken yüksek su içeriği ve düşük pH ölümü hızlandırmaktadır.

f) Donmuş gıdanın çözünmesi: Çözünme hızı mikroorganizmaları etkilemektedir. Çözündürme işlemi sırasında uygulanan hızlı ısıtma ile bazı bakteriler zarar görürler.

Dondurulmuş gıdaların maximum muhafaza sürelerinin 3 farklı depolama sıcaklığında nasıl olduğu Tablo 6.15’de verilmiştir.

Tablo 6.15. Bazı Gıdaların Dondurularak Çeşitli Sıcaklıklarda Muhafaza Süreleri

GIDALAR	Depolama Süresi (ay)		
	-18°C	-25 °C	-30 °C
Bitkisel Ürünler			
Şeftali, Kayısı	12	18	24
Vişne Çilek	18	24	24
Taze Fasulye	15	24	24
Bezelye	18	24	24
Karnabahar	15	24	24
Ispanak	18	24	24
Havuç	18	24	24
Hayvansal Ürünler			
Et (parça)	12	18	24
Et (kıyma)	10	12	12
Kanatlı Etleri	12	24	24
Balık (yağlı)	4	8	12
Balık (yağsız)	8	18	24
Tereyağ	8	12	15

10. Kurutma ile Gıda Muhafaza

Kurutma; gıdaların muhafaza edilmesinde kullanılan en eski metotlardan birisidir. Bazı gıdalar (tahıllar) özellikleri nedeni ile hasat edildiklerinde içerdikleri su oranları ile, veya çok az kurutma ile uzun süreli depolamaya uygun hale gelirken, çoğu gıda kendi enzimlerinin ve mikroorganizmaların aktivitesine izin verecek düzeyde su içermektedir. Böyle gıdaların muhafazası için, içerdığı suyun bağlanması veya kurutularak uzaklaştırılması gerekmektedir. Tablo 6.16’da birkaç gıdanın su içeriği ile kurutma ile dayanıklı hale getirildikten sonraki su içeriği verilmiştir.

Tablo 6.16. Çeşitli Gıdaların Kurutma Öncesi ve Sonrası Su İçerikleri

Gıda Maddesi	Kurutma öncesi su oranı (%)	Kurutma sonrası su oranı (%)
Süt	87	5.0
Yağsız süt	90	5.0
Yumurta	74	2.9
Yumurta sarısı	51	1.1
Yumurta beyazı	88	7.3
Sığır eti	60	1.5
Piliç	61	1.6
Fasulye (pişirilmiş)	92	11.5
Mısır (pişirilmiş)	76	3.2
Patates (kaynatılmış)	80	4.0
Elma suyu	86	6.2
Üzüm	78	3.6
Maydanoz	84	5.3

Kurutma işlemi ile muhafazanın esası, su içeriğini mikroorganizmaların veya enzimlerin aktif olabileceği düzeyin altına indirmektir. Kurutulmuş veya düşük nem içerikli gıdalar genellikle %25 den daha az su içerirler ve su aktiviteleri de 0.00-0.60 arasında bulunur. Hem klasik metotlar ile hem de dondurularak kurutulmuş gıdalar bu gruptadır. Bunun dışında bir de “orta nemli gıdalar” diye isimlendirilen raf ömrü uzatılmış ürünler vardır ki, bunlar, %15-50 arasında su içerirler. Su aktiviteleri de 0.60-0.85 arasındadır. Örneğin; kek ve pastalar (a_w :0.60-0.90), dondurulmuş gıdalar (a_w :0.60-0.90), bazı şekerlemeler (a_w :0.79-0.84), reçeller (a_w :0.80-0.91) ile bazı fermente sosisler (a_w :.83-0.87) bu grup içerisinde sayılabilir.

10.1. Kurutmaya Hazırlama ve Kurutma

Kurutma işleminde en eski metot, sıcaklık ve nisbi rutubeti uygun olan bölgelerde uygulanan güneşte kurutmadır. Güneşte kurutma metodu ile, üzüm, kayısı, erik, incir gibi meyveler kurutulabilmektedir. Bu metot geniş yüzey alanına ihtiyaç duymaktadır. Ticari olarak kullanılan önemli kurutma metotları; püskürtme, silindir, evaporasyon ve dondurarak kurutmadır.

Kurutma işleminden önce de gıdalar aynı dondurma işleminde olduğu gibi seçme, ayıklama, sınıflandırma, yıkama, parçalama gibi işlemlerden geçirilirler. Bazı meyveler alkali solüsyonlara batırılmakta, açık renkli meyve ve sebzeler SO_2 ile (1000-3000 ppm absorblamaya kadar) muamele edilmektedir. Kurutma işleminden sonra meyveler tatlandırılabilenkte, ambalajlanabilenkte ve 65.6-85 °C arasında 30-70 dakika pastörize edilebilmektedir.

Sebzeler de ayıklama ve temizleme işlemlerinden sonra 1-8 dakika haşlanmakta ve bu uygulama ile enzimler inaktive edilerek raf ömrü uzatılmaktadır. Hazırlanan sebzelerin su içeriği tünel veya kabinet tipi kurutucular kullanılarak %4'ün altına düşürülmektedir.

Etler genellikle kurutma işleminden önce pişirilmektedir. Kurutma sonrası su içeriğinin %4 civarına düşürülmesi hedeflenmektedir.

Sütler doğrudan veya yağsız süt olarak kurutulabilir. Sütlerin kurutulmasında yaygın olarak silindir veya püskürtmeli kurutucular kullanılmaktadır. Evapore sütlerde laktoz içeriği yaklaşık %11.5 civarına çıkmaktadır. Özel olarak üretilen tatlandırılmış kondanse sütlerde toplam şeker içeriği %54 veya %64 hatta daha yukarısı olabilmekte bu da ürünün raf ömrünü etkilemektedir.

Yumurtalar “tüm yumurta tozu”, olarak kurutulabildiği gibi sarısı ve beyazı ayrı ayrı da kurutulabilmektedir. Bu ürünün kurutulmasında yaygın olarak püskürtmeli kurutucular kullanılmaktadır.

Dondurarak kurutma (lıyofilizasyon, kriyofilizasyon) tekniği haşlanmış sebzeler veya pişirilmiş etlerin kurutulmasında kullanılabilir. Kaliteli ürün vermekle birlikte pahalı bir metot olması dolayısı ile gıda sanayiinde kullanımını sınırlıdır.

10.2. Kurutma İşleminin Mikroorganizmalar Üzerine Etkisi

Gıdaların kurutulması sırasında bir kısım mikroorganizma öldürülmekle birlikte, bu işlem bir sterilizasyon metodu değildir. Kurutma ile mikroorganizmaların önemli bir kısmının ancak çoğalması ve faaliyeti sınırlandırılmaktadır. Bu bakımdan işlenecek hammaddenin başlangıç kontaminasyon düzeyi ile elde edilen ürünün kalitesi ve raf ömrü arasında çok önemli ilişki bulunmaktadır. Her ne kadar kurutma işlemi sırasında sıcaklık ilk zamanlarda 90°C'ye kadar çıkabiliyor ise de, üründe nem kaybı dolayısı ile soğuma olmakta ve sıcaklık çoğu kere 40-50°C'yi geçmemektedir. Kurutmanın sonuna doğru sıcaklık 60-70°C'ye çıkabilmekte mayalar, küfler ve bakteriler önemli düzeyde azalabilmektedir. Mikroorganizma sayısı $\leq 10^3$ - 10^4 CFU/g düzeyine inebilmekte ve kalan flora çoğunlukla spor formunda *Bacillus spp.*, Enterokoklar gibi bakteriler ile *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium* cinsi küfler olabilmektedir.

