

Gıdalarda Mikroorganizma Gelişmesini Etkileyen Faktörler¹

Kamuran Ayhan

Ankara Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü

01. Genel Bilgiler
02. İç Faktörler
 - 02.01. pH
 - 02.02. Su aktivitesi (A_s)
 - 02.03. Oksidasyon-Redüksiyon (O/R) Potansiyeli
 - 02.04. Besin Maddeleri
 - 02.05. Antimikrobik bileşikler
 - 02.06. Biyolojik yapılar
03. Dış Faktörler
 - 03.01. Depolama sıcaklığı
 - 03.02. Çevrenin bağıl nemi
 - 03.03. Çevrede bulunan gazlar ve konsantrasyonları

01. Genel Bilgiler

Mikroorganizmalar gıdalarda olumlu veya olumsuz pek çok değişime neden olurlar. Gıdalar bitki ve hayvan kökenli olmaları nedeniyle bitki ve hayvan dokularında mikroorganizmaların gelişmelerine etki edecek faktörlerin irdelenmesi önem taşımaktadır. Gıda kaynağı olarak kullanılan bitki ve hayvan dokularının doğal yapılarında mikroorganizmaların gelişmesini engelleyecek koruma sistemleri vardır. Taze gıdalarda bu koruma sistemlerinden bazıları etkinliklerini devam ettirir. Bu doğal olaylar dikkate alınarak, gıdaların ve bunlardan elde edilen ürünlerin mikrobiyolojik bozulmalarının önlenmesinde veya geciktirilmesinde bu parametreler tek tek veya birlikte kullanılabilir. Gıdalarda mikrobiyel gelişmeyi engelleyen bu faktörler iki gruba ayrılır:

02. İç Faktörler

02.01. pH

Mikroorganizmaların gelişimini ve aktivitesini belirleyen önemli faktörlerden biri pH' dır. Bazı mikroorganizmalar pH=4,0' ün altında gelişmekle birlikte büyük bir kısmı en iyi pH=7,0 (6,6-7,5) civarında gelişmektedir. Patojen bakteriler başta olmak üzere bakteriler, pH bakımından küf ve mayalara göre daha seçicidirler. Mikroorganizmaların minimum ve maksimum pH değerleri ile ilgili olarak belirtilen rakamlar tablo 1' de verilmiştir. Bu değerler diğer gelişme parametrelerine bağlı olarak değişebildiğinden kesin sınırlar şeklinde algılanmamalıdır. Örneğin; bazı laktobasillerin gelişebildikleri sınırlar kullanılan aside bağlı olarak değişmektedir. Buna göre; sitrik, hidroklorik, fosforik ve tartarik asitler, asetik ve laktik aside göre daha düşük pH'da gelişmeyi sağlamaktadır. Yapılan bir araştırmayla

¹ Kaynak : **Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, 2000. Genişletilmiş 2. Baskı; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü yayını. Sim Matbaası, Ankara 522 s** 02. Bölüm, 02. kısım

Alcaligenes faecalis 'in 0,2 M NaCl varlığında, NaCl içermeyen veya 0,2 M sodyum sitrat içeren ortamdakine göre daha geniş pH aralığında gelişebildiği gösterilmiştir.

Tablo 1. Bazı mikroorganizmaların gelişebildikleri yaklaşık pH değerleri

Mikroorganizma	Minimum	Optimum	Maksimum
Bakteri	4,5	6,5-7,5	9,0
Küf	1,5-3,5	4,5-6,8	9,0-11,0
Maya	1,5-3,5	4,0-6,5	8,0-8,5

Tablo 2 incelenecek olursa meyve, alkolsüz içki, sirke ve şarabın pH değerlerinin bakterilerin gelişebildikleri pH değerinin altında olduğu görülür. Bu ürünlerin uzun süre bozulmadan saklanmalarının nedeni büyük oranda pH değerlerine bağlıdır. Küf ve mayaların pH=3,5'in altında gelişmeleri sonucunda meyvelerde genel olarak mikrobiyel bozulmaya bu organizmalar neden olur. Çünkü bu değer gıda bozulmalarına yol açan pek çok bakteri ile gıda zehirlenmesine neden olan tüm bakterilerin minimum pH değerlerinin oldukça altındadır (Tablo 3).

