

BÖLÜM 3

GIDALARA MİKROORGANİZMA BULAŞMA KAYNAKLARI VE GELİŞMESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. Gıdalara Mikroorganizma Bulaşma Kaynakları

Bir önceki bölümde, gıda sanayii açısından önemli olan mikroorganizmalar sınıflandırılmış ve kısaca tanıtılmıştır. Bu mikroorganizmalardan her birisinin gerek besin ihtiyaçları ve gerekse de çevresel faktörlerden etkilenmeleri farklılık göstermektedir. Bu yüzden, “mikroorganizmalar tabiatta çok yaygın olarak bulunmaktadır” tezine rağmen, belirli mikroorganizmaların gıda maddelerine bulaşma kaynakları farklılıklar arz etmektedir. Bu bulaşma kaynaklarını sekiz ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar; toprak ve su, bitkiler ve bitkisel ürünler, gıda alet ve ekipmanları, hayvan ve insan bağırsak sistemleri, gıda işçileri, hayvansal yemler, hayvan deri ve kılları ile çevre atmosferindeki hava ve toz içeriğidir. Bunlara ilaveten temizliği ve düzeni iyi olmayan üretim ve muhafaza yerlerinde haşereler ve kemirgenler de bulaşma vasıtası olabilmektedir. Gıdaların mikroorganizmalar ile bulaşmasında önem taşıyan bu temel 8 adet kaynaktan, hangi mikroorganizmaların bulaşmasının daha muhtemel olduğu Tablo 3.1’de özetlenmeye çalışılmış ve bu kaynaklar aşağıda sırasıyla tartışılmıştır.

1.1. Toprak ve Su

Bu iki çevre ortamında bulunan, çoğu bakteri ve funguslar çoğunlukla aynı olabilmektedir. Çünkü topraktaki mikroorganizmalar suya, sudaki mikroorganizmalar da toprağa kolayca taşınabilmektedir. Toprak yüzeyinin kuruması ve parçalanması ile oluşan toz parçacıklarına tutunan mikroorganizmalar, rüzgar ile atmosfere karışmakta ve daha sonra yağın yağmur damlacıkları içerisinde ve üzerinde tutunabilmektedir. Aynı zamanda, yağmur suları toprak üzerinden akarken de, çeşitli mikroorganizmaları bünyesine alabilmektedir. Yine, sularda bulunan mikroorganizmalar da, büyük su birikintileri üzerinde oluşan bulutlar içerisinde alınabilmekte ve rüzgarın etkisi ile sürüklenen bulutların yağmur olarak döküldüğü kara parçalarına bu mikroorganizmalar taşınmaktadır. Ancak, özellikle marina sularında bulunan bazı organizmaların, toprakta canlılıklarını uzun süre devam ettiremedikleri de bir gerçektir. Örneğin *Alteromonas spp.* gelişme için deniz suyunun tuzluluğuna ihtiyaç duyar ve toprakta uzun süre canlı kalamaz. Buna rağmen genel olarak bu iki çevresel ortamı beraber yorumlamak yanlış olmamaktadır.

Toprak mikroorganizmalar için zengin bir kaynaktır. Toprakta organik materyalleri parçalayarak toprağı zenginleştiren toprak organizmaları sahip oldukları bu aktivite dolayısı ile gıdaların bozulmasında önemli bir potansiyele sahiptirler. Bundan dolayı gıdaların korunmasında yaygın kabul gören görüş; gıdaların kirlenmesinin önlenmesidir. Topraktaki kimyasal parametrelerin çabuk değişmesi nedeni ile toprak bakterileri *Bacillus* ve *Clostridium* endospor, funguslar da klamidospor ve sclerotina gibi dayanıklı yapılar oluşturarak uzun süre toprakta canlı kalabilirler.

Tatlı sular ve denizler kendi ortamlarına adapte olmuş birçok türde mikroorganizma içerir. Bunlardan özellikle açık denizlerde olanlar düşük oranda organik ve azotlu madde bulunan nisbeten düşük sıcaklıklara adapte olmuşlardır. Gelişmeleri için tuza ihtiyaç duyarlar. Soğuk sularda genelde psikrofil ve psikrotrof mikroorganizmalar yaygındır. Ilık temiz denizler önemli sayıda *Vibrio parahaemolyticus* içermektedir.

Toprak ve su vasıtası ile gıda maddeleri hem bakteriler ve hem de küfler ile bulaşabilmektedir. En yaygın görülen bakterilerin; *Alcaligenes*, *Enterobacter*, *Proteus*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Corynebacterium*, *Serratia* ve *Streptomyces* cinsleri olduğu belirtilebilir. Küflerin hemen hepsinin su ve toprakta bulunabildiği söylenebilmekle birlikte, özellikle *Aspergillus*, *Botrytis*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Rhizopus* ve *Trichothecium* cinsleri başta gelenlerdir. Mayalar genelde bitkilerde buldukları için toprakta bulunmaları kaçınılmaz olmakla birlikte, sudaki sayıları çok daha düşüktür.

Tablo 3.1. Gıdalara Bakteri ve Protozoa Bulaşmasında Kaynakların Önem Durumu

Organizma	Toprak ve Su	Bitkiler ve Ürünleri	Gıda Alet ve Ekipmanları	Sindirim Sistemi	Gıda İşçileri	Hayvan Yemleri	Deri ve Kollar	Hava ve Toz
Bakteriler								
<i>Acinetobacter</i>	xx	x	x				x	x
<i>Aeromonas</i>	xx ^a	x						
<i>Alcaligenes</i>	x	x	x	x			x	
<i>Bacillus</i>	xx ^b	x	x		x	x	x	xx
<i>Campylobacter</i>				xx	x			
<i>Carnobacterium</i>	x	x	x					
<i>Citrobacter</i>	x	xx	x	xx				
<i>Clostridium</i>	xx ^b	x	x	x	x	x	x	xx
<i>Corynebacterium</i>	xx ^b	x	x		x		x	x
<i>Enterobacter</i>	x	xx	x				x	
<i>Enterococcus</i>	x	x	x	xx	x	x	x	x
<i>Erwinia</i>	x	xx	x					
<i>Escherichia</i>	x	x		xx	x			
<i>Flavobacterium</i>	x	xx					x	
<i>Lactococcus</i>		xx	x	x			x	
<i>Lactobacillus</i>		xx	x	x			x	
<i>Leuconostoc</i>		xx	x	x			x	
<i>Listeria</i>	x	xx		x	x	x	x	
<i>Micrococcus</i>	x	x	x		x	x	x	xx
<i>Pediococcus</i>		xx	x	x			x	
<i>Proteus</i>	x	x	x	x	x		x	
<i>Pseudomonas</i>	xx	x	x			x	x	
<i>Salmonella</i>				xx		xx		
<i>Serratia</i>	x	x	x	x		x	x	
<i>Shigella</i>				xx				
<i>Staphylococcus</i>				x	xx		x	
<i>Vibrio</i>	xx ^a			x				
<i>Yersinia</i>	x	x		x				
Protozoa								
<i>C. parvum</i>	x			x	x			
<i>E. histolyca</i>	xx ^a			x	x			
<i>G. lamblia</i>	xx ^a			x	x			
<i>T. gondii</i>		x		xx				

xx: Çok Önemli Kaynak, a: Başlıca Kaynak Su, b: Başlıca Kaynak Toprak

1.2. Bitkiler ve Bitkisel Ürünler

Toprak ve suda bulunduğu belirtilen bakteri ve küfler, aynı zamanda, bitkilerde de bulunabilmektedir. Zaten toprağa bağımlı olarak bulunan bitkilerin, bu ortamda bulunan mikroorganizmalarla bulaşması kaçınılmazdır. Bununla birlikte, bunların oransal dağılımları farklılık göstermektedir. Bitkilerin toprak üstü kısımları ile köklerinin yüzeylerinde doğal mikroorganizma floraları bulunur. Genç ve sağlıklı bitkilerin yapraklarında oldukça az sayıda mikroorganizma bulunmakla birlikte, çevresel faktörlere bağlı olarak bazı türlerin sayıları oldukça yüksek olabilir. Örneğin küf olarak *Cladosporium* türleri, maya olarak *Aureobasidium pullulans*. gerçek mayalara da sıklıkla rastlanır.

Bitkilerde rastlanan bakteriler içerisinde *Erwinia*, *Xanthomonas*, *Pseudomonas* Gram pozitifler içerisinde de *Lactobacillus* ve *Leuconostoc* türleri baskın olarak bulunurlar. Bununla birlikte *Corynebacterium*, *Curtobacterium*, *Acetobacter* ve *Flavobacterium* cinsleri de önemli düzeyde bulunabilmektedir.

Tahılların küf florasında hasattan önce *Cladosporium*, *Alternaria*, *Helminthosporium* ve *Chaetomium* türleri bulunurken, hasat sonrası tanelerin düşen su içeriğine bağlı olarak bu florada değişir ve *Aspergillus* ve *Penicillium*'lar ağırlık kazanır. *Fusarium*'lar ise hem tarlada hem de depolamanın baş kısımlarında önem taşırlar. *Botrytis cinerea* çilek, asma gibi bitkilerde çiçekleri infekte eden önemli bir patojendir.

Mayalardan ise özellikle meyvelerde yaygın olarak bulunanlar *Saccharomyces*, *Rhodotorula* ve *Torula* bitki yapraklarında da *Sporobolomyces* ve *Bullera* cinsi mayalardır.

1.3. Gıda Kapları

Gıdaların taşınmasında kullanılan konteyner veya diğer kaplar, içerisine konulan hayvansal ve bitkisel gıdaların yüzeyinde bulunan mikroorganizmalar ile kontamine olurlar. Ancak, kontamine olan bu mikroorganizmaların alet ve ekipmanlarda bulunma süreleri, malzemenin materyaline, muhafaza şekline ve uygulanan temizlik işlemlerine bağlı olarak önemli farklar gösterecektir. Bu sebeple, gıda işleme kap, alet ve ekipmanlarının florası hakkında tahmin yapmak çok zordur ve gerçekçi bir yaklaşım da mümkün değildir. Temizlik ve dezenfeksiyon işlemlerine riayet edilmeyen işletmelerde alet ve ekipman çok önemli bulaşma kaynağını oluşturmaktadır.

1.4. İnsan ve Hayvanların Sindirim Sistemleri

İnsan ve hayvanların sindirim sistemlerinde bazıları patojen de olabilen çeşitli mikroorganizma cinsleri bulunabilmektedir. Bu intestinal flora, çeşitli yollarla gıdalara bulaşabilmektedir. Bunlar içerisinde en önemli kaynak, çiğ gıda maddelerinin yıkanmasında fekal yolla kirlenmiş suların kullanılması gelmektedir. Yine çeşitli sebzelerin üretiminde kullanılan fekal kirlenmiş sulama suları da önemli etken olabilmektedir. Ancak, insan veya hayvan bağırsak sisteminden doğrudan, toprak veya suya karışan mikroorganizmaların akıntılar veya toprağın kuruması ile oluşan toz parçacıkları ile de gıda maddelerine veya gıda işleme ve muhafaza alet, ekipman ve kaplarına bulaşma olasılıkları da gözden kaçırılmamalıdır. Sindirim sistemindeki flora özellikle dikkat edilmediğinde kesimhanelerde ete kolaylıkla bulaşabilmektedir.

İnsan gastrointestinal florası 400'ün üstünde farklı tür bakteri içermektedir. Farklı kısımlarda farklı türde ve sayıda mikroorganizmalar yer alır.

Mide: Hidroklorik asit ve pepsinojen içermesi nedeniyle mikroorganizmaların kolonize olması için uygun bir ortam değildir. Bu nedenle mukus ve bikarbonat sekresyonları ile korunan mide yüzey epiteli çok az sayıda organizma içerir (ml. de 10^3 'den az). Midede yer alan organizmalar aside dayanıklı *Lactobacillus* türleri, *Streptococcus* türleri ve *Helicobacter pylori*'dir

İnce barsaklar: İnce barsağın üst bölümünde mikroorganizma sayısı azdır (10^3 - 10^8) ve predominant olarak anaeroplara, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Peptostreptococcus*, *Porphyromonas* ve *Prevotella* türleri bulunmaktadır.