Püskürtmeli kurutucularda üründe sıcaklık çok yükselmediği için çok farklı mikroorganizmalar canlı kalabilmektedir. Ancak dominant türler; termodurik *Streptokok*'lardır. *Salmonella*'lar da canlı kalabilmektedir. Bu yüzden, püskürtme metodunda kurutma işleminden önce pastörizasyon işleminin uygulanması önerilmektedir. Dondurularak kurutmada ise yüzeysel sıcaklık 40-50°C civarında olduğu için sıcaklığa dayanıklı bakteriler çok fazla etkilenmemektedir. Bu yüzden mikroorganizma sayısı $>10^5$ CFU/g olarak bulunabilmektedir. Yapılan bir çalışmada dondurularak kurutulmuş bir üründe orjinal floranın %32'sinin canlı kaldığı belirlenmiştir.

Kurutulmuş ürünlerde bozulma nedenleri genellikle şeker-aminoasit-protein arasında gerçekleşen enzimatik reaksiyonlardır. Ancak uygun olmayan işlem ve depolama şartlarında, düşük su aktivitelerinde gelişebilen mikroorganizmaların üründe kontamine olarak bulunabilmesi mikrobiyal bozulmaya sebep olabilmektedir.

Mikroorganizma grupları içerisinde su aktivitesindeki düşüğe en hassas grubu bakteriler oluşturmakta daha sonra mayalar gelmektedir. Küfler ise en az hassas gruptur. Gıdalarda önemli mikroorganizmaların gelişebildikleri en düşük a_w değerleri daha önce anlatılan su aktivitesi bölümünde Tablo 3.7'de verilmiştir. Çeşitli gıdaların su aktivitelerine göre gruplandırılması ve bozulma etmeni olabilecek mikroorganizmalar Tablo 6.17'de özetlenmiştir.

Tablo 6.17. Gıdaların Su Aktivitesine Göre Gruplandırılması ve Florası

Su Aktivitesi (a_w)	Gıda Maddeleri	Gelişebilecek Mikroorganizma Grupları
0.98 ve yukarısı	Taze etler ve balık, sebzeler, süt	Gıdaları bozucu mikroorganizmaların çoğu ve tüm gıda kaynaklı patojenler gelişebilir.
0.98-0.93	Evapore süt, ekmek, salam, sosis	<i>Enterobacteriaceae</i> gelişebilmektedir. Bozulma etmeni çoğunlukla laktik asit bakterileridir.
0.93-0.85	Kurutulmuş et, şekerli kondense süt	<i>Staphylococcus aureus</i> ve birçok mikotoksin üreten küfler gelişebilir. Maya ve küfler başlıca bozulma etmenidirler.
0.85-0.60	Un, tahıllar, fındık vb.	Patojen bakteriler gelişemez. Bozulma etmenleri kseroofilik, ozmofilik ve halofilik organizmalardır.

0.60 ve altı	Kahvaltılık tahıllar, makarna, bisküvi, süttozu, kurutulmuş yumurta	Mikroorganizmalar çoğalamazlar. Ancak uzun süre canlı kalabilirler.
--------------	---	---

10.3. Kurutulmuş Gıdaların Mikrobiyal Florası

Kurutulmak üzere işletmeye gelen hammadde çeşit ve kalitesine göre değişen tür ve sayıda mikroorganizmaları içermektedir. Kurutma işlemine kadar geçen sürede bu mikroorganizmalar gelişmelerini sürdürebilirler. Aynı zamanda fabrikadaki alet, ekipman ve işçilerden yeni türler ile kontamine de olabilirler.

Seçme, ayıklama ve sınıflandırma gibi işlemler üründeki mikroflora tür ve sayısını önemli düzeyde etkilemektedir. Bozulmuş meyve ve sebzelerin veya bozuk kısımlarının ayıklanması kurutulmuş üründeki sayıyı azaltmaktadır. Aynı şekilde çatlak ve kirli yumurtaların veya bakteriyolojik standarda uymayan sütlerin alınıp işlenmemesi de son üründeki sayıyı azaltmaktadır.

Meyve ve sebzelerin yıkanması toz-toprak gibi arzu edilmeyen materyaller ile birlikte bir miktar mikroorganizmanında uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ancak kalitesiz su kullanılır ise bulaşma kaynağı da olabilmektedir. Yine yıkanmış yumurtalar çok çabuk işlenmezler ise, yıkama işlemi kabuktan bakteri nüfuzunu artıracığından zararlı olabilmektedir.

Meyve ve sebzelerin kabuğunun soyulması (özellikle buhar veya kül suyu ile) mikroorganizma sayısını azaltır. Kesme ve parçalama işlemi mikroorganizma sayısını artırmaz. Ancak temizlik ve saniteyona dikkat edilmiyor ise bu işlem sonucu mikroorganizma sayısında artış olacaktır.

Alkali muamelesi, kükürt ile muamele ve haşlama işlemleri de mikrobiyal yükte önemli azalmalara neden olmaktadır.

Kurutma işlemi sırasında uygulanan ısı da mikrobiyal sayı üzerine etkili olmaktadır. Genellikle tüm mayalar ve çoğu bakteriler ölmekte, bakteri sporları ve küf sporlarının çoğu ile ısıya dayanıklı vejetatif bakterilerin bir kısmı canlı kalmaktadır. Dondurarak kurutmada ölüm, kurutma safhasından çok dondurma safhasında olmaktadır.

Kurutma işlemi sonucu elde edilen üründe mikroorganizma gelişimini etkileyen baş faktör depolama şartlarıdır. Depolamada mikroorganizma sayısı yavaş olarak düşmektedir. Depolama süresi boyunca üründe bulunan ve kuru şartlara dayanıklı olan bakteri ve küf sporları ile bazı Mikrokok ve Mikrobakterlerin florada bulunma oranları ise artmaktadır.

Kurutmadan sonra uygulanan pastörizasyon işlemi mikrobiyal yükü azaltır. Bazı ürünler satışa çıkarken yeniden ambalajlanabilirler. Bu durumda ambalaj bulaşma kaynağı olabilmektedir. Yine bu ürünlerin tüketilirken yeniden sulandırılmasında kullanılan suyun kalitesi de mikrobiyal yükü etkileyebilen bir faktördür.

Kurutulmuş gıdaların genel florası hakkında bu genel bilgidenden sonra ürünlere göre tek tek şu şekilde inceleyebiliriz.

10.3.1. Kurutulmuş Meyveler

Kurutulmuş meyvelerin gramında uygulanan işlemlere ve hammadde kalitesine göre birkaç yüzden birkaç bine kadar mikroorganizma bulunabilmektedir. Bunlar ürünün çoğunlukla dış yüzündedirler ve çoğunluğu bakteri ve küf sporları oluşturmaktadır.

10.3.2. Kurutulmuş Sebzeler

Kurutulmuş sebzelerin gramındaki mikroorganizma sayısı ihmal edilebilir sayıdan milyona kadar değişebilir. Önemli düzeyde bulunan bakteriler, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* ve *Streptococcus*'tur. Asıl baskın flora ise *Lactobacillus* ve *Leuconostoc* türlerinden oluşmaktadır.

10.3.3. Kurutulmuş Yumurta

Çoğunluğu bakteri olmak üzere gramında birkaç yüzden, >100 milyona kadar değişen sayıda mikroorganizma bulunabilir. Kaliteli bir yumurta normalde mikroorganizma içermemekle birlikte, kirliliği, çatlak ve kötü yıkanmış yumurtalar kurutma işleminden önce bir süre de beklerler ise mikrobiyal yüklerinde önemli bir artış meydana gelmektedir. Her ne kadar kurutma işleminde mikroorganizma sayısında 10 veya 100 kat azalma meydana gelirse de, son üründe önemli sayıda canlı hücre kalabilmektedir. Kurutulmuş yumurtalarda bulunan önemli mikroorganizmalar; mikrokoklar, streptokoklar, koliform'lar, spor oluşturan bakteriler ve küflerdir.

10.3.4. Süt Tozu

Mikroorganizma sayısı gramında birkaç yüzden, milyona kadar değişebilir. Silindirik kurutucularda ölüm, püskürtmeli kurutuculardan daha fazla olur. Baskın flora termodurik streptokoklar, mikrokoklar ve spor oluşturan bakterilerdir.