Tablo 2. Bazı gıdaların yaklaşık pH değerleri

Ürün	pH	Ürün	pH
<u>Sebzeler</u>		<u>Et ve Tavuk etleri</u>	
Fasulye	4,-6,5	Sığır (Kıyma)	5,1-6,2
Pancar	4,2-4,4	Dana	6,0
Lahana	5,4-6,0	Tavuk eti	6,2-6,4
Havuç	4,9-5,2;6,0	<u>Balık ve Deniz ürünleri</u>	
Karnabahar	5,6	Balık (Çoğunlukla)	6,6-6,8
Patlıcan	4,5	İstiridye	6,5
Kereviz	5,7-6,0	Midye	4,8-6,3
Mısır(Tatlı)	7,3	Ton Balığı	5,2-6,1
Kıvırcık salata	6,0	Karides	6,8-7,0
Patates	5,3-5,6	<u>Süt Ürünleri</u>	
Domates	4,2-4,3	Tereyağı	6,1-6,4
Ispanak	5,5-6,0	Süt	6,3-6,5
Soğan(Kırmızı)	5,3-5,8	Krema	6,5
Maydanoz	5,7-6,0	Yoğurt	3,8-4,1
Kabak	4,8-5,2	Peynir	4,9-6,1
<u>Meyveler</u>		<u>Yumurta</u>	
Elma	2,9-3,3	Akı	7,6-9,5
Elma (suyu)	3,6-3,8	Sarımsı	6,0-6,3
Muz	4,5-4,7	Bal	6,0-6,8
İncir	4,6	Ekmek	5,0-6,0
Greyfurt (suyu)	3,0	Mayonez	3,8-4,0
Kavun	6,3-6,7	Şaraplar	3,0-4,0
Portakal (suyu)	3,6-4,3	Sirke	4,0-4,5
Erik	2,8-4,6		
Karpuz	5,2-5,6		
Üzüm	3,4-4,5		

Et ve deniz ürünlerinin pH'sı 5,6 ve daha yüksek olduğundan bu gıdalarda küf ve mayalar kadar bakteriler de bozulmaya neden olmaktadır. Aynı şekilde pek çok sebzenin pH' sı meyvelerden daha yüksektir ve bu nedenle sebzelerde bakteriyel bozulma söz konusudur. Etlerin muhafazası ile ilgili olarak, yorgun hayvanlardan elde edilen etlerin dinlenmiş

hayvanlardan elde edilen etlere göre daha süratle bozulduğu ve bunun rigor mortisin tamamlanması ile ulaşılan son pH ile direk ilintili olduğu bilinmektedir. İyi dinlenmiş besi hayvanının ölümü ile vücutta depolanan glikojenin % 1'i laktik aside çevrilir ve hayvanın tipine bağlı olarak pH değeri 7,4'den 5,6'ya kadar düşer. Yapılan araştırmalar sonucunda sığır eti için rigor mortisten sonra pH değerinin en düşük 5,1 ve en yüksek ise 6,2 olduğu saptanmıştır. Aynı değerler kuzu etleri için 5,4-6,7, domuz etleri için 5,3-6,9 olduğu ve bu değerlerin belirli koşullarda pH 5,0' a kadar düştüğü bildirilmiştir.

Tablo 3. Bazı gıda kaynaklı bakterilerin gelişimi için gerekli pH değerleri

Bakteriler	pH	Bakteriler	pH
<i>Aeromonas hydrophila</i>	6,0	<i>Listeria monocytogenes</i>	4,1
<i>Alicyclobacillus acidocaldarius</i>	2,0	<i>Plesiomonas shigelloides</i>	4,5
<i>Bacillus cereus</i>	4,9	<i>Pseudomonas fragi</i>	5,0
<i>Clostridium botulinum</i> , Grup 1	4,6	<i>Salmonella</i> spp.	4,05
<i>Clostridium botulinum</i> , Grup 2	5,0	<i>Shewanella putrefaciens</i>	5,4
<i>Clostridium perfringens</i>	5,0	<i>Shigella flexneri</i>	5,5
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	4,5	<i>Shigella sonnei</i>	5,0
<i>Gluconobacter</i> spp.	3,6	<i>Staphylococcus aureus</i>	4,0
<i>Lactobacillus brevis</i>	3,16	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	4,8
<i>Lactobacillus plantarum</i>	3,34	<i>Yersinia enterocolitica</i>	4,18
<i>Lactococcus lactis</i>	4,3		

Bazı gıdalar doğal asitlikleri ile karakterize edilirken, diğer bazı gıdaların asitlikleri mikroorganizma faaliyeti sonucunda meydana gelir. Bu tip gıdalara fermente süt ürünleri, sucuk, turşu ve zeytin örnek verilebilir ve bu durumda asidin kaynağı ne olursa olsun gıdaların dayanma sürelerine etkisi aynıdır. Bazı gıdalar pH' daki değişimlere diğerlerinden daha dirençlidirler. Gıdaların pH değişimlerine direnç gösterme eğilimi tamponlanma olarak adlandırılır. Genellikle etler sebzelere göre daha iyi tamponlanmıştır. Gıdaların tamponlanma kapasitesi bileşimindeki maddelere bağlıdır. Etler içerdikleri çeşitli proteinlerden dolayı iyi tamponlanmışlardır. Sebzeler düşük oranda protein içerdiklerinden mikroorganizma gelişmesi sonucu oluşan pH değişimlerine karşı koyacak tamponlanma kapasitesinden yoksundurlar.

Gıdaların doğal asitliği, mikroorganizmaların yıkımına karşı bitki veya hayvan dokularının doğal bir korunma yolu olarak düşünülebilir. Meyvelerin pH değerlerinin bozulmalara neden olan pek çok mikroorganizmanın gereksinimlerinden daha düşük olması ilginçtir. Meyvenin biyolojik görevi, bitkinin tekrar üreyebileceği tohumun korunmasıdır. Bu nedenle, meyvenin bugünkü evriminde şüphesiz oldukça önemlidir. Buna karşın, düşük pH' lı gıdalarda da *Clostridium botulinum* gibi 4,6 pH' nın altında aktivite göstermeyen organizmalar gelişebilirler veya *Staphylococcus aureus* küflerin asiditeyi düşürmesi sonucu peynir gibi ürünlerde gelişme gösterebilir.