Kalın barsaklar: İnce barsağın aksine kolon vücudtaki bakterilerin en önemli deposudur. Bir gram feçesde 10^8 aerob, 10^{11} anaerob bakteri bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çeşitli mantarlar ve non-patojenik parazitler de bulunabilir. Kalın barsakta bulunan bakterilerin %96-99'unu anaeroplara, özellikle de *Bifidobacterium* türleri, *Bacteroides fragilis*, *Lactobacillus*, *Clostridium perfringens*, *Clostridium difficile*, diğer *Clostridium* türleri; %1-4'ünü ise, başta koliformlar, enterokoklar, *Proteus*, *Pseudomonas* ve *Lactobacillus* türleri olmak üzere aerob ve fakültatif anaerob bakteriler oluşturmaktadır.

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı üzere fekal artıklar ile bulaşmada önem taşıyan mikroorganizma grubu; bakterilerdir. Bu bakterilerin en önemlileri de; *Escherichia*, *Salmonella*, *Shigella*, *Proteus*, *Bacteroides* ve *Enterococcus* cinslerine dahil olan türlerdir. Bunlar kadar olmasa da stafilokok, enterobakter, *Clostridium*, *Pseudomonas*, *Citrobacter* ve bazı laktik asit bakterileri de sindirim sistemlerinde sıkça bulunabilmektedir. Çeşitli patojenleri de içeren bu bakterilerin bir kısmı, sulara uzun süre canlılıklarını koruyamamaktadırlar. Bu gıda sanayii açısından bir avantajdır.

Bağırsak kökenli bulaşmada küfler çok fazla bir öneme sahip değildir. Ancak, mayalardan; *Candida* ve Protozoalardan; *C. parvum*, *E. histolytica*, *G. lamblia* ve *T. gondii*'nin de fekal kaynaklı olarak gıdalara bulaşabileceğinin bilinmesi gereklidir.

1.5. Gıda İşçileri

Bu başlık altında kastedilen bulaşma şekli, gıda işletmelerinde veya hasatlarında çalışan işçilerden, gıda maddelerine doğrudan olan bulaşmalardır. Sağlıklı bir insan dahi, farklı organlarında farklı mikroorganizmaları taşımaktadır. İnsan vücudunun çeşitli bölgelerinde yerleşmiş, organizmaya zarar vermeksizin, hatta bazı durumlarda yarar sağlayarak organizma ile birlikte yaşayan mikroorganizma topluluklarına normal vücut florası denilir. Bu mikroorganizmalar normal şartlar altında yiyeceklerin metabolizmasında yer almakta, önemli büyüme faktörleri ve vitaminlerin sentezini sağlayabilmekte, yüksek virülanslı mikroorganizmalarla infeksiyonlara karşı bireyi korumakta ve immün cevabı uyarmaktadır.

İnsan vücudundaki mikrobiyal flora yaş, diyet, hormonal durum, sağlık koşulları, çevresel hijyenik koşullar ve kişisel hijyen gibi değişik faktörler tarafından belirlenen bir denge halindedir. Normal flora, bu denge bozulmadığı sürece ekzojen patojen mikroorganizmalara karşı güçlü bir savunma bariyeridir. Bu savunma mekanizmaları içerisinde en önemlileri; besin maddeleri için veya konak hücreleri üzerindeki reseptörler için yarışma, diğer organizmalar için bakterisidal olan düşük molekül ağırlıklı proteinler olan bakteriosin üretimi ve immün cevabın stimülasyonudur. Böylece vücudun içinde veya

üzerinde ortaya çıkan patojen organizmalar normal flora organizmaları ile kontrol edilmiş olur. Bununla beraber, eğer normal flora bozulursa veya patojen mikroorganizmalar normalde steril olan bir vücut bölgesine girerlerse hastalık meydana gelebilir.

Sağlıklı bir insanın vücut bölgelerinde bulunan normal flora çok farklı ve yüksek sayılardadır. Kısaca bazı bölgelerin florasından bahsedecek olursak:

Deri Florası: deri yüzeyinin kalıcı florasında en sık bulunan mikroorganizmalar, aerop ve anaerop difteroid basiller (*Corynebacterium*, *Propionibacterium* türleri), hemolitik olmayan aerobik ve anaerobik stafilokoklar (*Staphylococcus epidermidis*, arasıra *Staphylococcus aureus*, *Peptococcus* türleri), Gram-pozitif aerob sporlu basiller, alfa hemolitik streptokoklar (*Streptococcus viridans*), enterokoklar (*Streptococcus faecalis*), Gram-negatif koliform basiller ve *Acinetobacter* türleridir. Sağlıklı insanların yaklaşık %20'sinin derisinde *Clostridium perfringens* izole edilmiştir. *Candida* gibi mantarlar da derinin özellikle nemli kıvrım bölgelerinde bulunmaktadır.

Üst Solunum Yolu Florası: Burun florası içerisinde *S. aureus* ve koagülaz-negatif stafilokoklar, *Corynebacterium*, *Peptostreptococcus* ve *Fusobacterium* türleri yaygın yer alırlar. Burunda diğer mikroorganizmalarda sıkça görülebilmekle birlikte bunlar daha çok geçici flora olarak bulunurlar. Burunda *S. aureus* taşıyıcılığı %20-30 dur. Nazofarinksin mikrobiyal popülasyonu daha kompleksdir ve *Streptococcus* ve *Neisseria* türlerinin baskınlığı söz konusudur. *S. pneumoniae* insanların yaklaşık yarısında üst solunum yollarında bulunmaktadır. *Streptococcus salivarius* ve *Streptococcus parasanguis* sık izole edilen türlerdir. Yine *N. meningitidis*'i de içeren 12 *Nesseria* türü ile *Moraxella catarrhalis* ve *Kingella* gibi Gram negatif kokobasiller de bulunur.

Ağız Florası: Ağız boşluğu değişik türde birçok mikroorganizmanın yerleşmesi için uygun bir ortamdır. Ağız florası aeroplardan, zor üreyen anaeroplara, mantarlara, virüslere ve protozoolara kadar birçok mikroorganizma sınıfından oluşmaktadır. Bu organizmaların çoğu nispeten zararsızdır, fakat bazıları normal ve immünitesi baskılanmış kişilerde lokal ve sistemik hastalıklar meydana getiren önemli patojenlerdir.

Ağız-yutak florasında da Gram-pozitif ve Gram-negatif koklar baskın olarak bulunmaktadır. En sık bulunan anaerobik bakteriler *Peptostreptococcus*, *Veillonella*, *Actinomyces* ve *Fusobacterium* türleri iken, en sık görülen fakültatif anaerobik/aerobik bakteriler ise *Streptococcus* ve *Neisseria* türleridir. İnsanların %20'sinde *S.aureus*'un kolonizasyonu belirlenmiş olsa da, stafilokokların nispeten az miktarda oldukları söylenebilir. Özellikle viridans streptokoklar olmak üzere streptokoklar daha fazla miktarda bulunur. Bulunan diğer gram pozitif basiller *Actinobacillus*, *Corynebacterium*, *Eubacterium*, *Lactobacillus* ve *Propionibacterium*'dır. Baskın olarak bulunan gram-negatif basiller ise *Fusobacterium* ve *Bacteroides*, gibi anaeroplardır. *Enterobacteriaceae* ve *Pseudomonas* türleri ve *Acinetobacter* gibi non-fermentatif Gram-negatif basiller sağlıklı bireylerin ağız-yutaklarında sayıca az ya da geçici olarak yer alabilmektedir.

Ağız-yutak bölgesinin fungal kolonizasyonu mayalarla sınırlıdır. *Candida albicans* hemen hemen tüm bireylerde bulunmaktadır. Protozoalardan ise *Entamoeba gingivalis* ve *Trichomonas tenax* yer alır.

Göz Florası: Gözdeki predominant organizmalar difteroidler, neisseria ve hemofiluslara benzeyen Gram negatif basillerdir. Ayrıca non-hemolitik streptokoklar da sıklıkla bulunur. Göz göz kapağının mekanik etkisi, anti-bakteriyel litik enzimleri ve lizozimleri içeren normal sekresyonun yıkama etkisi ve normal flora tarafından üretilen inhibitör maddeler nedeni ile az sayıda bakteri içerir.

Kulak Florası: Dış kulak yolundan *S. pneumoniae*, *P. aeruginosa* ve Enterobacteriaceae familyasının üyeleri izole edilebilir. Bu mikroorganizmalar aynı zamanda bu bölgede hastalığa da neden olabilmektedirler. Orta ve iç kulak ise normalde sterilidir.

Ürogenital Sistem Florası: Ürogenital yollar çok sayıda laktobasil ve streptokok ile kolonizedir. *E. coli*, *Enterococcus* türleri ve *C. albicans* gibi fekal organizmalar da kolonize olabilir, fakat genellikle geçicidirler ve az sayıdadırlar. Ayrıca stafilkoklar, streptokoklar, enterokoklar, *Mycoplasma*, *Peptostreptococcus*, *Propionibacterium*, *Corynebacterium* enterobakteri ve çeşitli anaerobik bakterileri de içeren diğer birçok bakteri izole edilebilir.

Yukarıda verilen insan vucut bölgelerinde bulunan normal flora Tablo 3.2’de özetlenmiştir. Bu bilgilerden de anlaşıldığı üzere sağlıklı bir insan da, gıda maddeleri için çok önemli bir bulaşma kaynağı olabilir. Hele kişinin hastalıklı olması durumunda, bu organizmalara hastalık etmeni olan patojen mikroorganizmalar da eklenmektedir. Yine, işçilerin normal florasına (vücut veya giysi), gıda işçisinin alışkanlıklarına ve çevresine bağlı olarak hava, toprak, su vb. ortamlardan kaynaklanan bakteriler de katılabilmektedir.

Tablo 3.2. Sağlıklı Bir İnsanın Çeşitli Vucut Bölgelerinde Normal Olarak Yaygın Bulunan ve Gıda Mikrobiyolojisi Açısından Önem Taşıyan Mikrobiyal Cinsler

Vucut Bölgesi	Mikroorganizma Cinsi	Vucut Bölgesi	Mikroorganizma Cinsi	
Deri	<i>Staphylococcus</i>	Mide	<i>Lactobacillus</i>	
	<i>Propionibacterium</i>		<i>Streptococcus</i>	
	<i>Corynebacterium</i>		<i>Helicobacter pylori</i>	
	<i>Streptococcus</i>		<i>Mayalar(Candida spp.)</i>	
	<i>Peptococcus</i>		İnce Bağırsak	<i>Enterococci</i>
	<i>Candida</i>			<i>Lactobacilli</i>
Göz	<i>Staphylococcus</i>	<i>Corynebacteria</i>		
	<i>Corynebacterium</i>	<i>Candida</i>		
	<i>Streptococcus</i>	<i>Bacteriodes</i>		
	<i>Neisseria</i>	<i>Escherichia</i>		
		<i>Streptococcus</i>		
		<i>Peptostreptococcus</i>		
Üst Solunum Yolu	<i>Staphylococcus</i>	Kalın Bağırsak	<i>Escherichia</i>	
	<i>Corynebacterium</i>		<i>Klebsiella</i>	
	<i>Neisseria</i>		<i>Enterobacter</i>	
	<i>Micrococcus</i>		<i>Bacteriodes</i>	
	<i>Peptostreptococcus</i>		<i>Lactobacillus</i>	
	<i>Fusobacterium</i>		<i>Clostridium</i>	
Ağız Florası	<i>Streptococcus</i>	<i>Bifidobacterium</i>		
	<i>Neisseria</i>	<i>Enterococcus</i>		
	<i>Lactobacillus</i>	<i>Entamoeba</i>		
	<i>Bacteriodes</i>	Genital Sistem	<i>Staphylococcus</i>	
	<i>Actinomyces</i>		<i>Streptococcus</i>	
	<i>Spirochetes</i>		<i>Corynebacteria</i>	
	<i>Peptostreptococcus</i>		<i>Neisseria</i>	
	<i>Veillonella</i>		<i>Escherichia</i>	
	<i>Fusobacterium</i>		<i>Lactobacilli</i>	
	<i>Mayalar (Candida spp.)</i>		<i>Enterococci</i>	
	<i>Entamoeba gingivalis</i>		<i>Clostridium</i>	
<i>Trichomonas tenax</i>	<i>Candida</i>			

Gıda üretiminde ve taşınmasında işçilerden direk bulaşma; vücut organları, elbiseler, nefes, ter, öksürük veya gözyaşından kaynaklanmaktadır. Bu yüzden işletmelerde, işçi hijyen ve sanitasyonuna gösterilen dikkat, bu yolla bulaşan mikroorganizma çeşit ve sayısını da etkilemektedir. Gıda işletmelerinde sağlıklı, bilinçli ve eğitilmiş işçi çalıştırılıp, aşağıda maddeler halinde verilen kurallara uymaları sağlanmalıdır.