11. Gıda Katkı Maddeleri

Gıdaların üretimi, ambalajlanması veya depolanması sırasında çeşitli amaçlara ulaşmak için gıdalara katılan madde veya madde karışımları "**gıda katkı maddesi**" olarak isimlendirilir. Özel olarak gıdaların bozulmasını önlemek için (mikrobiyolojik faaliyet, gıda enzimleri veya kimyasal reaksiyonlar ile) katılan katkı maddeleri ise "**kimyasal preservatifler**" olarak isimlendirilir. Preservatiflerin kullanımının ana gayelerinden birisi mikrobiyal gelişmeyi ve aktiviteyi durdurma ve kontrol etmektir. Bu etkiyi, hücrenin membranını, enzim aktivitesini veya genetik mekanizmasını etkileyerek gerçekleştirirler.

Kimyasal preservatiflerin mikroorganizmalar üzerine öldürücü (sidal) veya gelişmeyi inhibe edici (statik) etkisi şu faktörlere bağlıdır:

- a) Kimyasalın kullanım konsantrasyonu,
- b) Mikroorganizmanın türü, sayısı, gelişme periyodu ve çoğaldığı ortam şartları,
- c) Uygulama sıcaklığı,
- d) Uygulama zamanı,
- e) Gıda maddesinin kimyasal ve fiziksel özellikleri (su içeriği, pH, çözünen madde çeşidi ve miktarı, kolloid ve diğer koruyucu madde içerikleri).

Yüksek konsantrasyonlarda öldürücü etkili olan bir preservatif düşük konsantrasyonda durdurucu, daha düşük konsantrasyonlarda ise etkisiz olabilmektedir. Gıda preservatiflerinden bazıları mikrobiyal etki yönünden spesifiteye sahip (bakterisit, mikostatik gibi) iken, bir kısmı da ürün yönünden spesifiteye sahiptir (SO₂ meyve sebze ürünlerde, propiyonik asit ekmek, kek gibi fırıncılık ürünlerinde, sodyum nitrat et ürünlerinde küflenmeyi önlemek üzere tercih edilmektedir).

Gıda muhafazasında kullanımına izin verilen preservatiflerin çeşit ve miktarı ülkelere göre değişebilmektedir. Tüm dünyada gıdalarda kullanımına müsaade edilen kimyasal preservatifler güvenilir (GRAS) olarak tanımlanır. GRAS listesinde yer alan koruyucular Tablo 6.18'de verilmiştir.

Ülkemizde ise, çeşitli gıdalar için preservatif olarak kullanılacak maddelerin kullanım alan ve oranları Tablo 6.19'de verilmiştir.

11.1. Benzoik Asit ve Parabenleri

Benzoik asit (C₆H₅COOH), sodyum tuzu (C₇H₅NaO₂) ve 3- p-hidroksibenzoik asit esteri (metilparaben, heptylparaben ve propilparaben) gıda sanayiinde kullanılan antimikrobiyal ajanlardır.

Tablo 6.18. GRAS Listesinde Yeralan Bazı Kimyasal Preservatifler

Preservatif	Maksimum Tolerans	Etkilediği Mikroorganizma	Kullanıldığı Gıda Maddeleri
Propiyonik asit/ propiyonatlar	% 0.32	Küfler	Ekmek, kekler, bazı peynirler ve ekmek hamuru (rope etmenlerine karşı)
Sorbik asit/ sorbatlar	% 0.2	Küfler	Sert peynirler, üzüm, salata sosları, jöleler ve kekler
Benzoik asit/ benzoatlar	% 0.1	Maya ve küfler	Margarin, meşrubatlar, ketcap, salata sosları
Parabenler	% 0.1	Maya ve küfler	Fırın ürünleri, meşrubatlar, turşular, salata sosları
SO ₂ / sülfidler	200-300 ppm	Mikroorganizmalar	Melas, kurutulmuş meyveler, şarap yapımı ve limon suyu
Etilen/propilen oksit	700 ppm	Mayalar ve küfler	Baharatlar ve fındık-ceviz
Sodyum diasetat	% 0.32	Küfler	Ekmek
Nisin	% 1	Laktik asit bakterileri ve <i>Clostridium</i> 'lar	Bazı pastörize peynirler
Sodyum nitrit	120 ppm	<i>Clostridium</i> 'lar ve küfler	Kür edilmiş ve fermente et ürünleri
Etil format	15-200 ppm	Mayalar ve küfler	Kurutulmuş meyveler ve fındık-ceviz

Sodyum benzoat FDA tarafından gıda muhafazasında kullanımına izin verilen ilk kimyasal preservative'dir ve günümüzde de çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Gıdalarda en yüksek kullanım sınırı %0.1 dir. Reçeller, jöleler, margarin, meşrubatlar, meyve salataları, turşular, meyve suları gibi ürünlerde kullanılabilirler. Sodyum benzoat nötr pH yakınlarında nisbeten etkisizdir. ortamın asitliği arttıkça etkinliği artar. En etkili olduğu pH 2.0-4.0'dür. Yüksek pH da yalnızca bakteriler üzerine inhibitör etkili iken, düşük pH da maya ve küfler üzerine de etkilidir. Sodyum benzoatın pKa değeri 4.2'dir ve 1-3000 mg/kg arasında kullanılabilir.

Benzoik asit antimikrobiyal etki mekanizması günümüzde halen çok açık anlaşılmış değildir. Ancak disosiye olmamış formu daha etkilidir. *Proteus vulgaris* ile yapılan bir çalışmada, benzoik asitin glukoz ve pruvatın oksidasyonunu blokladığı bildirilmiştir. *Saccharomyces cerevisiae* ile yapılan bir çalışma sonucu da benzoik asitin hücre içi pH'yı düşürdüğü ve fosfofruktokinazı inhibe ederek glikoliz yolu ile enerji üretimini durdurduğu belirlenmiştir. Ayrıca, substrat moleküllerinin sellüler alımını inhibe ederek de inaktivasyonda rol oynamaktadır. Membran aktivitesini bozarak amino asit transportuna zarar vermektedirler. Endosporlar çimlenme fazında benzoatlara çok hassastırlar.

11.2. Sorbik Asit

Sorbik asit (CH₃CH-CHCH-CHCOOH), kalsiyum, sodyum ve potasyum tuzları şeklinde gıda preservative'i olarak kullanılmaktadır. İzin verilen en yüksek kullanım miktarı %0.2dir. Gıda sanayiinde çeşitli peynirler, peynirli ürünler, hububat ürünleri, şarap, reçel, jöle, marmelat, sos, ketçap, margarin, et ve balık ürünleri, turşu ve salamuralarda kullanılmaktadır. Kaşar peyniri ve fermente sosis gibi ürünlerde yüzeysel muamele ile kullanılmaktadır.

Tablo 6.19. Türkiye'de Gıda Katkı Maddesi Olarak Kullanımına İzin Verilen Preservative'lerin Kullanım Alan ve Oranları

Kimyasal Madde	Kod No.	Maksimum Doz	Kullanılabileceği Gıda
Benzoik Asit	E 210	1.0 g/kg	Margarin, Sofralık Zeytin, Zeytin Ezmesi, Sos ve Ketçap, Krema (bisküvi, gofret ve kek için), Kakao Bazlı Gıda, Reçel, Marmelat, Jöle, Turşular, Salamura Yaprak
Na, K-Benzoat	E 211	0.3 g/kg	Alkolsüz İçecekler
Sorbik Asit	E 200	1.0 g/kg	Sos ve Ketçap, Margarin, Peynir, Şekerleme, Ekmek, Reçel, Marmelat, Jöle, Mayonez
Na, K, Ca-Sorbat		0.7 g/kg	Alkolsüz İçecekler
		0.5 g/kg	Sofralık Zeytinler
		0.2 g/kg	Et Bazlı Gıda
		0.1 g/kg	Kek, Pasta Hamuru
Propiyonik asit	E 280	3.0 g/kg	Peynir
Na-Propiyonat	E 281		
K- Propiyonat	E 282	1 g/kg	Ekmek, Pasta Hamuru, Kek ve Fırıncılık Ürünleri
Ca-Propiyonat	E 283		