02.02. Su aktivitesi (A_s)

Yeryüzünün 2/3' ü su ile kaplıdır. İnsan vücudunda ise su içeriği yaşa ve cinsiyete göre %42 ile %71 arasında değişir. Çocukların vücudunun su oranı yüksektir ve yaş ilerledikçe suyun yerini yağ almaya başlar. Yetişkin bireylerde vücudun ortalama olarak %59' u sudur. Bunun %60' ı hücre içinde, %40' ı hücre dışı sıvılarda yer almaktadır. Gıdalarda da protein, CHO, yağ, vitamin ve minerallerin yanı sıra su büyük önem taşımaktadır.

Gıdalardaki su, gıdanın yapısına bağılı olarak biyokimyasal ve mikrobiyolojik bir çok tepkimelerde rol almaktadır. Gıdalardaki suyun niteliğini belirlemede sorbsiyon izotermi ve su aktivitesi gibi faktörler önem taşımaktadır.

Su içeriğinin kontrolü ile gıdaların korunması prensibi en eski yöntemlerden biridir. Güneşte kurutma, tuz veya şeker ilavesi gibi işlemlerle su aktivitesi azaltılarak raf ömrü uzatılabilmekteydi. Buna karşın, bu olayın fiziksel ve kimyasal esası 1950' lere kadar anlaşılammıştı. Daha sonra, su aktivitesi kavramı; gıdadaki suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncına oranı veya gıdaların atmosferden aldığı veya verdiği suyun nispi nem dengesinin 1/100' i şeklinde tanımlanmıştır. Sonraki yıllarda su aktivitesi kavramı önemli moment kazanmış ve reaksiyonların kimyasal kinetikleri, kullanılan su bağlayıcı tiplerin etkisi, pH, sıcaklık, koruyucular gibi diğer parametrelerin su aktivitesi üzerine etkisi ile ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır. Gıdalardaki su aktivitesinin hesaplanmasında genel olarak;

Su aktivitesi ($A_s = a_w = S_a$) = (P/P_0) = (bağılı nem/100) Bu formülde ;

P: Gıdadaki suyun buhar basıncı

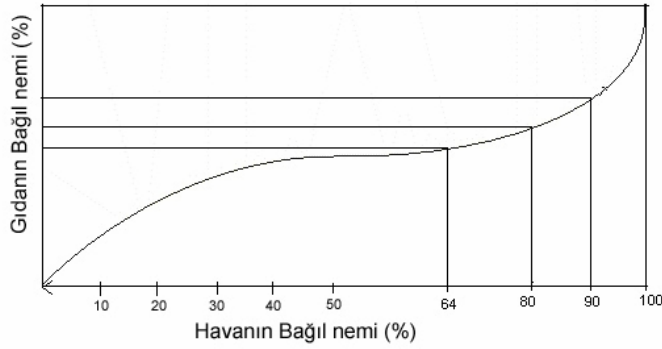
P_0 : Aynı sıcaklıktaki saf suyun buhar basıncı

Bağılı nem: Gıdaların atmosferden aldığı veya verdiği suyun nispi nem dengesi

Gıda maddesindeki suyun buhar basıncının (P) değişmesine neden olan her faktör su aktivitesinin de değişmesine neden olmaktadır. Örneğin kuru maddenin artışı su aktivitesinin azalmasına neden olmaktadır.

Gıda içerisinde bulunan suyun bir kısmı protein, şeker, yağ gibi maddelere bağılı olarak bulunurken bir kısmı serbest haldedir. Bağılı su bazı araştırmacılar tarafından çok düşük sıcaklıklarda bile donmayan suyun miktarı olarak açıklanmaktadır. Genel olarak hücre suyunun %5-10 kadarı donmadan kalır. Ancak belli bir sıcaklıktan sonra donan su miktarı azalır. Bunun nedeni gıdanın pek çok bileşeninin çözülmüş durumda olmasıdır.

Genel olarak gıdalar, farklı nem içeriğine sahip ortamlarda saklandığında kendi su aktivitesine bağılı olarak nem çekerler veya su kaybederler. Su aktivitesi (A_s) çevrenin neminden düşüğe ürün nem çeker, tersi söz konusu olduğunda ise su kaybeder. Belli bir sıcaklıkta %80 bağılı nem içeren atmosferde tutulan gıda maddesinin nemi %20' ye ulaşarak dengeye erişir. Gıdanın nemi %20' den düşük ise(kurutulmuşsa) nem çekerek %20'ye ulaşır, nemi %20'den yüksek ise kendini çevreleyen havaya nem vererek nemi %20'ye düşer. Buna göre, gıdanın %80 bağılı nemli ortamda daima %20 su içerdiği denge neminin %20 olduğu anlaşılmalıdır. Bir gıda maddesi %80 bağılı nemli atmosferde %20 su içerdiğinde dengede kalıyorsa $A_s = 0,80$ ' dir, yani havanın denge neminin 100'e oranıdır. Gıdanın %15 su içermesi durumunda $A_s = 0,64$ olmaktadır. Saf suyun su aktivitesi 1,0 olduğuna göre gıda maddelerindeki su miktarı arttıkça su aktivite değeri yükselerek 1,0'e yaklaşır (Şekil 1).