- Gıda maddeleri ile doğrudan temas eden bütün personelin portör muayeneleri düzenli olarak yapılmalıdır.
- Eller her zaman temiz, tırnaklar ojesiz ve kısa olmalıdır. Eller işe başlarken dezenfektanlı sıvı sabun ile yıkanmalıdır.
- Ellerde yara olmamalıdır. Ellerde bir yaralanma olması durumunda su geçirmeyecek şekilde mavi yara bandı ile kapatılmalı ve gıda ile temas olabilecek durumlarda mutlaka eldiven takılmalıdır.
- Gıdalar ile bulaşabilecek hastalığı olan, enfeksiyonlu veya açık yaralar taşıyan, bağırsak hastalıkları bulunan hiç kimse gıda maddelerine doğrudan veya dolaylı yollarla patojenik mikroorganizmaları bulaştırabilecekleri işlerde çalıştırılmamalıdır.
- Vücut temizliğine özen gösterilmeli, saçlar temiz olmalı, makyaj ve parfüm kullanımından kaçınılmalıdır.
- Nikah yüzükleri haricinde mücevherat takılmamalıdır.
- Erkek personel günlük olarak sakal tıraşı olmalıdır.
- Kıyafetler her zaman temiz olmalı, günlük kıyafetlerle asla çalışılmamalı, özel iş kıyafetleri giyilmelidir.
- Günlük kişisel kıyafetler, çantalar ve ayakkabılar soyunma odalarında bırakılmalıdır.
- Üretim alanlarında sigara , çay, kahve vb. içilmemeli, yemek yenmemelidir.
- Hastalıklar, mide bozuklukları, bağırsak rahatsızlıkları, cilt enfeksiyonları ve boğaz ağrısı olan işçiler bunu amirlerine bildirmelidir.
- Soyunma odaları düzenli ve temiz tutulmalıdır.

Tüm bu kurallara uyulmasını sağlamakla beraber işçilerin hijyen ve sanitasyon konusunda bilinçlendirilmesinin doğrudan bulaşma riskini azaltacağı unutulmamalı ve üzerinde dikkatle durulmalıdır.

1.6. Hayvan Yemleri

Et ve süt ürünleri gibi çeşitli hayvansal gıdalar hayvan yemlerinden bulaşmaya uğrayabilmektedir. Hayvan yemlerinin mikroorganizma içeriği; yemin çeşidine, görmüş olduğu işlemlere ve muhafaza durumlarına göre farklılıklar arz etmektedir. Ancak yemlerde birçok tür bakteri, küf ve mayalara rastlamak mümkün olabilmektedir. Yemlerde bulunan mikroorganizmaların en önemlilerinden bir kısmı da gıda zehirlenmelerine yol açan *Salmonella* ve *Aspergillus* gibi cinslerdir. Hayvan yemleri, kanatlı ve diğer çiftlik hayvanları için çok önemli bir *Salmonella* kaynağını oluşturur. Yine silaj yemler de süt ve et hayvanları için önemli bir *Listeria monocytogenes* kaynağı olabilmektedir.

1.7. Hayvan Deri, Post Tüy ve Kılları

Gıda maddeleri için hayvan deri, post, tüy ve kılları da çok önemli bir bulaşma kaynağını oluşturmaktadır. Hayvan deri ve kılları, çoğu kere hava, toprak, su, yem, bitkiler ve fekal artıklardan bulaşmış halde bulunmaktadır. Ancak sadece deri düşünüldüğü zaman kur ve salgılanan organik asitler dolayısı ile pH değerinin düşük olması nedeni ile bulaşan birçok mikroorganizmanın yerleşmesi için uygun bir ortam değildir. Bu nedenle insan ve hayvanların normal deri florası yaygın olarak *Staphylococcus*, *Corynebacterium* ve *Propionibacterium* gibi Gram pozitifleri içerir.

Hayvan deri ve kıllarında bulunabilen ve çok farklı cinsleri içerebilen flora üyeleri, ya doğrudan sağım sırasında süte, kesim esnasında ete ve buradan da, bunlardan hazırlanan ürünlere bulaşabilmekte, ya da havaya, işçi ellerine ve giysilerine bulaşmak suretiyle dolaylı olarak gıdalara bulaşabilmektedir. Ayrıca, bazı organizmalar kasaplık hayvanların lenf sistemlerine yerleşmekte ve kesimi takiben de buralardan kas dokularına geçebilmektedir.

1.8. Hava ve Toz

Havada bulunan mikroorganizmaların sayısını belirlemek basit mikrobiyal örnekleme yöntemleri ile yapılamaz. Bunun için özel örnekleme ekipmanlarına gerek duyulur. Bununla birlikte, petri kabına dökülmüş uygun besiyerlerinin kapağının belirli süre açık tutulması ile bir ortam havasının mikrobiyolojik kalitesi kalitatif olarak belirlenebilir. Bu şekilde bekletilmiş petrinin uygun şartlarda inkübasyonu sonucu büyük oranda önemli sayıda pigmentli koloniler içerdiği görülecektir. Hava öncelikle sporla çoğalan küflerin sporangiospor ve konidileri başta olmak üzere, çoğu bakteri ve bazı mayaları da içermektedir. Ancak, bu flora içerisinde patojen türlere çok fazla rastlanmamaktadır.

Hava kaynaklı küfler kuru toz parçacıklarına bağlı olarak ve rüzgar vasıtası ile yayılırlar. Bunlar içerisinde *Aspergillus* ve *Penicillium* sporları yaygın olarak bulunurlar. *Fusarium* gibi bazı fungi sporları ise havadaki su zerrelere bağlı olarak yayılırlar. Bu nedenle nemli havalarda oldukça önemli bulaşma etmenidirler. Gündüz nisbi rutubetin düşmesi ile *Cladosporium* gibi küflerin sporoforları kıvrılır-bükülür ve bu hareket sonucu sporlar koparak atmosfere karışır. Bu nedenle bazı yıllar özellikle gün ortasında *Cladosporium*'lar havadaki en yaygın sporlardır. Mayalardan ise *Torulopsis* cinsine fazlaca rastlanmaktadır.

Havanın bakteriyel florası büyük oranda Gram pozitif çubuk ve kok şeklindeki bakterilerden meydana gelmektedir. Bunlar havaya yakın zamanda karışmış insan ve hayvan kaynaklı veya su kaynaklı oluşan aerosoller ile karışmaktadır. Havada sıklıkla bulunan bakteriler pigment oluşturan *Micrococcus* ve *Corynebacterium* ile beyaz-krem koloni oluşturan *Bacillus* ve *Clostridium* cinslerine aittir. Yine *Streptomyces* cinsi de havada bulunabilmektedir. Pigmentli bakterilerin oluşturduğu pigmentler güneşin görünür ve ultraviyole ışınlarından korunmada, Gram pozitif bakterilerin de nisbeten basit ve kalın hücre duvarı kurumadan korunmada görev görmektedir. Yine *Bacillus*'ların endosporları ile *Streptomyces*'lerin konidileri havanın zararlarına karşı özellikle dayanıklı yapılardır. Gram negatif bakteriler ise bu etmenlere karşı daha hassastırlar.

Havaya açık olarak bırakılan besinlerin hava ve toz vasıtasıyla bulaşmaları her zaman için mümkündür. Ancak, günümüzde çoğu gıdaların ambalajlanarak saklanması ve piyasaya arz edilmesi bu kaynağın önemini giderek azaltmaktadır

2. Gıda Maddelerine Bulaşan Mikroorganizmaların Gelişmesini Etkileyen Faktörler

Gıda maddelerine değişik kaynaklardan bulaşan mikroorganizmaların bu gıda maddeleri üzerinde veya içerisinde faaliyet gösterip faydalı veya zararlı etkide bulunabilmesi veya yalnızca canlılığını devam ettirebilmesi değişik faktörlere bağlıdır. Bu faktörler iki grupta toplanabilmektedir. Bunlardan birincisi, gıda maddesinin doğrudan kendi yapısından kaynaklanan özelliklerdir ki, bunlara “iç faktörler”, ikincisi de gıda maddesinin bulunduğu ortam şartlarından kaynaklanan faktörlerdir ki, bunlara da “dış faktörler” denilmektedir. Mikroorganizmaların bulaşmış oldukları gıdalarda, gelişimini etkileyen bu faktörlerin bilinmesi, gıdaların muhafaza esaslarının ortaya konulması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu esastan hareketle, bu bölümde iç ve dış faktörler ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

2.1. İç Faktörler

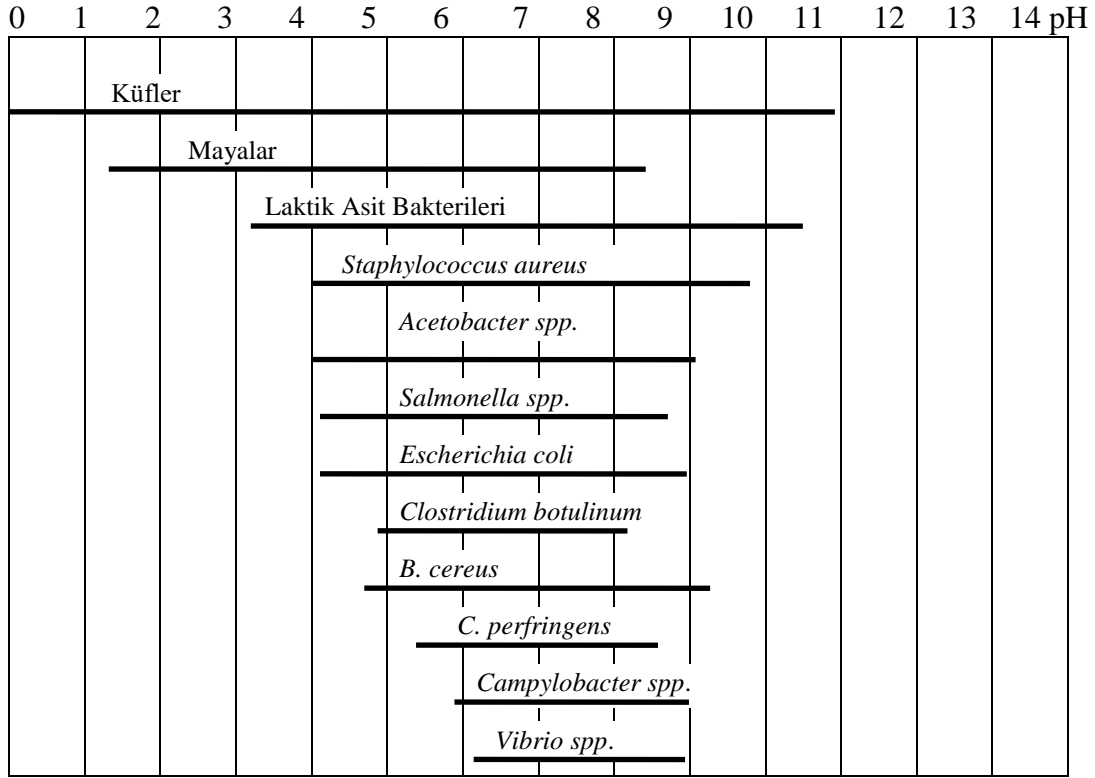
Gıdaları oluşturan bitki ve hayvan dokularının kendilerine ait karakteristikleri mikroorganizmaların gelişmesini etkileyen iç faktörleri oluşturmaktadır. İç faktörler; pH, su içeriği, oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, besin öğeleri içeriği, antimikrobiyal bileşikler içeriği ve gıda maddesinin biyolojik yapısıdır.