Kükürt Dioksit		2 g/kg 1.5 g/kg 70 mg/kg 40 mg/kg	Kuru Kayısı Kuru Üzüm Toz Şeker Glukoz Şurubu
Sodyum Nitrit	E 250	150 mg/kg	Salam, Sosis vb. Isıl İşlem Görmüş Et Ürünleri
Sodyum Nitrat	E 251	400 mg/kg	Sucuk vb. Fermente Et Ürünleri
Sodyum Metabisülfid	E 223	1 g/kg 400 mg/kg 100 mg/kg 30 mg/kg	Kek, Pasta Hamuru Sirkeler Karides Kurabiye, Pasta, Patates Püresi
Potasyum Askorbat	E 224	GMP 1 g/kg	Şekerlemeler Dondurulmuş Su Ürünleri
Kalsiyum Asetat		2.0 g/kg	Ekmek
Nisin		100 mg/kg	Peynir Çeşitleri

Sorbatlar asıl olarak küflere ve mayalara etkilidir. Ancak geniş bir bakteri grubuna karşı da inhibitör etkide bulunmaktadır. Genelde katalaz pozitif koklar, negatiflerden ve aeroblar da anaeroblardan daha hassastırlar.

Sorbatlarda düşük pH'larda (pH 6.0'nın altında) daha etkilidirler. 6.5 pH'nın üstünde hemen hemen inaktiftirler. pH 4.0-6.0 arasında sodyum benzoattan daha etkilidirler. Sorbik asitin pKa değeri 4.8'dir ve maksimum 1-2000 mg/kg arasında kullanılabilir. Sorbik asit küflerde dehidrojenaz enzim sistemini inhibe ederek inaktivasyona neden olmaktadır. Ayrıca benzoatlar gibi membran içinde disosiyasyon olarak "proton motive gücü" düşürmekte ve amino asitler gibi bazı substratların hücre içine alınımını güçleştirmektedir.

Sorbik asit küflerde dehidrojenaz enzim sistemini inhibe ederek inaktivasyona neden olmaktadır. Ayrıca benzoatlar gibi membran içinde disosiyasyon olarak "proton motive gücü" düşürmekte ve amino asitler gibi bazı substratların hücre içine alınımını güçleştirmektedir.

Sorbatlar insan vücudunda yağ asitlerine benzer şekilde parçalanmakta ve CO₂ ile H₂O'ya dönüşmektedir.

11.3. Propiyonatlar

Propiyonik asit (CH₃CH₂COOH) gıda sanayiinde Na ve Ca tuzları şeklinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların ekmek, kek, bazı peynir çeşitleri (özellikle Swiss peynir %1 oranında) çeşitli sebzeler (incir, siyah üzüm, kiraz, bezelye ve fasulyede %0.2-0.4 oranında) gibi ürünlerde özellikle küflere karşı kullanıldıkları bildirilmektedir.

Propiyonatlar özellikle küflere karşı etkilidirler. Mayalara karşı ya etkisiz ya da çok az etkilidirler. Bakterilere karşı da çok zayıf etkili olmakla birlikte, "rope" nedeni *Bacillus subtilis*'e karşı etkili olması dolayısı ile ekmek hamurunda ropeyi önlemek için kullanılmaktadır.

pH değerindeki artış ile antimikrobiyal özelliği düşer. Özellikle pH 6'nın altında kullanılır. Mikroorganizmalara karşı etki modu benzoat ve sorbatlarda anlatıldığı gibidir. Sodyum propiyonatın pKa değeri 4.9'dur ve en fazla 1-3000 mg/kg olarak kullanılabilir.

11.4. Asetik Asit

Asetik asit (CH_3COOH) ve derivatları (monokloroasetik asit, parasetik asit ve sodyum diasetat) gıda preservatifi olarak kullanılmaktadır. Asetik asit sirke formunda, mayonez, turşu, ketçap gibi ürünlerde kullanılmaktadır.

Asetik asit maya ve bakterilere karşı küflerden daha etkilidir ve etkinliği pH düşüşü ile artar. Etki mekanizması hem pH düşüşü, hem de disosiyasyon olmamış formlarına bağlanmaktadır. pKa değeri 4.75'tir ve maksimum kullanım sınırı bulunmamaktadır.

11.5. Laktik Asit

Laktik asit ($\text{CH}_3\text{CHOHCOOH}$) gıda muhafazasında önem taşıyan bir diğer organik asittir. Gıdalara dışarıdan ilave edilebileceği gibi, gıda içerisinde laktik asit bakterilerinin faaliyeti ile de üretilebilir. Turşu, sauerkraut, fermente süt ve et ürünleri gibi gıdalarda çeşitli LAB'lerinin fermentatif aktiviteleri ile üretilir. Karkaslara ise direkt laktik asit solusyonu (%1'lik) püskürtülebilir. pKa değeri 3.1 olan laktik asitin üst kullanım sınırı bulunmamaktadır.

Antimikrobiyal etkisi diğer organik asitler gibi pH düşüşü ile mikrobiyal gelişimi baskılaması ve disosiyasyon olmamış formu ile inhibisyona neden olmasına bağlanmaktadır.

11.6. Kükürt Dioksit ve Sülfidler

Gıda preservatifi olarak kükürt dioksit (SO_2) ile sülfid ($=\text{SO}_3$), bisülfid ($-\text{HSO}_3$) ve metabisülfidin ($=\text{S}_2\text{O}_5$) sodyum ve potasyum tuzları kullanılabilir. Kükürt dioksit (sıvı veya gaz halde) ve sülfid tuzları şarapçılık, sebze ve meyve kurutma, dondurulmuş veya salamurada muhafaza edilen meyve sebze, meyve suları, et ve balık ürünleri gibi alanlarda preservatif olarak kullanılmaktadır.

Düşük pH değerlerinde antimikrobiyal aktiviteleri daha yüksektir. Düşük konsantrasyonlarda bakteriyostatik etkili olup, yüksek konsantrasyonlarda bakterisidal etki gösterebilmektedir. Bakteriler ile birlikte mayalar ve küfler üzerine de etkilidir.

Kükürt dioksitin antimikrobiyal etki mekanizması halen çok açık bilinmemektedir. Yapılan çalışmalar sonucu bazı teoriler öne sürülmüştür. Bunlar içerisinde; disülfid köprülerini indirgelediği için disülfid köprüsü içeren enzimleri inhibe etmesi, karbonil bileşenler şekillendirmesi, keton grupları ile reaksiyona girmesi ve solunum sistemini inhibe etmesi sayılmaktadır.

11.7. Nitrit ve Nitratlar

Sodyum nitrat (NaNO_3) ve sodyum nitrit (NaNO_2) gıda muhafazasında özellikle peynir ve kür edilmiş et ürünlerinde uzun yıllardır kullanılan antimikrobiyal preservativeflerdir.

Nitratlar gıda içerisinde nitrite dönüştürülür ve muhtemelen tek katılış sebebi de budur. Nitritlerin en etkili olduğu mikroorganizmalar *Clostridium botulinum* ve *C. sporogenes*'dir. Yüksek konsantrasyonda *Staphylococcus aureus*'a karşı da etki göstermektedir. Peynirlerde de *Clostridium butyricum* ve *C. tyrobutyricum*'a karşı gaz oluşumunu engellemek için kullanılmaktadır.

Kanserojen N-nitrosoaminler oluşturdukları için gıdalara 300 ppm den çok nitrat veya 150 ppm den çok nitrit katılması yasaktır.

Nitritlerin antimikrobiyal etkisi pH değerleri düşükçe artmaktadır. Ayrıca, Eh negatif değerlerde Eh pozitif değerlerden daha etkilidir. İnhibitör aktivitenin esası; pürivik asitin anaerobik parçalanmasında elektron taşıyıcı olarak rol alan “**heme**” içermeyen **ferrodoksin** ve **hidrojenaz** enzimlerini inhibe etmesine bağlanmaktadır. Bu enzimleri ihtive etmeyen bakterilere karşı etkinin mekanizması ise henüz tam anlaşılamamıştır.