Şekil 1. Gıdanın nemi (%) ile havanın bağıl nemi (%) arasındaki ilişkiyi gösteren sorbsiyon izotermi

Bazı mikroorganizmalar için spesifik su aktivitesi değerleri Tablo 4' de verilmiştir. Genelde bakteriler küflerden, gram negatifler de gram pozitiflerden daha yüksek su aktivitesine gereksinim duyarlar. Tablodan da anlaşılacağı gibi pek çok bozulma yapan bakteri 0,91' in altındaki su aktivitesinde gelişemezken bozulma yapan küfler 0,80 su aktivitesinde gelişebilmektedir. Gıda zehirlenmesine neden olan bakterilerden *S.aureus* 'un gelişmesi için gereken minimum su aktivitesi düzeyi 0,86 iken *C. botulinum* 0,94' ün altında gelişemez.

Tablo 4. Bazı mikroorganizmaların gelişmesi için gerekli olan minimum su aktivitesi değerleri

Mikroorganizmalar	A_s	Mikroorganizmalar	A_s
<i>Escherichia coli</i>	0,960	<i>Bacillus subtilis</i>	0,950
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0,945	<i>Staphylococcus aureus</i>	0,860
<i>Clostridium botulinum</i>	0,930	<i>Lactococcus lactis</i> subsp.lactis	0,950
<i>Lactobacillus helveticus</i>	0,970	<i>Listeria monocytogenes</i>	0,940
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0,670	<i>Bacillus thermosphacta</i>	0,934
<i>Pseudomonas fluorescenes</i>	0,945	<i>Enterobacter faecalis</i>	0,941
<i>Moraxella/Acinetobacter sp.</i>	0,990	<i>Clostridium perfringens</i>	0,970
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,920	<i>Bacillus cereus</i>	0,920
<i>Clostridium sporogenes</i>	0,945	<i>Streptococcus thermophilus</i>	0,985
<i>Lactococcus lactis</i>	0,965	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,970
<i>Lactobacillus plantarum</i>	0,945	<i>Bacillus megaterium</i>	0,945
<i>Serratia marcescens</i>	0,943	<i>Klebsiella aerogenes</i>	0,940
<i>Micrococcus lysodeikticus</i>	0,930	<i>Sarcina luteus</i>	0,920
Bozulma yapan bakteriler	0,90	Halofilik bakteriler	0,75
Bozulma yapan mayalar	0,88	Kseorofilik küfler	0,61
Bozulma yapan küfler	0,80	Ozmofilik mayalar	0,61

Taze gıdaların pek çoğunun A_s ' si 0,99'un üzerindedir. Tablo 5 'de bazı gıdaların su içerikleri, su aktiviteleri ve bozulma yapan mikroorganizmalar liste halinde verilmiştir. Pek çok taze gıdada su aktivitesi 0,99'un üzerindedir. Asit üretimi, sporların çimlenmesi ve mikrobiyel gelişme için minimum su aktivitesi değerleri su aktivitesini düzenlemek için kullanılan su tutucu maddelerin tipinden etkilenmektedir.

Gıdalara katılan su tutucu maddeler mineral tuzlar (peynirde NaCl), organik asitler (laktik asit), mono-, di-, ve oligopolisakkaritler (sukroz ve laktoz), alkoller ve polialkoller (hamurda gliserol ve sorbitol), proteinler ve protein türevleri (peynirde amino asitler) ile lipitler ve lipit türevleri (yağ asitleri, fosfolipitler, emülsifiye ediciler ve emülsiyonlar) olabilir.

Sporulasyon ve sporun çimlenmesi :

Çeşitli mikroorganizmalarda spor oluşumu ve sporun çimlenmesi üzerine su aktivitesinin etkisi, su aktivitesini düşürmek için kullanılan maddelerle A_s ' nin kendisinin mikroorganizmanın spor oluşturma oranına etkisi sonucunda meydana gelmektedir.