Gıda maddesinin hayvansal veya bitkisel kaynaklı oluşuna, taze veya işlenmiş oluşuna göre değişen bu faktörlerin mikrobiyal gelişme üzerine etkisi topyekün bir şekilde olmaktadır. Ancak, toplu etkiyi anlayabilmek için bu faktörleri ayrı ayrı incelemek daha faydalı olacaktır.

2.1.1. pH

pH bir ortamdaki hidrojen iyonları konsantrasyonunun veya hidrojen iyon aktivitesinin eksi logaritması olarak tanımlanır ve cam elektrotlar kullanılarak ölçülebilir. Su içinde $[H^+][OH^-]=10^{-14}$ olması nedeni ile pH 7 değeri nötral nokta olarak kabul edilir. Bunun altındaki ortamlar asidik, üstündeki ortamlar ise bazik olarak isimlendirilir. Enzimler gibi makromoleküllerin aktivitesi ve stabilitesi üzerine asidik ve bazik çevrenin önemli etkisi olması nedeniyle mikroorganizma metabolizması ve gelişmesi de bu şartlardan önemli ölçüde etkilenmektedir.

Gıdaların pH değerleri işleme ve muhafaza işlemleri sırasında mikrobiyal gelişimi etkileyen önemli birkaç faktörden birisini oluşturmaktadır. Genellikle en hızlı olarak; bakteriler 6.0-8.0 pH, mayalar 4.5-6.0 pH ve küfler de 3.5-4.0 pH aralığında gelişirler. Elbetteki bu değerlerin istisnaları bulunmaktadır. Örneğin enerji metabolizmaları sonucu asit üreten laktik ve asetik asit bakterilerinin optimum pH değeri 5.0-6.0 arasındadır. Çeşitli mikroorganizma grupları ile bazı bakteri türlerinin gelişebildiği minimum ve maksimum pH istemleri Şekil 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.1. Bazı gıda kaynaklı mikroorganizmaların gelişebildikleri yaklaşık pH aralığı

Şekil 3.1’de verilen bu değerleri kesin sınırlar olarak kabul etmek hatalı bir tutum olur. Çünkü, bu değerler gerçek ortamda bulunan diğer gelişme faktörlerinin etkisine bağlı olarak değişebilmektedir. Örneğin bazı laktik asit bakterilerinin gelişebildikleri bildirilen alt sınır değer, ortam pH’sını düşürmekte kullanılan asite göre farklılık göstermektedir. Sitrik, fosforik ve tartarik asit ile asitlendirmede laktik asit ve asetik asit ile asitlendirmeye göre daha düşük pH değerlerinde gelişme görülür. Yine 0.2 M NaCl varlığında *Alcaligenes faecalis*, NaCl yokluğuna veya 0.2 M sodyum sitrat varlığına göre daha geniş pH aralığında gelişme gösterebilir.

Çeşitli meyve, meşrubat, sirke ve şarapların pH değerleri bakterilerin normal olarak gelişebildikleri değerlerin altında bulunmaktadır. Bu ürünlerin uzun süre bozulmadan saklanabilmelerinde bu özellikleri önemli yer tutmaktadır. Meyvelerde genel olarak bozulmaya pH 3.5’in altında gelişme yeteneğinde olan maya ve küfler neden olurlar. pH <3.5 olması halinde çoğu gıda bozucu bakteri ile gıda kaynaklı patojen bakterilerin tümü gelişmemektedir. Et ve deniz ürünlerinde pH’nın 5.4 ve daha yukarı değerlerde oluşu, bunların bozulmasında asıl etmenin bakteriler olmasını açıklamaktadır. Aynı şekilde, sebzelerin de pH’sının meyvelere göre yüksek oluşu nedeniyle bunlarda da çoğu kere bakteriler (*Erwinia caratovora* ve *Pseudomonas* türleri) küflerden daha fazla bozulmaya neden olabilirler. Bilgi edinilmesi ve bir yorum getirilmesi açısından çeşitli gıdaların pH değerleri ve pH değerlerine göre sınıflandırılması ve bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmalar sırasıyla Tablo 3.3, 3.4 ve 3.5’de verilmiştir.

Et ve süt ürünlerinde, pH 5.1-6.2 arasında olması dolayısı ile, çeşitli bakteriler gelişebilir ve bozulmalara neden olabilirler. Yapılan araştırmalar kesimden sonra kaslarda glikojen oranı düşük olan karkas etlerinin (koyu kesim proplemi) daha çabuk bozulduğunu ortaya koymuştur. Bu, kesim sonrası kaslarda glikojen olmaması nedeni ile laktik asit birikimi olmaması ve etin pH’sının istenilen seviyede düşmemesine bağlanmaktadır. Yine balık etinin pH’sının (çoğu türler 6.2-6.5 pH) kırmızı ete (5.6 pH civarı) göre daha yüksek olması nedeni ile soğukta muhafazada daha kısa sürede bozulduğu bilinmektedir. Yine

balıklarda en önemli bozulma etmeni olan pH ya hassas *Shewenella* türlerinin etlerde bulunmaması da konunun anlaşılması açısından önemli bir veridir.

Tablo 3.3. Bazı Taze Meyve ve Sebzelerin Yaklaşık pH Değerleri

Ürün	pH Değeri	Ürün	pH Değeri
Sebzeler		Mısır (tatlı)	7.3
Fasulye	4.6-6.5	Kereviz	5.7-6.0
Patates	5.3-5.6	Zeytin	3.6-3.8
Domates	4.2-4.3	Turp	5.2-5.5
Ispanak	5.5-6.0		
Karnıbahar	5.6	Meyveler	
Patlıcan	4.5	Elma	2.9-3.3
Kıvırcık salata	6.0	Muz	4.5-4.7
Soğan (kırmızı)	5.3-5.8	İncir	4.6
Şeker Pancarı	4.2-4.4	Erik	2.8-4.6
Lahana	5.4-6.0	Karpuz	5.2-5.6
Havuç	4.9-5.2; 6.0	Üzüm	3.4-4.5
Kabak	5.0-5.4	Kavun	6.3-6.7
Kuşkonmaz	5.7-6.1	Greyfurt (suyu)	3.0
Brokkoli	6.5	Portakal (suyu)	3.6-4.3

Tablo 3.4. Bazı Süt, Et, Tavuk ve Su Ürünlerinin Yaklaşık pH Değerleri

Ürün	pH Değeri	Ürün	pH Değeri
Sütçülük Ürünleri		Balık ve Deniz Ürünleri	
Tereyağı	6.1-6.4	Balık (çoğu türler)	6.6-6.8
Krema	6.5	Ton Balığı	5.2-6.1
Süt	6.3-6.5	Salmon	6.1-6.3
Peynir	4.9-5.9		
Et Ürünleri		İstiridye	6.5
Sığır Kıyması	5.1-6.2	Midye	4.8-6.3
Dana Eti	6.0	Yengeç	7.0
Piliç Eti	6.2-6.4	Karides	6.8-7.0

Gıda maddelerinin fermentasyon veya bazı zayıf asitler ilavesi ile asitlendirilerek mikrobiyolojik stabilitelerinin artırılması ve böylece muhafaza sürelerinin uzatılması çok eski yıllardan beri uygulanan bir yöntemdir. Gıda maddelerinin pH'sının düşük olmasını sağlayan asitlerin gıda maddesinin yapısında var olması veya sonradan suni olarak ilave edilmesi veya da mikrobiyolojik faaliyet sonucu üretilip ortamda birikmiş olması, bu asitlerin gıdaların dayanma süreleri üzerindeki etkisini değiştirmemektedir. Yani fermente süt ürünleri, sauerkraut veya turşular gibi fermentasyon ile asitliği artırılan gıda maddelerinin dayanıklılıkları da artmaktadır. Çeşitli gıdaların dayanıklılığın artırılmasında, asitlendirme işleminin uygulanmasında, gıda bileşiminde bulunan proteinlerin tamponlama kapasitesine sahip oldukları hatırlanmalıdır. Genelde, et ürünleri sebzelere nazaran çok daha yüksek bir tamponlama kapasitesine sahiptir. Meyvelerin doğal olarak düşük pH değerlerine sahip olması, onların reproduktif organlarının çeşitli etmenlerden doğal şartlarda korunmasını sağlamaktadır.

Tablo 3.5. Çeşitli Gıdaların pH Değerlerine Göre İçerebilecekleri Bozulma Etmenleri

pH Aralığı	Gıda	pH Değeri	İlave Koruyucu Faktörler	Bozulma Etmeni Mikroorganizmalar
Düşük Asit 7.0- 5.5	Süt	7.0-6.8	Doğal Antimikrobiyaller	<i>Lactobacillus spp.</i> <i>Bacillus spp.</i> , <i>Micrococcus</i> , Koliformlar
	Karkas Et	7.0-5.4	Soğuk Depolama	<i>Acinetobacter</i> , <i>Moraxella</i> , <i>Pseudomonas</i>
	Kırmızı Et	6.2-5.4	Soğutma, Vakum Paketleme	<i>Lactobacillus spp.</i> <i>Brochothrix thermosphacta</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>
		6.6	Koyu Kesim Propemli Et	<i>Micrococcus</i> , <i>Bacillus spp.</i> , <i>Lactobacillus spp.</i> , <i>Enterobacteriaceae</i>
Orta Asit 5.3-4.5	Sebze Konserveleri	6.4-5.4	Isıl İşlem	Düz Ekşime Etmenleri, <i>Bacillus stearothermophilus</i>
	Karışık Sebze Konserveleri, Hazır Çorbalar		Isıl İşlem	Termofilik Anaeroblar, <i>Clostridium saccharolyticum</i> , Putrefaktif Anaeroblar
	Fermente Sebzeler	5.1-3.9	Zayıf Organik Asitler	<i>Leuconostoc</i> , Mayalar
	Hıyar Turşusu	7.0-4.5	Asetik Asit	Mayalar, Koliformlar, Laktik Asit Bakterileri
Asit 4.5-3.7	Mayonez, Domates, Meyveler	4.1-3.0 4.0		Mayalar, <i>Lactobacillus</i> , <i>Clostridium pasteurianum</i> <i>Bacillus coagulans</i>
	Kurutulmuş Meyveler	4.5	Düşük a_w , Kükürtleme	Küfler, Mayalar
Yüksek Asit < 3.7	Turşu Konserveleri, Meyve Suları, Sauerkraut	3.9-3.5 3.3-3.1	Isıl İşlem	Küfler, Mayalar, Laktik Asit Bakterileri Laktik Asit Bakterileri Mayalar
	Turunçgiller	3.5-3.0		<i>Penicillium spp.</i>

Gıda maddelerine katılan asitlerin mikrobiyal gelişmeyi sınırlandırıcı etkisi büyük oranda onların disosiyeye olmamış formları ile ilgilidir. Bu nedenle pKa değeri yüksek olan zayıf organik asitler, pKa değeri yüksek olan diğer asitlere göre mikrobiyal gelişmeyi önlemede daha büyük öneme sahiptirler. Çünkü disosiyeye olmamış asitler iyonların aksine hücre membranından serbestce geçebilirler ve yüksek pH değerine sahip sitoplazmada (~7.5 pH) hemen disosiyeye olarak pH'yı düşürürler. Hücre sitoplazma pH'sını sabit tutmak için nötralizasyon veya protonların hücre dışına atılması için çalışır. Bu işlem için enerji kullanılması nedeni ile hücre gelişimi yavaşlar veya durur. Eğer dış ortam pH değeri çok düşükse mikroorganizmanın yükü dahada artar ve hücre gelişmesi durur. Nihayet hücre ölür. Gıda maddelerinde bulunan bazı asitlerin pKa değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo3.6. Gıdalarda Yaygın Bulunan Bazı Asitlerin pKa Değerleri

Asit	pKa
Asetik	4.75
Propionik	4.87
Laktik	3.86
Sorbik	4.75
Sitrik	3.14, 4.77, 6,39
Benzoik	4.19
Fosforik	2.12, 7.12, 12.67
Karbonik	6.37, 10.25

2.1.2. Su

Her canlı gibi, mikroorganizmalar da gelişebilmeleri ve faaliyet gösterebilmeleri için öncelikle yeterli suya ihtiyaç duyarlar. Ortamda yeterli suyun bulunmaması mikroorganizma faaliyetini olumsuz olarak etkiler. Bu durum çok eski çağlardan beri mikroorganizma faaliyetine karşı gıda maddelerine dayanıklılık kazandırmakta kullanılmaktadır. Yani gıda maddesindeki su ya buharlaştırılıp uçurularak veya bir maddeye bağlanarak, onsuz çalışamayan mikroorganizmaların faaliyetleri engellenmektedir.