11.8. NaCl ve Şekerler

Bu maddeler koruyucu etki şekillerinin aynı (düşük a_w oluşturmaları ile) olması dolayısı ile aynı grupta incelenirler. NaCl gıda muhafazasında salamura, kür solüsyonu veya doğrudan gıdaya katma şeklinde kullanılabilir. NaCl'ün mikroorganizmalar üzerine etkisi konsantrasyonu ve uygulama sıcaklığı ile direk orantılıdır. Katılan NaCl şu etkilerde bulunmaktadır;

- Yüksek ozmotik basınç oluşturur ve plazmolize neden olur. Hücre gelişimini inhibe etmek veya yavaşlatmak için gerekli NaCl oranı mikroorganizma türüne göre değişir.
- Gıdaları sızıntı su kaybı ile, mikroorganizmaları da su içeriğini bağlamak sureti ile kurutur.
- Ortama klor iyonları verir.
- Suda çözünür oksijen miktarını azaltır.
- Hücreleri CO_2 'e karşı hassaslaştırır.

Glukoz ve sukroz gibi şekerler de preservative etkilerini tuz gibi, gıda maddesinde bulunan suyu mikroorganizmalar için kullanılmaz yapmak ve ozmotik basıncı artırmak suretiyle gösterirler. Tuz ile arasındaki fark aynı inhibisyon derecesi için 6 kat fazla şekere ihtiyaç duyulmasıdır. Yüksek şeker konsantrasyonu parça meyveli şuruplar, jöleler, şekerlemeler ve şekerli kondense sütlerde koruyucu olarak kullanılmaktadır. Şekerler ile oluşturulan hipertonic ortama mayalar ve küfler bakterilerden daha az hassastır.

11.9. Alkol

Etil alkol, hücre proteinlerini denatüre edici etkiye sahip, %70-95 konsantrasyonda yüksek inhibitör etkili bir maddedir. Çeşitli aroma ekstraktlarında (vanilya, limon ekstraktı gibi) preservative olarak kullanılabilir. Alkol zayıf nüfuz kabiliyeti ve organik

maddeler tarafından inaktive edilmesi dolayısı ile gıda preservatifi olarak tavsiye edilmemektedir.

Metanol insan sağlığı için zararlı etkili olduğu için gıda muhafazasında düşünülemez. **Gliserol** de yüksek konsantrasyonda antiseptiktir. Ancak gıda muhafazası açısından önemsizdir. **Propilen glikol** küf inhibitörü olarak hava kaynaklı bulaşmayı önlemede sprey olarak kullanılabilir.

11.10. Etilen ve Propilen Oksitler

Isıya hassas ürünlerin soğuk sterilizasyonunda kullanılırlar. Gaz formundadırlar. Etilen oksit daha güçlü olmakla birlikte gıda maddelerinde kullanılmamalıdır. Gaz sterilantlar, tüm mikroorganizma ve sporları öldürebilecek etkinliğe sahiptirler. Kurutulmuş erik ve benzeri meyveler, kabuklu meyveler, büyük ambalajlı kakao, reçine baharat ve nişasta gibi ürünler bu gazların kullanıldığı alanlardır. Son yıllarda gıdalarda bulunması halinde kanserojen etki gösterdiği bildirilmektedir.

11.11. Difenil ve Orto-fenilfenol

Difenil narenciye meyvelerinde küflenmeyi önlemek için meyve sargısı olarak kullanılan kağıda emdirilmektedir. Kullanım konsantrasyonu 1-5 mg/m² kağıttır. Orto-fenilfenol ise meyve kabuğuna uygulanmaktadır. Bunun için meyve 0.5-2.0 o-fenilfenol'ün sodyum tuzu çözeltisine 30-60 saniye batırılmakta sonra durulanmaktadır. Çözelti pH'sı bazık ise etkisi daha da artmaktadır. Meyvede izin verilen en yüksek kalıntı sınırı; o-fenilfenol için 12 mg/kg, difenil için 70 mg/kg'dır.

11.12. Antibiyotikler ve Bakteriosinler

Antibiyotikler bazı mikroorganizmalar (özellikle küfler ve *Streptomyces*'ler) tarafından üretilen geniş spektrumlu inhibitör bileşenlerdir. Antibiyotiklerin koruyucu madde olarak kullanımı üzerinde birçok araştırmalar yapılmış ve bazılarının önemli potansiyele sahip oldukları belirlenmiştir. Ancak, günümüzde yasal olarak yalnızca natamisin'e izin verilmiştir. Natamisin mayalara ve küflere karşı etkili bir antimikrobiyal katkı maddesidir. Yalnızca sert peynirlerde, sucuk, salam ve sosiste yüzey uygulama ile kullanılabilir. % mm derinde bulunmamalıdır.

Gıda muhafazasında kullanımına müsaade edilen ve son yıllarda önemi giderek artan diğer bir antimikrobiyal madde "**bakteriosin**"lerdir. Bakteriosinler laktik asit bakterileri tarafından üretilen, yakın akraba türlere karşı etkili, polipeptid tabiatında maddelerdir. Gıda katkısı olarak yaygın kullanım bulanı "**nisin**"dir. Nisin özellikle peynirlerde (3-12,5 mg/kg) *Clostridium butyricum*'a karşı kullanılmaktadır.

Nisin; *Lactococcus lactis* suşları tarafından üretilen, toksik etkili olmayan, ısıya stabil, vucutta sindirim enzimleri ile parçalanan, koku ve aromayı etkilemeyen, dar antimikrobiyal spektruma sahip bir maddedir. Isıl işlem görmüş ürünlerde canlı kalabilen *Bacillus* ve *Clostridium* sporlarının vejetatif forma geçip çoğalmasını önlemek için birçok ülkede 2.5-100 ppm dolayında kullanımına izin verilmiştir.

11.13. Hidrojen Peroksit

Hidrojen peroksit (H_2O_2) oldukça etkili bir dezenfektandır ancak gıda muhafazasında sınırlı olarak kullanılmaktadır. Sütün pastörizasyonunda ve şeker üretiminde ısı ile kombine olarak kullanılabilir. Asıl kullanım alanı aseptik paketleme ünitelerinde ambalaj materyalinin yüzeyinin sterilize edilmesidir.

Atık madde bırakmaz; suda uzun ömürlüdür, uygulanması kolaydır. Güneş ışınları ile bozulması ve kloro nazaran yüksek maliyeti yüzünden tercih edilmez. Havaya karıştırılmak suretiyle kullanılamaz.

11.14. Klorindioksit

Klorindioksit çok geniş bir mikroorganizma grubuna etkili bir maddedir. Etkili olduğu bazı mikroorganizmalar aşağıda verilmiştir.

Virüsler : HIV, poliovirus, rotavirus, herpesvirus, ECHO virus

Bakteriler : *E. coli*, Salmonella, Staphylococcus

Spor formları: Bacillus sp., Clostridium sp.

Mantarlar : Chaetomium, Aspergillus, Botrytis, Alternaria, Colletotrichium

Protozoa : Cryptosporidium, Giardia

Klorit iyonları ile (ClO_2^-) klorin dioksit (ClO_2) çoğu kere aynı veya çok benzer bileşikler olarak verilir. Etki modu tam olarak anlaşılamamıştır. Ancak çok güçlü okside edici bir ajandır. Triptofan ve tirozin gibi aromatik ve sistin ile metionin gibi de S içeren aminoasitler üzerine çok etkilidir. Bu aminoasitler üzerine olan oksidatif etki bunların selülar görevlerinde çok önemli aksamalara neden olur. Ayrıca protein zincirinde yapısal bozulmalara ve neden olurlar. İki zincir arasında kurulan S köprüsünü yıkarlar.

100 ppm den daha az konsantrasyonlarda dahi çoğu mikroorganizma üzerine etkilidir. (2.5 dakikada bakterisidal minimal konsantrasyon: *E. coli*, *S. aureus* 1 ppm; *B.subtilis* sporları 100ppm; *A.niger* 10ppm)

Doğada serbest radikaller halinde gaz olarak bulunur. Fakat suda da havadan 40 kat daha fazla çözünür.