Tablo 5. Su aktivitesi, bozulma yapan mikroorganizmalar ve bazı gıdaların su aktivite değerleri

A_s dağılımı	A_s sınırlarının alt hududunda gelişmesi engellenen mikroorganizmalar	İçerdiği nem oranı belirtilen su aktivitesi ile dengede olan gıdalar
1,00-0,95	Gram(-) çubuklar; bakteri sporları; bazı küfler, <i>C. botulinum</i> TipE, <i>P. fluorescens</i> 0,97; <i>Shigella</i> , <i>Klebsiella</i> 0,96; <i>Salmonella</i> , <i>E. coli</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>B. cereus</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>C. botulinum</i> TipA, <i>C. Perfringens</i> 0,95	Pişirilmiş sosisler, ekmek ve yaklaşık %40 (Ağ/Ağ) sakkaroz ya da %7 (Ağ/Ağ) tuz içeren gıdalar, taze etler, taze sebze ve meyveler, tavuk, balık, peynirler
0,95-0,91	Kokların çoğu, laktobasiller, vejetatif basil hücreleri, bazı küfler, <i>Vibrio parahaemolyticus</i> , <i>Enterobacter aerogenes</i> , <i>C. botulinum</i> TipB, <i>Microbacterium</i> 0,94; <i>B. stearethermophilus</i> , <i>Rhizopus nigricans</i> 0,93; <i>Rhodotorula</i> 0,92	Salam, eski (olgun) peynir, yaklaşık %55 (Ağ/Ağ) sakkaroz içeren gıdalar, %12 NaCl içeren gıdalar, orta olgunlukta peynirler,kekler
0,91-0,87	Mayaların çoğu, <i>Bacillus subtilis</i> 0,90; <i>Streptococcus</i> 0,89; <i>Candida</i> 0,88; <i>Debaryomyces</i> 0,87	Yaklaşık %65 (Ağ/Ağ) sakkaroz veya %15 (Ağ/Ağ) NaCl içeren gıdalar Salam, olgun peynirler(beyaz peynir hariç)
0,87-0,80	Küflerin çoğu, <i>S. aureus</i> 0,86; <i>Penicillium islandicum</i> 0,83; <i>P. expansum</i> ve <i>P. patulum</i> 0,81	%15-17 su içeren gıdalar, un, pirinç, baklagil, şekerle koyulaştırılmış ürünler
0,80-0,75	Halofilik bakterilerin çoğu, <i>Penicillium chrysogenum</i> 0,79; <i>A. flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. versicolor</i> 0,78; <i>A. ochraceus</i> 0,77; <i>Halobacterium halobium</i> 0,75	Yaklaşık %26 NaCl tuz içeren gıdalar, acı badem kurabiyesi, reçel ve marmelatlar, melas ve bazı kurutulmuş meyveler
0,75-0,65	Kserofilik küfler, <i>Chrysosporium fastidium</i> 0,69	%10-13 su içeren hububat, çikolatalı şekerler
0,65-0,60	Ozmofilik mayalar	%15-20 su içeren kuru meyveler, %8 su içeren şekerlemeler ve karamelalar
0,50-0,60	Hiç bir mikroorganizmanın gelişimine izin vermeyen bölge	Yaklaşık %12 su içeren şehriye,makarna %10 su içeren baharatlar
0,40	Hiç bir mikrobiyolojik faaliyet görülmez	%5 su içeren yumurta tozu
0,30		%3-5 su içeren bisküviler, peksimetler, kızarmış ekmek
0,20		%2-3 su içeren süt tozu, yaklaşık %5 su içeren kurutulmuş sebzeler, %5 su içeren mısır gevreği, hububatlar

B. cereus 'da sporulasyon gliserol varlığında 0,91 kadar düşük su aktivitesinde gözlenirken, ortamda glikoz, sorbitol veya NaCl gibi su tutucu maddeler varsa 0,95 su aktivitesinde spor oluşumu sınırlanmakta yani daha yüksek su aktivitesinde sporulasyon ve çimlenme olmaktadır. Yapılan bir çalışmada *Clostridium sporogenes*' in $A_s = 0,95$ ' de gelişemediği, ancak sporların çimlenmesinde çok az bir gecikme meydana geldiği belirlenmiştir. *Bacillus stearothermophilus*' un sporlarının su aktivitesi yüksek ortamda sıcaklık artışına *C. botulinum* TipE sporlarından 50.000 kez daha dirençli olduğu saptanmıştır.

Metabolitlerin üretimi:

Maksimum gelişme ve maksimum metabolit üretimi için optimum su aktivitesi aynı olmayabilir. Örneğin, her ne kadar asit üretimi 0,983'e kadar gözleniyorsa da *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* 'un maksimum gelişme oranı 0,992 su aktivitesi düzeyinde meydana gelmektedir. Su aktivitesinin azalmasıyla laktik kültürler tarafından üretilen diasetil üretiminde artış olduğu belirlenmiştir. *S. thermophilus* ve *L. bulgaricus* tarafından asit üretimi için gerekli minimum su aktivitesi, süte gliserol ilavesi halinde glikoz veya sukroz ilave edilmesiyle elde edilenden daha düşük bulunmuştur.