Önceleri mikroorganizmaların gıda maddelerinde faaliyet gösterebilecekleri su miktarı % olarak ifade edilip, kritik su oranı % olarak belirtilirken günümüzde daha çok su aktivitesi (a_w) tanımı kullanılmaya başlanmıştır. Su aktivitesi; bir gıda maddesinin su buharı basıncının, aynı sıcaklıktaki damıtık suyun buhar basıncına oranı olarak ifade edilip aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$a_w = P / P_o$$

P :Gıda maddesinde bulunan suyun oluşturduğu çözeltinin buhar basıncı
P_o :Damıtık suyun buhar basıncı

Su aktivitesi değeri nisbi rutubet (RH) ile de ilgilidir:

$$RH= 100 \times a_w$$

Saf suyun su aktivitesi 1'dir. Herhangi bir çözelti de ise, çözünen madde konsantrasyonu arttıkça çözeltinin a_w değeri 1'in altında olmak üzere 1'den uzaklaşmaktadır. Örnek olarak gıda maddelerinin hazırlanması ve muhafazasında en fazla kullanılan tuz ve şeker çözeltilerinin konsantrasyon değişimlerinin su aktivitesine etkileri Tablo 3.7'de sunulmuştur. Mikrobiyal açıdan olay şu şekilde yorumlanabilir. Mikroorganizma ancak serbest haldeki sudan faydalanabilmektedir. Suda çözünen madde miktarı arttıkça, serbest su molekülleri azalacak ve mikroorganizma artık bu bağlı sudan faydalanamayacaktır. Eğer ortamdaki tüm su molekülleri bağlanırsa artık o ortamda mikroorganizma gelişimi mümkün olmayacaktır. Buna göre su aktivitesi değeri, bir ortamda mikroorganizmaların faydalanabileceği suyun bulunma miktarını göstermektedir.

Tablo 3.7. Su Aktivitesi ile Tuz ve Şeker Konsantrasyonu Arasındaki İlişki

Su Aktivitesi (a_w)	Tuz Oranı		Sakkaroz Oranı	
	Mol / litre	% (w/v)	Mol / litre	% (w/v)
0.995	0.15	0.9	0.27	9.8
0.990	0.30	1.7	0.53	18.3
0.980	0.61	3.5	1.03	35.2
0.960	1.20	7	1.92	65.7
0.940	1.77	10	-	-
0.920	2.31	13	-	-
0.900	2.83	16	4.11	140.6
0.880	3.33	19	-	-
0.860	3.81	22	-	-

Mikroorganizmaların gelişebilmeleri için ihtiyaç duydukları a_w değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Gıda mikrobiyolojisi açısından önem taşıyan bazı mikroorganizmaların faaliyet gösterebildikleri en düşük su aktivite değerleri Tablo 3.8’de sunulmuştur.

Tablo 3.8. Gıdalarda Önemli Bazı Mikroorganizmaların Gelişmeleri İçin İhtiyaç Duydukları Minimum a_w Değerleri

Mikroorganizma	a_w	Mikroorganizma	a_w
Bazı Gruplar		Bazı Gruplar	
Çoğu Zararlı Bakteriler	0.9	Halofilik Bakteriler	0.75
Çoğu Zararlı Mayalar	0.88	Kserofilik Küfler	0.61
Çoğu Zararlı Küfler	0.80	Ozmofilik Mayalar	0.61
Spesifik Mikroorganizmalar		Spesifik Mikroorganizmalar	
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.93	<i>Clostridium botulinum tip E</i>	0.97
<i>Rhizopus nigricans</i>	0.93	<i>Pseudomonas spp.</i>	0.97
<i>Botrytis cineria</i>	0.93	<i>Acinetobacter spp.</i>	0.96
<i>Penicillium expansum</i>	0.83	<i>Escherichia coli</i>	0.94
<i>Penicillium islandicum</i>	0.83	<i>Bacillus subtilis</i>	0.95
<i>Penicillium viridicatum</i>	0.81	<i>Lactobacillus viridescens</i>	0.95
<i>Penicillium patulum</i>	0.81	<i>Salmonella spp.</i>	0.95
<i>Penicillium citrinum</i>	0.80	<i>Bacillus cereus</i>	0.95
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0.79	<i>Enterobacter aerogenes</i>	0.95
<i>Aspergillus citri</i>	0.84	<i>Clostridium perfringens</i>	0.95
<i>Aspergillus flavus</i>	0.78	<i>Pediococcus cerevisiae</i>	0.94
<i>Aspergillus niger</i>	0.78	<i>Brochothrix thermosphacta</i>	0.94
<i>Aspergillus versicolor</i>	0.78	<i>Clostridium botulinum tip A</i>	0.94
<i>Aspergillus ochraceus</i>	0.77	<i>Clostridium botulinum tip B</i>	0.94
<i>Aspergillus glaucus</i>	0.70	<i>Lactobacillus plantarum</i>	0.94
		<i>Listeria monocytogenes</i>	0.92
<i>Candida utilis</i>	0.94	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.90	<i>Bacillus stearothermophilus</i>	0.93
<i>Debaryomyces hansenii</i>	0.83	<i>Pseudomonas fragi</i>	0.91
<i>Saccharomyces bailii</i>	0.80	<i>Bacillus subtilis</i>	0.90
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.62	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86
<i>Xeromyces bisporus</i>	0.61	<i>Halobacterium halobium</i>	0.75

Genelde, Gram negatif bakteriler, Gram pozitif bakterilerden, toplu olarak bakterilerde maya ve küflerden daha yüksek su aktivitesine ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca, pH değerinde olduğu gibi, a_w değerinde de maya-küfler bakterilere göre daha geniş bir aralıkta çoğalabilmektedir. Bozulmalara neden olan birçok bakteri $a_w=0.91$ 'in altında çoğalamaz iken bozulma etmeni küfler $a_w=0.80$ 'de çoğalabilmektedir. Bakteriler içerisinde en düşük a_w değerinde gelişebilen bakteriler halofilik bakterilerdir ve $a_w=0.75$ 'i tolere edebilmektedirler. Bununla birlikte kserofilik (kuru şartları seven) küfler ile ozmofilik mayalar ise $a_w=0.61$ 'i tolere edebilmektedirler. Gıda zehirlenmelerine neden olan bakteriler ele alındığında sınır değerlerin *C. botulinum* için $a_w=0.94$, *S. aureus* için ise $a_w=0.86$ olduğu görülmektedir. Ancak, mikroorganizmaların sınır a_w değerleri üzerinde çeşitli faktörlerin etkili olduğu unutulmamalıdır. Bunlar ortamın pH'sı, sıcaklığı, oksijen miktarı ve besin öğeleri içeriğidir. Bu faktörler, mikroorganizma türü için ne kadar uygun olursa gelişme gösterilen a_w sınırları da o derece geniş olacaktır.

Bir gıda maddesinin su aktivitesi yalnızca onun içerdiği su miktarı ile ilişkili değil, aynı zamanda gıda maddesinin biyolojik yapısı ile de bağlantılıdır. Bu bakımdan aynı oran da su içeren 2 gıda maddesinin a_w değerleri birbirinden farklı olabilmektedir. Örneğin, %10-13 su içeren tahılların a_w değeri 0.65-0.75 iken %15-20 su içeren kuru meyvelerin a_w değerleri 0.60-0.65'dir. Su aktivitesi değeri aynı zamanda gıda maddesinin sıcaklığına bağlı olarak da değişmektedir. Donma noktasının altındaki sıcaklıklarda, sıcaklığın azalmasına paralel olarak azalmaktadır. Örnek olarak saf suyun donma derecesi altındaki sıcaklıklarda sahip olduğu a_w değerleri Tablo 3.9'da sunulmuştur.

Tablo 3.9. Saf Suyun Donma Derecesi Altındaki sıcaklıklarda Su Aktivitesi Değerlerindeki Değişim

Sıcaklık Derecesi (°C)	a_w Değeri	Sıcaklık Derecesi (°C)	a_w Değeri
-5	0.953	-15	0.864
-10	0.907	-20	0.823

Gıda mikrobiyolojisi açısından önemli olan, gıda maddesinin mikroorganizma faaliyeti yönünden kritik su miktarına ulaşmış olmasıdır. Gıda maddesi için kritik su oranı, o gıdada mikrobiyal faaliyetin başlaması için gerekli olan en düşük % su oranıdır. Buna eşdeğer su aktivitesi de kritik su aktivitesi olarak belirtilir.

Kritik su miktarı, süttozunda %8, yumurta tozunda %10-11, pirinçte %13-15, kuru baklagillerde %15, buğday unu için %13-15, kuru sebze için %14-20, nişasta için %18, ve kuru meyveler için % 18-25'tir. Yani yukarıda belirtilen gıda maddeleri verilen değerlerden fazla su içerirlerse her an mikrobiyolojik bozulmaya uğrayabilirler.

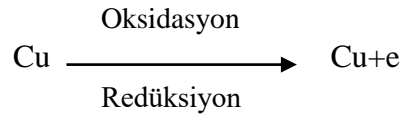
Tablo 3.10'da bazı gıdaların mikrofloralarını etkileyebilecek su aktivitesi değerleri mukayese edilmek üzere verilmiştir.

Tablo 3.10. Bazı Gıdaların Mikrofloralarını etkileyebilecek Su Aktivitesi Değerleri

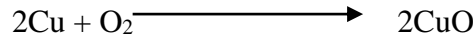
A_w	Gıdalar	Mikroorganizmalar
≥0.98	Taze et, balık, meyve ve sebzeler, süt ve çoğu içecekler, salamuralı sebze ve şuruplu meyve konserveleri	Gıda bozulma etkenlerinin çoğu ve gıda kökenli patojenlerin tümü gelişebilir
0.98-0.93	Pişmiş sosis, evapore süt, domates salçası, ekmek, bazı peynirler	<i>Salmonella</i> dahil <i>Enterobacteriaceae</i> bu aralıkta en üst düzeyde gelişebilir. Bozulma etkeni flora genellikle laktik asit bakterileridir.
0.93-0.85	Sucuklar, kurutulmuş sığır eti, şekerli, koyulaştırılmış süt,	<i>Staphylococcus aureus</i> ve birçok mikotoksin üreten küfler gelişebilir. Bu aralıkta mayalar ve küfler öncelikli bozulma etmenleridir.
0.85-0.60	Kurutulmuş meyve, un, tahıl, reçel ve jöleler, fındık, orta nemli gıdalar	Patojen olmayan bazı bakteriler gelişebilir. Kserofilik, ozmofilik ve halofilik mikroorganizmalar bozulma etmenleridir.
<0.60	Çikolata, bal, bisküvi, kraker, patates çipsi, çerez gıdalar, erişte, süttozu, yumurta tozu, kurutulmuş sebzeler	Mikroorganizmalar bu sınırdaki uzun süreler canlı kalabilirler, ancak çoğalamazlar.

2.1.3. Oksidasyon-Redüksiyon Potansiyeli

Mikroorganizmaların geliştikleri ortamın oksido-redüksiyon potansiyeline (O/R veya Eh) değişik derecelerde duyarlılık gösterdikleri uzun yıllardır bilinmektedir. Bir ortamın O/R potansiyeli, o ortamın elektron alma veya verme durumu ile belirlenmektedir. Elektron kaybeden Bir element veya bileşen yükseltgenirken, elektron alan ise indirgenmektedir.