11.15. Gıdalara Başka Gayeler İle Katılan Antimikrobiyal Maddeler

Gıda maddelerine asıl olarak değişik gayelere ulaşmak için katılan GRAS (Generalised Recognised as Safe) listesinde yer alan bazı katkı maddelerinin antimikrobiyal karakterli olanları ve hangi mikroorganizmalara etkili oldukları Tablo 6.20'da görülmektedir. Bunlar asıl katılış gayeleri dikkate alınarak yapılmış bir sınıflama altında ayrı ayrı ele alınmıştır.

Tablo 6.20. GRAS Listesinde Yeralan Bazı İndirek Kimyasal Preservatifler

Kimyasal Madde	Asıl Kullanım Gayesi	En Hassas Mikroorganizma
Bütillenmiş hidroksianol (BHA)	Antioksidant	Bakteriler ve bazı küfler
Bütillenmiş hidroksitoluen (BHT)	Antioksidant	Bakteriler, virüsler ve küfler
Tersiyer bütillhidrokinon (TBHQ)	Antioksidant	Bakteriler ve küfler
Propil gallat (PG)	Antioksidant	Bakteriler
Nordihidro guayeratik asit	Antioksidant	Bakteriler
Diasetil	Flavor verme	Gram negatif bakteriler ve küfler
d- ve l-karvon	Flavor verme	Küfler ve Gram pozitif bakteriler
Fenilasetaldehit	Flavor verme	Küfler ve Gram pozitif bakteriler
Mentol	Flavor verme	Bakteriler ve küfler
Vanilya, etilvanilin	Flavor verme	Küfler
Baharatlar/esansiyel yağlar	Flavor verme	Bakteriler ve küfler

11.15.1. Antioksidantlar

Gıdalara lipidlerin otooksidasyonunu önlemek için katılan ancak mikroorganizmalar üzerine de antimikrobiyal etkiye bulunan fenolik antioksidantlar ; BHA, BHT ve TBHQ 10-1000 ppm arasında bakteriler ile birlikte maya ve küfler üzerine de etki göstermektedir. *Bacillus cereus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Salmonella spp.* ve *Staphylococcus aureus* <50 ppm konsantrasyonda etkili olarak inhibe edilmektedir. *Pseudomonas* 'lar ise oldukça dayanıklıdır. BHA ve TBHQ ve kombinasyonları (100ppm BHA, 100ppm TBHQ) toksin üreten *Penicillium* 'ları önemli derecede inhibe etmektedir.

11.15.2. Flavor (Lezzet) Katkıları ile Baharatlar ve Esansiyel Yağlar

Gıdalarda kullanılan flavor katkıları antibakteriyalden çok antifungal özelliktedir (Tablo 6.20). Laktik asit bakterileri dışındaki Gram pozitif bakteriler daha hassastır. Araştırılan 21 flavor bileşiğinin yaklaşık yarısının, bakteri veya küflerden en az birisine inhibitör etkiye bulunması için gerekli minimum konsantrasyonunun 1000 ppm veya daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Bir çok baharat içerdikleri çeşitli kimyasal bileşenler ve özellikle esansiyel yağlar dolayısı ile antimikrobiyal özellik göstermektedir (karanfilde eugenol; tarçında cinnamic aldehit; soğan ve sarımsakta alisin; hardalda alil izotiyosiyanat; vanilya tohumunda vanillin; kekikte, oreganoda, adaçayında timol; nanede mentol gibi). Laktik asit bakterileri hariç Gram pozitif bakteriler Gram negatif bakterilerden daha hassastırlar. Küfler de, Gram negatif bakterilerden daha hassastır. Baharatlardan inhibitif etkileri en fazla olanlar; soğan, sarımsak, kekik ve nane gibileridir.

Allisin soğan ve sarımsağa tipik kokusunu veren ve 1:85000 konsantrasyonunda sıvı besiyerinde büyük ölçüde Gram negatif ve Gram pozitif bakterilere karşı bakterisidal etkili bir maddedir. Sarımsak ekstraktları alkalın fosfataz, invertaz, üreaz ve papain aktivitesini inhibe etmektedir. Allisin sülfidriilli enzimleri inhibe eder. Sülfitril içeren enzimlerin çoğunluğu için 0.0005 M konsantrasyon inhibisyon için yeterlidir ve bu enzimler içerisinde süksinik dehidrogenaz, üreaz, papain, ksantin oksidaz, kolin esteraz,

hezkokinaz, kolin oksidaz, glioksilaz, triyoz fosfat dehidrogenaz ve alkol dehidrogenaz yer alır. %1 in altında sarımsak özüt konsantrasyonu etkisizdir.

Cinnamic aldehit antibakteriyal aktiviteye sahip olmakla birlikte küf gelişimi ve mikotoksin üretimini de inhibe eder. %1-2'lik tarçın *A.parasitica*'sın gelişimini etkilemez iken aflatoksin üretimini %99 azaltmıştır. Yine 150µg/ml cinnamic aldehit ise aynı küfün gelişimi ve aflatoksin üretimi üzerine inhibitör etkilidir.

Eugenol antimikrobiyal aktiviteye sahiptir ve bunun 200µg/ml konsantrasyonu veya 1200µg/ml karanfil tozu *B. subtilis* sporlarının çimlenmesini engellemektedir. Yine 250µg/ml karanfil yağı *A.parasitica*'sın gelişimini ve toksin üretimini inhibe eder.

Vanillin aktivite olarak eugenola benzer. Özellikle antimikotiktir. Bu bileşenin maya-küf gelişimini yavaşlattığı veya durdurduğu ispatlanmıştır.

Timol geniş spektrumlu antimikrobiyal aktiviteye sahiptir. Kekik yağının 25 bakteri cinsine karşı inhibitör aktiviteli olduğu gösterilmiştir. Yine timolün mikotoksijenik küflerin gelişimi ve toksin üretimini inhibe ettiği de ispatlanmıştır. Timolün >500µg/ml konsantrasyonu *A.parasitica*'sın gelişimini ve toksin üretimini tamamen durdurmaktadır. Yine potato dekstrose agara %2 oregano katımı durumunda 7 mikotoksijenik küfün gelişiminin tamamen inhibe edildiği bildirilmiştir.

12. Tütsüleme ile Gıda Muhafaza

Gıdalara genelde hem arzu edilen aromayı kazandırma, hem de korucu etkisi dolayısı ile uygulanmaktadır. Duman mikrobiyal gelişmeyi sınırlandıran çeşitli bileşenler içermektedir. Bunlardan en önemlisi formaldehittir. Bu bileşen amino grubu ile reaksiyona girerek proteinlerin denatürasyonuna neden olmaktadır.

Formaldehite ilaveten duman alifatik asitler, alkoller, ketonlar, fenoller, yüksek aldehitler, metanol, kresoller ve diğer bazı antimikrobiyal bileşenleri de içermektedir. Dumanlamada ısı kullanıldığı için mikrobiyal yükün azalmasında ısı ve kurumunun da etkisi olabilmektedir.

13. Kontrollu ve Modifiye Atmosfer Uygulamaları ile Gıda Muhafaza

Kontrollu atmosfer (KA) ve modifiye atmosfer (MA) uygulamasının prensibi; gıdaların bulunduğu ortamın gaz bileşimini değiştirerek solunum hızını, mikrobiyal gelişimi ve enzimatik bozulmayı yavaşlatmaktır. Bu ya ortamın oksijen konsantrasyonu azaltılarak, ya da ortama CO₂ ve CO gazları verilerek sağlanır. O₂ ve CO₂ arasındaki oran kritiktir ve her bir ürün için optimum şartlar belirlenerek kullanılmalıdır. KA ve MA uygulamaları arasındaki en önemli fark depolama ortamının gaz bileşiminin kontrol derecesindedir. KA uygulaması ortamın spesifik gaz seviyesinin kontrolünde MA uygulamasına göre daha titiz ve kesin değerlerde çalışmayı ifade eder. KA uygulamasında ortamın gaz bileşimi, %1-10 O₂, %0-30 CO₂ ve geri kalan kısımda N₂ olacak şekildedir. Modifiye atmosfer uygulamaları gıdaların, özellikle meyve sebze ürünlerinin raf ömrünü uzatmakta; tahıl ve yağlı tohumların da pestler yoluyla zararlanmasını azaltmaktadır. En önemli MA uygulama alanı elma muhafazası olmakla birlikte, armut, kiraz gibi meyveler ile lahana gibi sebzelerin raf ömrünün uzatılmasında da bu yöntemden faydalanılmaktadır. MA ilaveten

taze et balık, kanatlı eti, yaş pasta, sandviç, yumurta, fırıncılık ürünlerinde de kullanılabilir.