Laktik asit üreticileri olan *S. salivarius* subsp. *thermophilus*, ortamın su aktivitesi düşük olduğunda daha fazla asetik asit üretmeye eğilimlidirler. Su aktivitesi 0,998'den 0,997'ye düştüğünde *L. lactis* var. *lactis* tarafından üretilen asit üretimi miktarı da azalmaktadır. Minimum su aktivitesinin mikotoksin üretimi için 0,81 olduğu rapor edilmiştir. Pek çok mikotoksin üreten fungusun toksin üretebilmesi için gereken A_s değeri, fungusun gelişimi için gereken minimum su aktivitesinden oldukça yüksektir. Tablo 6'da çeşitli küf cinslerinin gelişimi ve toksin oluşturması üzerine su aktivitesinin etkisi görülmektedir. Genelde toksin üretimi için gereken minimum su aktivitesinin gelişme için gerekli olandan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bakteri toksinleriyle ilgili bir çalışmada *C. botulinum* 'un toksin oluşturması için minimum su aktivitesinin 0,94 olduğu açıklanmıştır. *S. aureus*' da, enterotoksin A üretimi su aktivitesi 0,89 veya 0,87 olduğunda meydana gelir, enterotoksin B' nin üretimi daha hassastır ve enterotoksin A ile kıyaslandığında ise su aktivitesi 0,996' dan 0,970' e indiğinde toksin üretimi hızla düşer.

Enterotoksinlerin yanı sıra su aktivitesinin *S. aureus* tarafından üretilen diğer ekstraselüler metabolitler üzerinde de etkili olduğu gösterilmiştir. En büyük aktivitenin DNAaz, triptinaz, trioleinaz, katalaz, koagülaz ve asit fosfataz kullanılan ortamda, varsa enterotoksin A ve enterotoksin B üreten suşların 0,996 su aktivitesinde geliştiği anlaşılmıştır. Diğer yandan asit ve alkalın proteaz aktivitesinin $A_s=0,94$ ' de en yüksek olduğu anlaşılmıştır. Proteaz aktivitesinin dışında enzim üretimi genel olarak gelişmenin uzamasıyla ilişkilidir. Yoğurdun soğukta depolanması sırasında asit üretimi %4 tuz ilavesiyle tamamen inhibe edilir ($A_s < 0,96$). Sakkaroz veya sorbitol ile su aktivitesinin düşürülmesinin asit üretimi üzerine etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Su aktivitesi 1,00 veya 0,99 'dan aşağı düştükçe enterotoksin üretimi de azalmaktadır. Küflerin ve mayaların gelişebildiği su aktivitesi düzeyi 0,61' dir. Küflerin düşük su aktivitesinde gelişebildikleri bilinmekle birlikte mayaların belirli türleri de 0,62- 0,70 gibi düşük su aktivitesinde gelişebilmektedirler.

Tablo 6. Çeşitli küf cinsleri tarafından mikotoksin oluşumu ve gelişimi üzerine su aktivitesinin etkisi

Küfler	Minimum su aktivitesi	
	Gelişme	Toksin Üretimi
<i>A. flavus</i>	0,78 0,80	0,84 (aflatoksin) 0,83-0,87
<i>A. parasiticus</i>	0,82	0,87 (aflatoksin) 0,85 (okratoksin)
<i>A. ochraceus</i>	0,83 0,77	0,83-0,87
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,81 0,82 0,83 0,85	0,87-0,90 (Oktratoksin)
<i>Penicillium viridicatum</i>	0,83 0,81 0,76	0,83-0,86 (okratoksin) 0,88 (penisilik asit) 0,80 0,81
<i>Penicillium cyclopium</i>	0,87 0,82	0,97 (penisilik asit)
<i>Penicillium martensii</i>	0,83 0,79 0,83	0,99 (penisilik asit)
<i>Penicillium patulum</i>	0,83-0,85 0,81 0,83	0,95 (patulin)
<i>Penicillium expansum</i>	0,83-0,85	0,99 (patulin)
<i>A. clavatus</i>	0,85	0,99 (patulin)
<i>Stachybotrys atra</i>	0,94	0,94 (Stachybotryn)

Hububat taneleri ve yağlı tohumlar üzerinde bulunan çeşitli fungusların gelişebilmesi için gerekli olan nem içeriğinin en alt sınırları Tablo 7'de verilmiştir. Bu veriler 26-30°C sıcaklık arısında geçerli olup gıda maddelerinin küf türleri tarafından bozulma olasılığını belirleme de genel bir yol gösterici olarak değerlendirilmelidir.

Tablo 7. Yağlı tohumlar ve hububat tanelerinde küf gelişmesi için nem içeriği sınırları

	Substrat Mısır, buğday, pirinç, darı	Soya	Hindistan cevizi	Yaklaşık A _s
<i>Aspergillus candidus</i>	15,0- 15,5	14,5-15,0	10,0-11,0	0,80
<i>Aspergillus flavus</i>	18,0-18,5	17,0-17,5	11,0-12,0	0,85
<i>Aspergillus glaucus</i>	14,0-14,5	12,5-13,0	8,0-9,0	0,73
<i>Aspergillus halophilus</i>	13,5-14,5	12,0-12,5	9,0-10,0	0,68
<i>Aspergillus ochraceus</i>	15,0-15,5	14,5-15,0	10,0-11,0	0,80
<i>Aspergillus restrictus</i>	13,5-14,5	12,0-12,5	9,0-10,0	0,70
<i>Penicillium spp.</i>	16,5-19,0	16,0-18,5	11,0-13,0	0,80-0,90
<i>Walemia sebi</i>	13,15-14,5	12,0-12,5	9,0-10,0	0,70