Oksidasyon; aşağıdaki reaksiyonda görüldüğü üzere, ortama oksijen verilmesi ile de gerçekleştirilebilmektedir



Bundan dolayı, elektronlarını kolayca verebilen bir madde iyi bir indirgen, kolayca elektron alan madde ise iyi bir yükseltgen reaktif olmaktadır. Elektronların bir bileşikten diğerine geçişinde, iki bileşik arasında bir potansiyel fark oluşmakta ve bu fark uygun bir cihaz ile milivolt cinsinden ölçülebilmektedir. Fazlaca okside olan bileşik elektriksel potansiyel olarak daha fazla pozitif yüklü, daha ziyade indirgen olan bileşikte daha fazla negatif yüklü bir potansiyel kazanır. Bir ortamdaki yükseltgen ve indirgen konsantrasyonunun eşit olması durumunda elektriksel potansiyel sıfırdır. O/R potansiyeli E_h şeklinde sembolize edilir. Bir gıdanın O/R potansiyeli; içerdiği indirgen ve yükseltgen maddelere, gıdanın içinde bulunduğu atmosferdeki oksijenin kısmi basıncına, bu atmosferin gıdaya nüfuz edebilme durumuna ve gıdanın O/R potansiyelindeki değişime gösterdiği rezistansa yani "poising kapasitesine" bağlı bulunmaktadır. Çeşitli gıdaların E_h

değerleri ve gelişebilen mikroorganizmalar Şekil 3.2’de şematize edilmiştir. Gıdalar içerisinde bulunan bileşiklerden, SH grupları, askorbik asit ve indirgen şekerler önemli indirgen özelliğe sahip bileşiklerdir. O/R potansiyeli aşağıdaki şekilde formülize edilebilmektedir:

$$E_h = E_o + \frac{RT}{nF} \ln \frac{[\text{Oksitleyici Madde}]}{[\text{İndirgeyici Madde}]}$$

E_o : Standard Redoks Potansiyeli

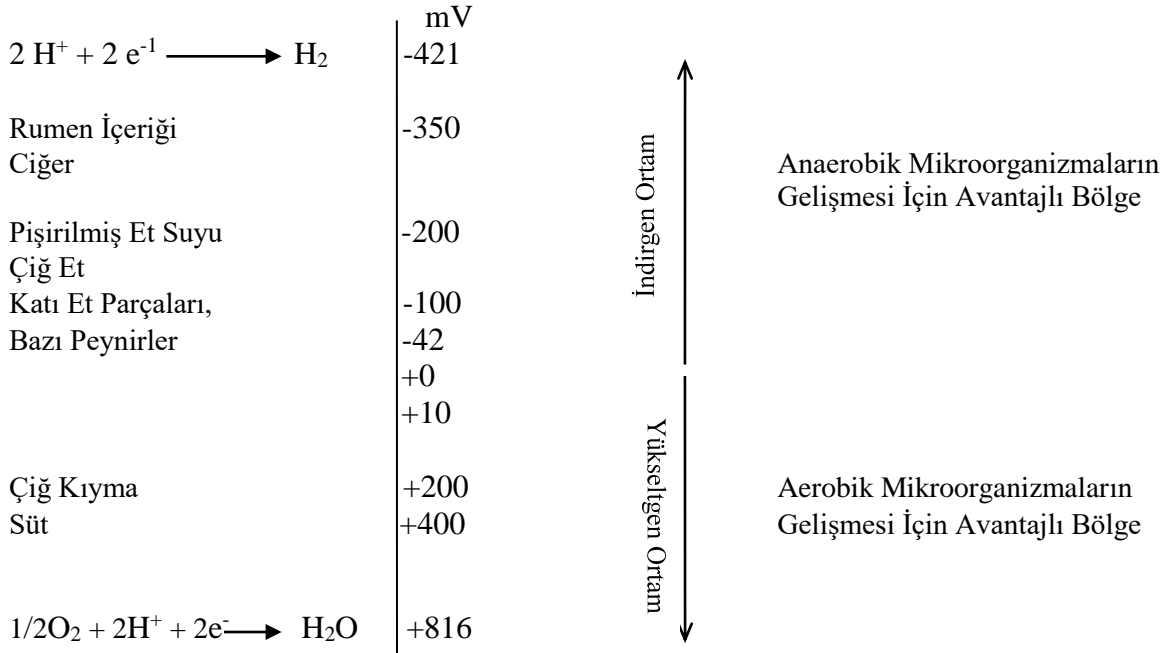
R : Molar Gaz Sabiti

T : Sıcaklık (°K)

F : Elektrik Miktarı (Faraday)

n : Reaksiyonda Aktarılan Elektron Sayısı

Mikroorganizmaların E_h ihtiyaçları dikkate alındığında bazı mikroorganizmalar çoğalmaları için oldukça indirgen bir ortam (E_h -200mV) isterken, bir kısmı ise çoğalmaları için pozitif bir E_h şartı istemektedir. Gıda maddelerinin sahip olduğu E_h değerlerini tartışacak olursak; bitkisel gıdaların, özellikle bitki sularının +300 ila +400 mV değerine sahip olduğunu söyleyebiliriz. Bu özellikleri dolayısı ile bu gıdalarda bozulmalara aerobik bakteriler ile küflerin sebep olabileceğini söylemek oldukça kolaydır. Hayvanın kesimi takiben +250mV olan E_h değeri depolama esnasında büyük parça etlerde -200mV civarına düşer, ancak etin kıyma yapılması ile bu değer tekrar +200mV civarına yükselir. Peynirlerde ise E_h değeri -20’den -200mV’a kadar değişebilmektedir.



Şekil 3.2. Bazı ortam ve gıdaların E_h değerleri ve bu şartlarda gelişebilen mikroorganizmaların şematik gösterimi

Aerob mikroorganizmalar gelişmek için pozitif E_h değerine (yükseltgenmiş) gereksinim duyarken, **anaerob** mikroorganizmalar gelişebilmeleri için negatif E_h değerine (indirgenmiş) ihtiyaç duyarlar (Tablo 3.11). Birincisine *Bacillus* cinsi örnek verilebilirken, ikincisine *Clostridium* cinsi örnek olarak gösterilebilir. Bazı aerobik bakteriler hafif indirgenmiş şartlar altında daha iyi gelişirler ki bunlara “**mikroaerofilik**”

mikroorganizmalar denilmektedir. Bunlara da laktobasiller ve streptokoklar örnek gösterilebilir. Bazı bakteriler ise, hem aerobik hem de anaerobik şartlarda gelişebilirler ki bunlar “**fakültatif anaerobik**” bakteriler olarak isimlendirilmektedir. Gıdalarda bulunan küflerin büyük çoğunluğu aerob olmakla birlikte, içlerinde anaerob olanlarda bulunmaktadır.

Tablo 3.11. Bazı Bakteri Türlerinde Gelişme İle Ortamın E_h Değeri Arasındaki İlişki

Bakteri Grubu	Bakteri Türü	Gelişmenin Başlayabilmesi İçin En Yüksek ve Büyüme Sırasında Oluşabilen Sınır E_h Değerleri (mV)		
Aerobik	<i>Bacillus subtilis</i>	+135	-----	-100
	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	+500	-----	+100
Fakültatif Anaerobik	<i>Staphylococcus aureus</i>	+180	-----	-230
	<i>Proteus vulgaris</i>	+150	-----	-600
Anaerobik	<i>Clostridium perfringens</i>	+216	-----	-330
	<i>C. parapatrificum</i>	-30	-----	-550

2.1.4. Besin Öğeleri İçeriği

Gıdalarda bulunan mikroorganizmaların faaliyetleri, gıda maddesinin bileşiminde bulunan ve aynı zamanda mikroorganizmalar için de besin ögesi olarak görev yapan bileşenlerce de belirlenmektedir. Mikroorganizmalar için besin ögesi olarak kullanılan bileşenler aşağıda maddeler halinde verilmiştir.

1. Su
2. Enerji kaynağı
3. Azot kaynağı
4. Vitaminler ve gelişme faktörleri
5. Mineraller

Bu bileşenlerden suyun önemi ve mikroorganizmalar üzerindeki etkisi bir önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Mikroorganizmaların gıda maddelerindeki faaliyetlerini sınırlayan veya yönlendiren bir diğer bileşen enerji sağlayıcı maddelerdir.

Genel mikrobiyoloji derslerinden bilindiği üzere, mikroorganizmalar **heterotrof** veya **ototrof** beslenme tiplerine sahiptirler. Ototrof mikroorganizmalar, gıda maddeleri açısından çok fazla önem taşımazlar. Gıda maddelerinde yaygın olarak bulunabilen ve bunlarda çeşitli değişimlere yol açan mikroorganizmalar heterotrof karakterli olanlardır. Bu özellikteki mikroorganizmalar, enerji kaynağı olarak organik maddeleri kullanırlar ve bunların başında da karbonhidratlar gelmektedir. Karbonhidratlar içerisinde ise özellikle glukoz, fruktoz ve galaktoz gibi monosakkaritler, sakkaroz ve laktoz gibi disakkaritler ve rafinoz gibi trisakkaritler çoğu mikroorganizmalarca kolaylıkla kullanılabilir. Az sayıda da olsa, bazı mikroorganizmalar nişasta ve selüloz gibi polisakkaritlerden de faydalanabilirler. Bunlardan faydalanılabilen mikroorganizma sayısını sınırlayan faktör; çoğunlukla bu büyük moleküllu bileşikler, yapıtaşları olan basit şekerlere parçalayabilecek enzim sistemine sahip bulunmayışlarıdır. Mikroorganizmalardan bir bölümü karbonhidratlardan başka bazı alkoller, organik asitleri, bazı hidrokarbonları, aminoasitleri ve yağları da enerji temini için değerlendirme kabiliyetine sahiptirler.

Mikroorganizmalar hücre sentezi için gerekli C'nu da değişik kaynaklardan sağlayabilirler. Ototrof mikroorganizmalar bunun için atmosferdeki CO₂'i kullanabilir iken, heterotrof olanlar organik bileşiklere ihtiyaç duyarlar. Karbon kaynağı olarak, organik bileşiklerden hangisinin öncelikle değerlendirileceği de mikroorganizma cins ve türüne göre değişir. Örneğin mayalar öncelikle şekerleri, bakteriler ise azotlu bileşikleri tercih ederler. Enerji kaynağı olma açısından hemen tüm gıda maddeleri mikroorganizmalar için uygun ortam sağlarlar.

Heterotrof mikroorganizmalar tarafından azot kaynağı olarak kullanılan temel bileşik amino asitlerdir. Ancak, bazı mikroorganizmalar bunun yanı sıra peptit, protein, çeşitli amonyum tuzları, üre, purin ve pirimidin bazlarından da faydalanabilirler. Hatta *Rhizobium* ve *Azotobacter* gibi bazı bakteriler atmosferdeki mineral azotu dahi değerlendirebilirler. Ancak şu konu unutulmamalıdır ki, mikroorganizmalar tüm bu azotlu bileşiklerden aynı anda faydalanmazlar. Ortamda o mikroorganizma tarafından kullanılması daha kolay olan küçük molekülü bileşikler var iken, daha büyük molekülü bileşiklere dokunulmaz. Proteinler gibi büyük molekülü bileşikler, ancak, ortamda basit bileşikler kalmadığı zaman parçalanmaya uğrar.

Proteinleri parçalama yeteneğine sahip mikroorganizmalar **proteolitik** mikroorganizmalar olarak isimlendirilirler. Küfler genelde kuvvetli proteolitik aktiviteye sahip iken, mayalar ve bakterilerden pek az tür bu aktiviteye sahiptir. Proteolitik karakterli olmayan türler proteinleri azot kaynağı olarak kullanamazlar. Proteolitik karakterli bakteriler genellikle nötr pH'da gelişme gösterirler. Bu nedenle yüksek karbonhidrat içeren gıdalarda enerji kaynağı olarak bunlar kullanılıp pH'da düşme meydana geleceği için genellikle proteolitik bakteriler bozulma etmeni değillerdir. Bundan dolayı et gibi karbonhidratı düşük, pH değeri yüksek gıdalar proteolitik bozulmaya daha çok uğrarlar.

Bazı mikroorganizmalar gelişme ve çoğalmaları için gerekli amino asitleri sentezleyebilirlerken, diğer bazıları belirli amino asitlere gelişmiş canlılar gibi hazır olarak ihtiyaç duyarlar. Bu sentez olayında, ortamda bulunan ve mikroorganizma tarafından faydalanılabilen N kaynakları kullanılır. Ayrıca, mikroorganizmalar azot kaynaklarından karbon veya enerji ihtiyaçlarını karşılamak için de faydalanabilirler. Günlük yaşantımızda kullandığımız gıda maddelerinin hemen tümü bu bileşikler bakımından mikroorganizmaların ihtiyacını karşılayacak özelliktedir.