Taze meyve ve sebzelerin depolanmasında KA ve MA uygulaması şu pratik faydaları sağlar:

1. Klorofilin parçalanması yavaşlar, bu sayede renk stabilesi artar
2. O₂ kullanan enzimatik reaksiyonlar sonucu kesilmiş ürünlerde meydana gelen kararım azalır
3. Hücre membranına etkili olan enzimlerin aktivitesi üzerine CO₂ in etkisi nedeni ile tekstürde iyileşme meydana gelir
4. C₂H₄ tarafından teşvik edilen bazı fizyolojik bozuklukların azaltılmasını sağlar. (Elma ve armutların haşlanması, turunçgil, avakado gibi meyvelerinde soğutulması sırasında meydana gelen)
5. Mikrobiyal özellikle de küf aktivitesinin azaltılmasını sağlar.

0-5°C’de depolamada genellikle *Pseudomonas* türleri ve diğer Gram negatifler hızla çoğalarak kötü kokuyu kendini belli eden bozulmalara neden olmaktadır. Bu tip bozulmalar ortamdaki O₂’nin azaltılıp CO₂ ve N₂ artırılması ile önemli ölçüde engellenmekte veya geciktirilmektedir.

Depolamada 5°C’nin altındaki sıcaklıklarda, CO₂ artışı, artan konsantrasyona paralel olarak antimikrobiyal etki yapabilmektedir. Ortamda %10-15’e yükselen CO₂ konsantrasyonu ile önemli mikrobiyal inhibisyonlar sağlanmaktadır. Ortam havasını %2-4 O₂, %10-15 CO₂ içerecek şekilde ayarlayıp N₂’nin de denge özelliğinden yararlanılarak uygun depolama şartları oluşturulabilir. Ancak, bu oranlar depolanacak ürüne göre (et ve ürünleri, meyve-sebze ve ürünleri) değişir. Çeşitli meyve-sebze ürünleri için uygulanabilecek depolama şartları Tablo 6.21’de verilmiştir.

Tablo 6.21. Çeşitli Meyve-sebze Ürünleri İçin Uygulanabilecek Kontrollü Atmosfer Depolama Şartları

Tür	Sıcaklık (°C)	Nisbi Rutubet (%)	% O ₂	% CO ₂	Ortalama Depolama Süresi
Elma	-0.5 - 3	90-92	2-3	1-2.5	5-9 ay
Vişne	0	95	3-10	10-12	30 gün
Kestane	0	90	3	10	3 ay
Kiwi	0	98	2	4-5	7 ay
Şeftali	-0.5 - 0	95	2	4-5	40 gün
Armut	-1.0 - 0	90	1-3	0.5-5	4-7 ay
Erik	0	95	2	5	45 gün
Lahana	0	90-95	2-3	3-6	
Hıyar	12	90-95	1-4	0	
Ispanak	0	90-95	7-10	5-10	
Domates	12	90-95	3-5	2-3	
Biber	12	90-95	2-5	0-5	
Mantar	0	90-95	Hava	10-15	
Karnıbahar	0	90-95	2-3	3-4	

Ayrıca yükseltilmiş N₂ ve ihmal edilebilir düzeyde O₂ içeren ortamda depolanan buğdaylar normal atmosferde depolanan buğdaylara göre daha yüksek gluten kalitesine sahip olmuş ve yüksek nem içeriğinde dahi un ve fırıncılık kalitesini daha iyi korumuştur. Yüksek N₂ içeren anoksidatif şartlarda oksidasyon yavaşlamış ve dane ve fındıkların duyuşal özellikleri daha iyi korunmuştur. Kuru buğdayların düşük O₂ içeren depolarda ekmek hacminde düşüş olmaksızın 18 yıla kadar depolanabileceği bildirilmiştir. Yine Yükseltilmiş CO₂ (%20-60) ortamında depolanmış tahıllarda fungi gelişimi ile aflatoksin, okratoksin, patulin, T-2 toksin ve penicilik asit gibi mikotoksinlerin üretiminin inhibe edildiği belirlenmiştir. Mikotoksin üretiminin engellenmesi üzerine O₂ miktarının düşürülmesi, CO₂ miktarının artırılmasına göre daha düşük düzeyde etkili olmaktadır. Kuru danelerde mikroflora gelişimini %20 CO₂ inhibe ederken nemli danelerde %80 CO₂'ye ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı Fusarium, Aspergillus ve Mucor türleri yüksek CO₂ miktarını tolere edebilirler.

Gıdaların muhafazasında aynı esastan hareketle gaz geçirimi uygun ambalaj materyali kullanılarak modifiye atmosferde ambalajlama işlemi de kullanılabilir. Modifiye atmosferde gözden kaçırılmaması gereken noktalar fazla CO₂'in ve N₂'nin bazı ürünlerde renk proplemine neden olabileceği ve bu uygulamanın mutlaka soğukta muhafaza ile kombine olarak yürütülmesidir. Yapılan çalışmalarda soğuk depolamada modifiye atmosfer tekniği ile saklanan ürünlerde, *Clostridium botulinum tip E*, *Listeria monocytogenes* ve *Yersinia enterocolitica* gibi psikrofil patojenler ve diğer aerobik bozulma etmeni bakterilerin baskılanması açısından çok başarılı sonuçlar alınmıştır.

14. Asitlendirme Uygulamaları ile Gıda Muhafaza

Gıdaların işlenmesinde ve muhafazasında dikkate alınan temel özelliklerden birisi gıdanın asitlik durumudur. Asitliğin istenilen doğrultuda doğal yolla veya yapay yolla artırılması bir gıda muhafaza yöntemidir.

Doğal yolla asitlik artışı fermentasyon ile sağlanır. Fermentasyon sonucu ortamda bulunan veya starter kültür olarak katılan mikroorganizmaya ve ortam şartlarına bağlı olarak genellikle laktik veya asetik asit birikimi meydana gelmektedir. Yoğurt, peynir, turşu, sauerkraut, zeytin vb. ürünler fermentasyon uygulamalarına örnektir. Yapay yolla asitlik artışında ise ortama dışarıdan laktik, asetik, sitrik, propiyonik asitler gibi organik asitlerin ilavesi söz konusu olmaktadır.

Asitlik artışından en fazla bakteriler etkilenirler. Sporlu bakteriler için <3.5 pH, sporsuzlar için <4.6 pH güvence sınırır. Maya ve küfler genellikle asitliğe daha dayanıklıdır. Maya ve küfler içinde yine <3.5 pH ürünün dayanıklılığını artıran bir sınırdır.

Asitlik artışından mikroorganizmaların etkilenmesi bazı organik asitlerin disosiyasyon olmaları formlarından kaynaklandığı gibi, pH düşüşünden de kaynaklanmaktadır. Ortam pH'sının düşüşü ile mikroorganizma hücre içinden protonların uzaklaştırılması için 100 veya 1000 katı ek enerjiye ihtiyaç duyar. Böylece düşen ortam pH'sında, hücre içi pH'nın sabit kalması için daha çok enerji kullanan hücre, çoğalma için gerekli yeni maddelerin sentezlenmesine enerji ayıramaz. Bu da gelişmeyi büyük ölçüde sınırlandırır. Belli bir pH düşüşünden sonra, hücre içi pH'yı dengede tutamaz ve hücre içi pH da düşer. Düşen pH'da enzimlerin inhibe olması sonucu hücre ölür.