Hollanda'da su aktivitesi ve sıcaklığın küf gelişimi hızına veya aflatoksin, penisilik asit, patulin ve okratoksin oluşturması üzerine karşılıklı etkileri konusunda geniş çaplı bir araştırma yapılmıştır. Buna göre; küflerin halen gelişebildikleri A_s ' nin toksin oluşturmaları için gerekli olan minimum değerlerinden daha aşağıda olduğu görülmektedir. *A. ochraceus* 0,88 gibi düşük su aktivitesinde penisilik asit oluştururken *Penicillium cylopium*' un penisilik asit üretmesi için gereksinim duyduğu minimum su aktivitesi değeri 0,97' dir. Diğer yandan *A. ochraceus* ve *Penicillium cylopium* tarafından okratoksin A' nin üretimi için gerekli olan minimum su aktivitesi sırasıyla 0,83-0,87 ve 0,87-0,90'dır.

Mikroorganizmaların gelişebilecekleri su aktivitesi değerlerini ortamın sıcaklığı da etkilemektedir. Ortamın sıcaklığı arttıkça mikroorganizmaların gelişebilecekleri A_s aktivitesi sınırları genişlemektedir. Düşük A_s ' ne en büyük tolerans optimum sıcaklıkta olur, sıcaklık optimumdan saptıkça mikrobiyel gelişme azalmaktadır. 0 °C' nin altındaki sıcaklıklarda su ve buzun buhar basıncı azalmaktadır. -10°C ve daha düşük sıcaklıklarda A_s mikroorganizmaların gelişebileceği düzeyden daha azdır. Gıdaların A_s ' si donma noktası altındaki sıcaklıklara düştükçe azalmaktadır. 0 °C' deki suyun A_s 1,00 iken, -5 °C' de 0,95 ve -10 °C' de 0,91'e, -20 °C' de ise 0,82' ye düşer.

Ortamın pH' sı optimumdan saptıkça mikroorganizmaların gelişebileceği su aktivitesi gereksinimi artar. Yapılan bir çalışmada pH=7,0' de, 30° C' de ve gliserol varlığında *C. botulinum* Tip A ve B için minimum su aktivitesinin 0,93 olduğu, düşük pH veya başka maddelerin varlığında gelişme için daha yüksek su aktivitesine gereksinimi olduğu belirlenmiştir.

Bakterilerden halofilik (tuzu seven) bakteriler ($A_s=0,75$), küflerden kseorofilik (kuru ortamı seven) küfler ($A_s=0,65$) ve mayalardan ise ozmofilik (yüksek ozmotik basıncı seven) mayalar en düşük ($A_s=0,61$) su aktivitesinde gelişebilmektedirler. Su aktivitesinin ayarlanmasında tuz kullanıldığında, 0,80'in altında su aktivitesine ulaşmak için oldukça yüksek miktarda tuza ihtiyaç vardır.

Aerob mikroorganizmalar, oksijen kaynağının fazla olması halinde daha düşük A_s ' de gelişebilirler. O₂ miktarı azaldıkça A_s gereksinimi artar, aerob mikroorganizmalar için bunun tersi geçerlidir. *Staphylococcus aureus*' un gelişimi için minimum su aktivitesi aerobik koşullarda 0,86 iken anaerobik ortamda bu değer 0,90 civarındadır.

Bir çalışmada *C. perfringens*' in 4 suşunun gelişme ortamına tuz ilave edilmiş, Eh +194 ile Eh +238 mV ve %0,5 NaCl varlığında hepsinin geliştiği saptanmış, tuz konsantrasyonu %5'e çıkarıldığında gelişme için maksimum Eh oranının +141 ile +57 mV sınırları (suşlara bağlı olarak) arasında değiştiği bulunmuştur.

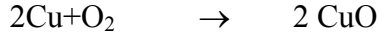
Su aktivitesi, sıcaklık, pH, oksijen ve besin öğeleri arasındaki ilişkiyi şöyle özetleyebiliriz. Herhangi bir sıcaklık derecesinde mikroorganizmaların gelişme yetenekleri su aktivitesi düştükçe azalır. Gelişmenin görüldüğü su aktivitesi sınırları mikroorganizmanın gelişmesi için gereken sıcaklık derecesi optimum olduğunda en geniş şekli alır. Ortamdaki besin maddelerinin miktarı arttığında mikroorganizmaların yaşayabileceği su aktivitesi sınırları genişler. pH' nin düşüşüne bağlı olarak su aktivitesi düşer ve gelişme için pH sınırları daralır. Aerobik mikroorganizmalar oksijen kaynağının bol olduğu koşullarda daha düşük su aktivitesi değerlerinde gelişebilirler. Oksijen miktarı azaldıkça A_s gereksinimi artar. Ortamda gelişmeyi engelleyici maddelerin bulunması halinde mikroorganizmaların gelişebilecekleri A_s sınırları daralır.