Gıda maddelerinde bulunan ve mikrobiyal faaliyeti etkileyen 4. bileşen ise vitaminler ve gelişme faktörleridir. Genel olarak vitamin istekleri bakımından sentezleme sistemleri en yetersiz olan mikroorganizma grubu Gram pozitif bakterilerdir. Gram negatif bakteriler ile küfler gereksinimlerinin çoğunu sentezleme kabiliyetine sahiptirler. Bu nitelikleri dolayısı ile B vitaminince fakir ürünlerde genellikle Gram negatif bakteriler ile küfler önem taşırlar.

Bu bileşenler içerisinde en yaygın ihtiyaç duyulanı B kompleksi vitaminlerdir. B vitaminleri içerisinde de mikroorganizmalar için en önemli gelişme faktörü olan tiamin yani B₁ vitaminidir. B₁ vitamini dekarboksilaz ve transferaz ile diğer bazı enzimlerin kofaktörü olarak görev yapmaktadır. Bazı mikroorganizmalar B₁ vitaminine bir bütün olarak ihtiyaç duyarken, bir kısmı vitaminin belli bir bölümünü sentezleyebilmektedirler. B₂ vitamini de (riboflavin) özellikle flavin koenzimi olarak önem taşımaktadır. Bazı bakteriler, özellikle de laktik asit bakteriler için gelişme faktörüdür.

B₆ vitamini (pyridoxin, pyridoxal veya pridoxamin) *S. cerevisiae* türü maya ve bazı bakteriler için önemli gelişme faktörüdür. Amino asit dekarboksilasyonunda rol alan

transaminaz enziminde yapıtaşı olarak rol oynamaktadır. Aynı şekilde biyotin bazı maya ve bakteri türleri için gerekli gelişme faktörüdür ve deaminasyon, dekarboksilasyon ve glukoz oksidasyonunda rol oynar. Son olarak nikotin amid vitamini de çoğu mikroorganizmanın aerob ortamda gelişebilmesi için gereklidir ve coenzim NAD ve NADP'nin yapı taşıdır. Bunlardan başka bazı mikroorganizmalar için siyanokobalamin (B12), mezoinozit, folik asit ve pantotenik asit de ayrı ayrı gelişme faktörü olarak rol oynayabilmektedirler.

Mineral maddeler; mikroorganizmaların gelişip çoğalabilmeleri için ortamda bulunmasına ihtiyaç duydukları bir diğer besin ögesidir. Ancak, bunların ortamda bulunma formları da önemlidir ve mikrobiyal faaliyeti etkilemektedir. Genellikle mikroorganizmalar mineral maddelerin tuzlarından faydalanabilmektedirler. Mineral maddeler kullanış miktar ve durumuna göre makroelementler ve mikroelementler (izelementler) olarak iki grupta incelenmektedir.

Makroelementler fazla miktarda ihtiyaç duyulan elementlerdir. Bunlar önem sırasına göre fosfor, potasyum, kükürt, magnezyum, kalsiyum ve sodyum olarak belirtilebilir. Fosfor, ATP, nükleik asit, sitoplazma zarı ve hücre duvarının yapı taşı olarak görev üstlendiği gibi, bazı enzimlerin yapısına katılması dolayısı ile hücrede cereyan eden biyokimyasal olaylarda da önemli rol oynamaktadır. Potasyum, hücre suyunun ayarlanması, karbonhidrat metabolizmasında yeralan fosfatların taşınmasını gerçekleştiren enzimlerin aktifleştirilmesi ve sitoplazma zarının görevini yapmasını sağlamaktadır. Kükürt, proteinlerin yapısında sülfid köprülerini oluşturması, CoA'da olduğu gibi birçok enzimin yapısında bulunması gibi önemli görevler üstlenmektedir.

Magnezyum, çok sayıda enzimin aktifleştiricisi, ribozom ve nükleik asitlerin stabilizasyonu gibi görevleri yapmaktadır. Ancak, ortamda fazla bulunması toksik etkili olabilmektedir. Kalsiyum, özellikle endospor oluşumunda ve endosporun ısıya dayanıklılığında faktördür. Sodyumun görevi ise, henüz tam olarak açıklığa kavuşturulamamıştır. Mikroorganizmalar bu bileşiklerden fosfatı, kükürtü ve magnezyumu genelde anorganik bileşiklerden sağlamaktadırlar. Fakat bazıları fosfat ve kükürt için organik bileşiklere de ihtiyaç duyabilmektedirler.

İz elementler ise mikroorganizmaların çok az ihtiyaç duydukları maddelerdir. Bunlar demir, bakır, çinko, mangan, molibden, kobalt ve bor olarak sıralanabilir. Bunların önemleri, hücredeki enzimlerin oluşumu veya aktivasyonu için gerekliliklerinden kaynaklanmaktadır. Örneğin demir, stokrom, katalaz, oksidaz; bakır, tirozinaz ve askorbik asit oksidazı aktifleştirmektedir. Yine, fosfataz, transfosfataz, bazı peptidazlar ve keto asiti dekarboksilazlar da izelementlerce aktifleştirilen diğer enzimlerdir.

Gerek makroelementler, gerekse de izelementler gıda maddelerinde çoğunlukla mikroorganizmaların ihtiyacını karşılayacak düzeyde bulunmaktadır.

2.1.5. Antimikrobiyal Bileşikler İçeriği

Bazı gıda maddeleri, bileşimlerinde bulunan çeşitli antimikrobiyal bileşenler ile mikroorganizma gelişimini olumsuz olarak etkileyebilirler. Bu tür bileşikler gıda maddelerinde bulunuşlarına göre 4 gruba ayrılabilirler.

a) Gıdalarda doğal olarak bulunanlar

- b) Bilinçli olarak katılan veya çeşitli yollar ile bulaşanlar
- c) Mikroorganizma faaliyeti sonucu oluşanlar
- d) İşleme yöntemi dolayısı ile oluşanlar.

Doğal olarak bulunan antimikrobiyal bileşikler bakımdan daha ziyade hayvansal kaynaklı gıdalar önem taşımaktadır. Örneğin yumurta akında bulunan lizozim enzimi hücre duvarı yapısını bozarak özellikle Gram pozitif bakterilerin gelişimini etkiler iken, yine yumurta akında bulunan avidin, biyotini bağlayarak hücre gelişimini olumsuz etkilemektedir. Taze sütlerde laktenin ve antikoliform faktörü gibi 2 antimikrobiyal bileşik bulunmaktadır. Yine çiğ sütlerde oluşan laktoperoksidaz sistemi bazı streptokokların gelişimine karşı etkili olmaktadır. Yine, çeşitli baharatlarda bulunan uçucu yağlarda benzer şekilde etkiye sahiptir(sarımsakta allisin; tarçın ve karanfilde ojenol; kekikte timol, kavrakrol). Çeşitli meyve sebzeler, çay ve diğer bazı bitkisel kaynaklar da içerebildikleri hydroxycinnamic asit derivatları vasıtası ile antibakteriyel ve antifungal aktivite gösterebilmektedir.

Gıdaların mikrobiyolojik stabilitesini artırmak için katılan bazı organik asitler veya tuzları, antibiyotikler de doğal olarak mikrobiyal gelişmeyi engellemektedir (Bölüm 7’de ayrıntılı olarak tartışılmıştır). Ayrıca, hayvanlarda hastalıkların tedavisinde kullanılan antibiyotiklerde süt, yumurta gibi ürünlere geçerek bunlardan elde edilen ürünlere mikrobiyal gelişmeyi sınırlandırabilmektedir.

Bazı mikroorganizmalar gelişmeleri sırasında diğer mikroorganizmaların gelişimini engelleyici asitler, alkoller, peroksitler ve antibiyotikler üretmektedirler. Bu metabolitlerin gıda içerisinde birikmesi, diğer organizmaların faaliyetini engellemektedir. Örneğin, propiyonik asit bakterilerince İsviçre Tip Peynirde oluşturulan propiyonik asit, bu üründe küflerin gelişmesini engellemektedir. Yine *Lactococcus lactis* tarafından oluşturulan nisin de bazı Gram pozitif bakterilerin gelişimini inhibe edebilmektedir.

Gıdalara üretimleri esnasında uygulanan ısı işlemler sırasında da bazı inhibitör bileşikler oluşabilenkte veya bazı vitaminler tahrip olmaktadır. Bu durum hassas mikroorganizmaların gelişimini engelleyebilmektedir. Örneğin şekerli gıdaların ısıtılması sırasında oluşan furfurool ve hidroksimetil furfurool gibi bileşikler mikroorganizmalara karşı inhibitör etki gösterebilmektedir.

2.1.6. Gıda Maddesinin Biyolojik Yapısı

Bir çok meyvenin üzerinde tabi olarak bulunan kabuk tabakası zararlı mikroorganizmaların meyvenin içerisine girmesini ve bozulmaya neden olmasını mükemmel bir şekilde önleyebilmektedir. Bu kabuk tabakasına, tahıl danelerindeki testa tabakası, meyve kabukları, hayvan derisi ve yumurta kabuğu çok güzel örneklerdir. Sert kabuklu ürünlere bulaşma noktası meyvenin bitkiye bağlandığı noktadaki veziküler sistem kalıntısıdır. Ortam şartlarının uygun olması durumunda küfler bu bölgeye yerleşip, çoğalırlarken veziküler kanaldan geçip kabuk içerisindeki meyveye ulaşabilirler. Yumurta da kabuk ve zarı çatlamadığı ve uygun rutubet, sıcaklık şartlarında saklandığı takdirde, mikroorganizmaların içeriye girişini engelleyebilmektedir.

Meyve ve sebzelerde de önemli bir koruyucu tabaka olan kabuğun zedelenmesi veya tahrip olması durumunda, sağlamlara oranla çok hızlı bir şekilde bozulma meydana gelmektedir. Yine balık derisi de mikrobiyal bozulmaya karşı ürünün dayanıklılığını sağlayan önemli bir organdır.

Gıda maddelerinde mikrobiyal faaliyeti yukarıda anlatılan 6 iç faktör kombine şekilde etkilemektedir. Bu faktörlerden gıda maddesinde hangisinin ve hangi etkinlik düzeyinde bulunduğu, onda gelişmesi muhtemel mikrobiyal florayı ve gelişme hızını etkilemektedir. Bu yüzden, gıda maddelerinin genel bileşimi ve yapısının bilinmesi, gıdanın muhtemel bozulmalara karşı direnci ile depolama ve transportta nelere dikkat etmemiz gerektiği hakkında karar vermeye imkan tanımaktadır.

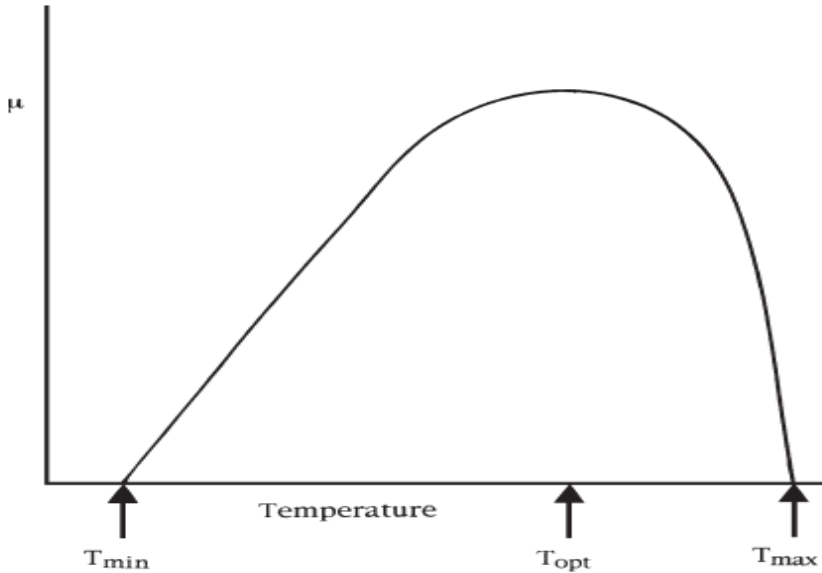
2.2. Dış Faktörler

Gıdalar üzerinde bulunan mikroorganizmaların faaliyeti bunların bulunduğu veya korunduğu çevre şartları ile de etkilenmektedir. Bu çevre şartları ise “**dış faktörler**” olarak isimlendirilmektedir. Mikrobiyal açıdan büyük önem taşıyan dış faktörler şunlardır:

1. Çevre Sıcaklığı
2. Çevre Bağıl Nemi
3. Çevre Atmosferinin Bileşimi ve Çeşitli Gaz Konsantrasyonu

2.2.1. Çevre Sıcaklığı

Mikroorganizmalar çok geniş sıcaklık aralığında gelişebilen cins ve türleri içermektedirler (Şekil 3.3). Gıda maddeleri üzerinde gelişebilen mikroorganizmaların optimum ve sınır gelişme sıcaklıklarının bilinmesi, farklı gıda maddelerinin depolama sıcaklığının seçiminde önemli bilgiler sunmaktadır.