15. Ürüne Mikrobiyal Bulaşmanın Engellenmesi Uygulamaları ile Gıda Muhafaza

Gıdaların muhafazasında temel yaklaşımlardan birisi de mikrobiyal bulaşmanın engellenmesidir. Mikrobiyal bulaşmanın önlenmesinde kullanılan en önemli uygulama aseptik çalışma ve ambalajlama olmaktadır.

Mikroorganizmalar çok çeşitli kaynaklardan gıdalara bulaşabilmektedir. Bu nedenle gıda üretiminde kritik kontrol noktalarının tespit edilerek HACCP planına yerleştirilmesi ve buna uygun temizlik ve sanitasyon işlemleri ile diğer uygulamaların yapılması ürünün mikroorganizma sayısında önemli azalmalar sağlayacaktır. Sanitasyonda öncelikle fiziksel kirlilik oluşturan partiküller uzaklaştırılır. Aksi halde, bunlar gıda ile temas eden ekipmanların yüzeyinde, tabanlarda, duvarlarda vb. biyofilm oluşturabilirler. Biyofilmin uzaklaştırılması için yeterli deterjan, sıcak su ve fırçalama, ovma gibi mekanik işlemlerin birlikte uygulanması gerekir. Biyofilmin derinliklerinde 25-30 mikroorganizma hücresi bulunabilir. Yüzey kabakirlerden temizlendikten sonra çalkalanmalı ve dezenfektan madde kullanılmalıdır. Eğer dezenfektanlar biyofilm tabakası yüzeyden uzaklaştırılmadan kullanılacak olursa etkili olmayacaktır. Aseptik çalışmada bir diğer bulaşma kaynağını da hava oluşturduğu için işletme ortamının havasının da yeterli kalitede olması gerekir. Bunun için öncelikle işletmenin dizaynı, havalandırma sistemi gözden geçirilir ve gerekli ise fiziksel yöntemler ile hava sterilize edilebilir. Eğer bu işlemler uygulanırsa ürünün mikroorganizma yükü başlangıçta çok düşük tutulabileceği için muhafaza süresi de önemli ölçüde uzayacaktır.

Uygun özellikteki ambalaj materyalleri gıda ile çevresel bulaşma kaynakları arasında bir bariyer oluşturduğu gibi, ambalajlanan ürünler, ısı muamelesi (konserve, pastörize meyve suları vb.) veya modifiye atmosfer (CO₂ atmosferi, vakum ambalajlama vb.) uygulamaları ile kombine olarak daha dayanıklı hale de getirilebilmektedir.

Ambalajlama işleminde seçilen ambalaj materyali hijyenik, kokusuz, inert olmalı, gıda ve çevre atmosferi ile etkileşime girmemeli, kalite ve sağlığa zararlı olmamalıdır. Ayrıca, ambalajlanacak gıdanın özelliklerine, işleme ve depolama şartlarına da uygun olmalıdır.

16. Fiziksel Uzaklaştırma İle Gıda Muhafaza

Gıdaların muhafaza süresinin uzatılmasında, sıvı veya katı gıdalardaki mikroorganizma yükünün fiziksel olarak uzaklaştırılarak azaltılması yeni bir yaklaşım olarak kabul görmüştür. Bu işlem bazen tek başına mikroorganizma sayısında yeterli indirgemeyi sağlamasa da takip eden işlemlerin etkinliğini artırmaktadır. Fiziksel uzaklaştırma ile muhafaza tekniğinde şu yöntemler uygulanabilir:

1. Santrifügasyon; Bu yöntem esasında sıvı gıdalardan arzu edilmeyen partiküllerin (toz, lökosit vb.) uzaklaştırılmasında kullanılmaktadır. Ancak özellikle süt endüstrisinde normal pastörizasyonda inhibe edilemeyen termodurik bakteriyal sporların uzaklaştırılmasında da kullanılabilir.

2. Filtrasyon; Bu yöntem sıvı gıdalardan maya, küf, bakteri ve sporların uzaklaştırılması amacı ile kullanılabilir. Ayrıca havanın sterilizasyonunda da en önemli yöntemdir. Bu yöntem de gıda maddesinin duyuşal niteliği ve besin değerinde de herhangi bir değişikliğin meydana gelmemesi çok büyük bir avantajdır. Endüstride berrak meyve suları, şarap, sirke ve suyun sterilizasyonunda başarılı bir şekilde kullanılabilir.

3. Bakım; Bu yöntem et meyve ve sebzelerde kabul edilemez şekilde zarar görmüş ürünün tamamının veya bozulmuş kısımlarının fiziksel olarak uzaklaştırılması işlemidir. Bu uygulamaya lahana, maruldan dış yaprakların, görülebilir şekilde küflenmiş kaşar peyniri, sucuk ve ekmekten küflenmiş kısımların, etten fekal kirlenmiş veya apse oluşmuş kısımların uzaklaştırılması gibi işlemler örnek olarak verilebilir. Böylece üründe başlangıç mikroorganizma sayısı çok önemli oranda azaltılmış olur.

4. Yıkama; Meyve ve sebzeler, yumurta, karkaslar ürüne işleme sırasında yaygın olarak yıkanılır. Özellikle kanatlı karkasları üretim sırasında birkaç kez su ile muamele işlemine maruz kalırlar. Bunlardan yıkama amaçlı olanlar var iken, soğutma amaçlı yapıları da vardır. Bu işlemlerde kullanılan suyun sıcaklığı, ozon, klor, asetik asit, propiyonik asit, laktik asit, tripolifosfatlar veya bakteriosin katılmış suların kullanılması mikroorganizma yükünün azaltılmasında etkinliği artırır. Yalnız başına yıkama ile de mikrobiyal yük azaltılabilirken, yukarıda isimleri sayılan ajanların kombinasyonları ile daha da artırılabilir.

17. Biyoteknolojik Yöntemlerle Gıda Muhafaza

Bitkisel gıdaların kalitesini artırmak ve muhafaza süresini uzatmak için günümüzde yeni biyoteknolojik yöntemler geliştirilmiştir. Bunlardan bazıları Tablo 6.22’de verilmiştir.

Tablo 6.22. Gıda Maddelerinin Kalitesini ve Muhafaza Süresini Artırmak İçin Ticari Olarak Uygulanabilir Biyoteknolojik İşlemler

Ürün	Teknolojik Uygulama	Faydası
Brokoli	Etilen üretim kontrol geni aktarımı	Yavaş olgunlaşma, daha uzun süre yeşil renk
Domates	1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit sintaz için antisense RNA ekspresyonu, böylece etilen üretimi bloklanır	Yavaş olgunlaşma, daha uzun süre yeşil renk, sert yapı
Domates	Yeni genlerin ekspresyonu, somoklonal değişim	Yüksek katı madde, yüksek viskozite
Domates	Poligalakturonaz için antisense RNA ekspresyonu	Yavaş yumuşama, sert yapının uzun süre korunması

Günümüzde uygulanabilecek durumda olan bir diğer biyoteknolojik yol ise aflatoksin birikiminin önlenmesidir. Bunun için üç yaklaşım vardır:

1. Aflatoksin birikiminden sorumlu biyosentez veya salgılama mekanizmasını inhibe etmek (Aflatoksijenik küflere uygulanır).
2. Ortamda bulunan aflatoksin üreten küflerle toksin üretmeyen küflerin yer değiştirmesinin sağlanması (Çevresel bir uygulamadır. Ortama toksin üretmeyen küflerin aşılması durumunda bir süre sonra bunlar baskın florayı oluşturarak toksin üretenlerin ortamdaki kalkmasını sağlarlar).
3. Küflere hassas olan bitkilerde genetik modifikasyonlarla dayanıklılığın artırılması (Bu uygulama küf gelişimine hassas olan bitkilerde; ya küf enfeksiyonuna, ya da mikotoksin sentezine engel olan mekanizmaların bitkiye kazandırılması ile gerçekleştirilir).