Şekil 3.3. Mikroorganizmaların gelişimi üzerine süre ve sıcaklığın etkisi.

Mikroorganizmaların çok azının da olsa gelişebildikleri minimum sıcaklık -34°C , maximum sıcaklık ise 90°C olarak bildirilmektedir. Bu sıcaklık aralığı içerisinde mikroorganizmalar sıcaklık istemlerine göre psikrotrof, psikrofil, mezofil ve termofil olarak 4 temel grup altında sınıflandırılırlar. Bu grupların minimum, maximum ve optimum gelişme sıcaklıkları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12. Mikroorganizmaların Gelişme Sıcaklık İstemlerine Göre Temel Sınıflandırılması ve Sıcaklık İstemleri

Gruplar	Sıcaklık (°C)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Psikrotrof	-5 - +5	25 - 30	30 - 35
Psikrofil	-5 - +5	12 - 15	15 - 20
Mezofil	5 - 15	30 - 45	35 - 47
Termofil	40 - 45	55 - 75	60 - 90

Gıda mikrobiyolojisi açısından önemli olan ve daha önceki bölümde de kısaca özellikleri belirtilen bakterilerden psikrotrof olanlar; *Alcaligenes*, *Corynebacterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Enterococcus*, *Shewenella* ve *Psychrobacter* cinslerinin bazı üyeleridir. Bu bakteriler buzdolabı sıcaklığında gelişerek özellikle et, balık, tavuk ve yumurta gibi hayvansal gıdalarla, diğer soğukta saklanan gıdalarda bozulmalara neden olurlar. Bu tip mikroorganizmaların sayısı için Standart Plate Agara ekim yapılır. Bu tür gıdalardan yapılan ekimlerde, genelde 7°C'de 7 gün inkübasyon sonucu petri plaklarında elde edilen sayı, 30°C ve daha yukarıdaki sıcaklıklarda inkübe edilen petri plaklarındakinden daha yüksek bulunur.

Buzdolabı sıcaklığında tutulan gıdalar üzerinde mezofil gruptan da çok sayıda mikroorganizma bulunabilmekle birlikte, bunlar düşük sıcaklıkta gelişemeyecekleri için bir sorun oluşturmazlar. Ancak, gıdalar, bunların gelişme sınırları içerisindeki sıcaklık derecelerinde saklanırsa gelişerek bozulmalara neden olurlar. Bazı mikroorganizmalar ise çok geniş bir sıcaklık aralığında, 0°C'den 30°C'ye kadar çoğalabilirler. Buna tipik bir örnek *Enterococcus faecalis*'tir.

Gıdaların bozulmasında önemli çoğu termofilik bakteriler *Clostridium* ve *Bacillus* cinsi üyeleridir. Bu cinslerin sadece birkaç türü termofilik olmakla beraber, özellikle konserve gıdalarda tehlikeli sonuçlar meydana getirebilecekleri unutulmamalıdır.

Funguslardan küfler çok geniş pH, ozmotik basınç ve besiyeri ortamlarında gelişebildikleri gibi, oldukça geniş sıcaklık aralığında da gelişebilirler. Birçok tür buzdolabı sıcaklığında gelişerek gıdaların bozulmasına yol açabilir. Bunlar arasında *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium* ve *Thamnidium* cinsleri vardır. Bu cinse ait türler buzdolabında saklanan et, yumurta ve meyvelerde bozulmaya neden olabilirler. Mayalar ise, psikrofilik ve mezofilik olarak gelişmekle birlikte, termofil olarak gelişemezler. Psikrofil olarak gelişebilen en dikkat çekici maya cinsi *Candida*'dır.

Farklı gıda maddelerinde bulunan mikroorganizma türleri bunların bileşim ve kaynağına göre az çok değişmektedir. Bu durum gıda maddesinin bozulmadan muhafazasında önemli rol oynamakta ve depolama sıcaklıklarının belirlenmesinde dikkate alınmaktadır. Ancak, depolama sıcaklığı seçilirken sadece mikrobiyal faaliyeti dikkate almak hatalı bir uygulama olacaktır. Depolama sıcaklığı seçiminde, seçilen sıcaklıkta gıda maddesinin diğer kalite kriterlerinin de olumsuz etkilenmemesi gerekmektedir.

Mikrobiyal açıdan tüm gıdaların buzdolabı sıcaklığı veya daha altındaki sıcaklıklarda saklanması daha iyi gibi gözükürken, diğer kriterler de dikkate alındığında her zaman böyle olmadığı görülmektedir. Örneğin; muz 13-17°C'de 5-7°C'den daha kaliteli ve uzun süre depolanabilir. Patates, kereviz, lahana ve birçok sebze için uygun depolama sıcaklığı 10°C civarındadır. Depolamada, kalitenin muhafazasının sıcaklık ile birlikte büyük ölçüde

ortamın nisbi rutubetine ve gaz atmosferine (CO₂, N₂ ve O₃ gibi) bağlı olduğu da gözden kaçırılmamalıdır.

2.2.2. Çevre Nisbi Rutubeti (Bağlı Nemi)

Gıda maddesinin depolandığı ortamın nisbi rutubeti (RH), o gıda maddesinin su aktivitesini (a_w) etkilemesi ve yüzeyde gelişmeye imkan tanıması açısından dikkate alınmalıdır. Eğer bir gıda maddesi, mikrobiyal faaliyet engellenmek için 0.60'ın altında a_w değerine kurutulmuş ise, depolama şartlarında nisbi rutubetin bu oranı artıracak düzeyde olmaması sağlanmalıdır. Eğer a_w değeri düşük gıdalar, RH değeri yüksek ortamlarda saklanacak olurlar ise, gıda ile çevre arasında denge oluşuncaya kadar gıda maddesi çevreden nem alır. Bu nedenle a_w değeri yükselir ve mikrobiyal faaliyet başlar. Aynı şekilde, a_w değeri yüksek gıdalarda RH değeri düşük bir ortamda tutulurlarsa su kaybeder ve kuruyarak kalite kaybına uğrarlar. Özellikle uzun süreli depolanacak ürünlerde bu durum göz önüne alınmalıdır.

Küfler, mayalar ve bazı bakteriler tarafından yüzeysel gelişmeler ile bozulan gıdalar düşük RH değerine sahip ortamlarda depolanmalıdır. Uygun ambalajlanmamış kanatlı karkasları ile parça kırmızı etler, buzdolabında iç kısımlarından daha önce dış kısımlarında bozulmaya maruz kalırlar. Tabii olarak bu durumdan sorumlu olan en önemli etken buzdolabı ortamında RH'nin yüksek ve etlerde bozulma oluşturan floranın genelde aerob karakterli oluşudur.

Gıdaların depolanması için uygun RH değeri seçilirken, hem mikroorganizmaların yüzeysel gelişmeleri, hem de gıdalarda korunmak istenen kalite dikkate alınmalıdır. Bağlı nemin düşürülmesi mümkün olmadığı durumlarda gıdayı çevreleyen atmosferin gaz bileşimi değiştirilerek mikrobiyal faaliyet engellenme yoluna gidilmelidir.

2.2.3. Çevre Atmosferinin Bileşimi ve Çeşitli Gaz Konsantrasyonu

Birçok gıda maddesinde bozulmaya yol açan bakterilerin önemli bir kısmı aerob karakterlidir. Ayrıca, taze meyve ve sebzeler yeterli oksijen varlığında solunum ve metabolik olaylarını yavaşta olsa sürdürürler. Eğer ortamdaki havada bulunan oksijen miktarı düşürülecek olursa, hem mikrobiyal faaliyet, hem de tabii solunum faaliyeti düşürülebilir ve gıda maddesinin daha uzun süre depolanması mümkün olur. İşte bu kabulden hareketle bugün gıdaların kontrollü atmosfer şartlarında depolanması çalışmaları önem taşımakta ve uygulama yaygınlaşmaktadır. Bu amaçla en yaygın olarak CO₂ ortamı kullanılmaktadır. CO₂ tüm mikroorganizmalar üzerine aynı etkide bulunmaz. Küfler ve aerob Gram negatif bakteriler çok hassas iken, Gram pozitifler, kısmende laktobasiller, daha dayanıklıdır. *Brettanomyces sp.* gibi bazı mayalar çok dayanıklıdır ve gazlı içeceklerde baskın florayı oluştururlar. Gelişmenin inhibisyonu aerobik şartlarda ve düşük sıcaklıklarda daha yüksektir. Bazı mikroorganizmalar CO₂ atmosferinde uzun sürede ölmekle birlikte etki genellikle bakteriostatiktir.

Gıda maddelerinin %10'a kadar CO₂ içeren atmosferde depolanmasına "kontrollü atmosfer" veya modifiye atmosfer şartlarında depolama denmektedir. Modifiye atmosferin bitkisel gıdaların depolanmasındaki etkisi 1917 yılından beri bilinmekte ve 1928 yılından beri de çeşitli ülkelerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle de elma ve armut gibi meyvelerin depolanmasında yaygındır. Genellikle CO₂ konsantrasyonu %10'u geçmemekte ve gerekli CO₂ ya mekanik yolla veya kuru buzdan (katı CO₂)

sağlanmaktadır. Karbondioksitin özellikle küfler üzerine etkili olduğu saptanmış ve meyvelerde küflerin neden olduğu birçok çürüme olayı bu yöntemle engellenmiştir. % 15-80 arasındaki CO₂ konsantrasyonu birçok küf maya ve bakterinin gelişimini inhibe etmektedir. Daha düşük konsantrasyonlar ise gelişmeyi teşvik edici etkide bulunabilmektedir. Meyvelerin muhafaza süresinin uzamasında solunumlarının sınırlandırılması dolayısı ile doğal korunma mekanizmalarından daha uzun süre ve etkin faydalanılmasının önemli rol oynadığı kabul edilmektedir.

Özellikle 1980'li yıllarla birlikte etlerin muhafaza süresinin uzatılmasında da CO₂ atmosferi söz konusu olmuştur. Özellikle bu yıllarda, taze et ve et ürünlerinin depolanmasında değişik oranlardaki CO₂, N₂ ve O₂ karışımları denenmiştir. Yapılan bir çalışmada sığır pirzolarının soğukta depolanması sırasında %10 CO₂, %5 O₂ ve %85 N₂ gaz karışımı diğer kombinasyonlara göre daha iyi sonuç vermiştir. Sığır rosto etlerinin muhafazasında %50 CO₂ ve %50 hava depolama süresini oldukça uzatmıştır. Çeşitli balıkların depolanmasında %20-80 CO₂ atmosferi, normal şartlara göre depolama süresini daha da uzatmıştır. Karides gibi ürünlerin muhafazasında %100 CO₂ atmosferi total mikrobiyal çoğalmayı önemli ölçüde düşürmüştür. Benzeri araştırmalara halen devam edilmektedir. Ancak, günümüzde yönelim vakum paketlemeye kaymıştır. Etlerde bulunan Gram negatif bakteriler CO₂'e karşı Gram pozitif bakterilerden ve anaeroblardan çok daha hassastırlar.

Gıdaların depolandığı çevreye ozon (O₃) gazı verilmesinin de bazı gıdalarda koruyucu etkide bulunduğu anlaşılmıştır. Bu gaz birkaç ppm seviyesinde, bazı gıda maddelerinde uygulanmış ve zararlı mikroorganizmalara karşı etkili bulunduğu saptanmıştır. Ancak, ozon güçlü bir oksitleyici ajandır. Bu nedenle, ransidite artışına sebep olacağı için yüksek lipid içeren gıda maddelerinin depolanmasında kullanılamayacağı bilinmelidir.