02.03. Oksidasyon-Redüksiyon (O/R) Potansiyeli

Mikroorganizmaların gelişme ortamlarındaki oksidasyon-redüksiyon potansiyeline değişik derecelerde duyarlılık gösterdiği uzun yıllardır bilinmektedir. Bir substratın O/R potansiyeli substratın elektron kazanma veya kaybetme yolunda gösterdiği eğilim şeklinde tanımlanabilir. Bir element veya bileşik elektron kaybettiğinde substrat yükseltgenir (oksidasyon), elektron kazandığında ise indirgenir (redüksiyon). Aşağıdaki örnek ile bu reaksiyon açıklanmıştır:



Oksidasyon aşağıdaki gibi oksijen ilavesi ile de gerçekleşebilir:



Buna göre; elektronlarını kolayca verebilen substrat iyi bir indirgeyici, kolayca elektron kazanan substrat ise iyi bir yükseltgeyicidir. Elektronlar bir bileşikten diğerine aktarıldığında bu iki bileşik arasında potansiyel bir fark oluşur. Bu farklılık uygun bir alet kullanılarak ölçülebilir ve milivolt (mV) olarak ifade edilir. Madde ne kadar indirgendiyse o kadar negatif elektrik potansiyeli, ne kadar okside olduysa o kadar pozitif elektriki potansiyeli gösterecektir. Yükseltgeyici (oksidant) ve indirgeyici (redüktant) konsantrasyonları eşit olduğunda elektriki potansiyel sıfırdır. Bir sistemin O/R potansiyeli Eh sembolü ile ifade edilir. Aerobik mikroorganizmalar gelişmek için pozitif Eh değerlerine, anaerobik mikroorganizmalar ise negatif Eh değerlerine gereksinim duyarlar. Gıdalarda indirgen koşulların devamını sağlayan maddeler arasında etlerdeki -SH grupları ile meyve ve sebzelerdeki askorbik asit ve indirgen şekerler bulunmaktadır. Bir gıda maddesinin O/R potansiyelini aşağıdaki özellikler belirler:

- 1- Gıdanın kendine özgü O/R potansiyeli
- 2- Gıdanın bu potansiyelde meydana gelecek değişimlere karşı gösterdiği direnç (denge kapasitesi)
- 3- Gıdanın çevresindeki atmosferin oksijen gerilimi
- 4- Gıdayı çevreleyen atmosferin gıda içine girebilme oranı

Genel olarak gıdaların Eh değerleri +400 mV ile -400 mV arasında değişmektedir. Mikroorganizmaların Eh isteklerine gelince, bazı bakteriler gelişmenin başlaması için indirgenmiş koşullara (Eh -200 mV; *Clostridium* gibi anaerobik bakteriler), diğerleri ise pozitif Eh değerlerine (*Bacillus* gibi aerobik bakteriler) gereksinim duyarlar. Kimi bakteriler hafif indirgenmiş koşullarda daha iyi gelişme gösterirler. Bunlar mikroaerofil olarak bilinmektedir ve bu gruba Lactobasiller ve Streptokoklar örnek verilebilir. Kimileri hem aerobik hem de anaerobik koşullarda (fakültatif anaeroblar) gelişebilirler. Gıdalarda bulunan küf ve mayaların çoğunluğu aerobik olmakla birlikte içlerinde fakültatif anaeroblar da bulunmaktadır.

Bitkisel gıdaların özellikle meyve sularının Eh değerleri +300 ile +400 mV arasındadır. Buna göre; bu tip gıdaların bozulmasında daha çok aerobik bakteriler ve küflerin etken olması şarttır. Taze etlerin Eh değerleri -200 mV, kıymada ise genellikle +200 civarındadır. Çeşitli tipteki peynirlerin -20 ile -200 mV arasında değişen negatif Eh değerleri gösterdikleri belirlenmiştir. Konserve gıdalardaki Eh değerleri çeşitlerine, cam veya teneke kaptaki hazırlanmasına göre yaklaşık -20 mV ile -440 mV arasında değişiklik gösterir. Süt ürünlerinin O/R potansiyeli bir ölçüde yağ oksidasyonu ile ilgilidir ve yağ oksidasyonu arttıkça süt kalitesi azalmaktadır. Buna göre, O/R potansiyeli ile süt kalitesi arasında ters bir ilişki söz konusudur.

02.04. Besin Maddeleri

Mikroorganizmalar normal olarak gelişebilmek ve çoğalabilmek için su, enerji kaynağı, azot kaynağı, vitaminler ve ilgili gelişme faktörleri, minerallere gereksinim duyarlar.

Suyun mikroorganizmalar için önemi daha önce anlatılmıştı. Diğer dört kaynak ele alındığında istekleri en az olan küflerdir. Bunları sırasıyla, mayalar, gram(-) bakteriler ve gram(+) bakteriler izler. Gıda kaynaklı mikroorganizmalar enerji kaynağı olarak şekerler, alkoller ve amino asitlerden yararlanırlar. Mikroorganizmalar içinde pek azı nişasta ve selüloz gibi kompleks karbohidratları basit şekerlere parçalayarak enerji kaynağı olarak kullanabilirler. Bunun nedeni, bu büyük molekülü bileşikler temel yapı taşları olan şekerlere indirgeyecek enzim sisteminin olmamasıdır. Yağlar da mikroorganizmalar tarafından kullanılır, ancak bu bileşikler parçalayan mikroorganizma sayısı yine azdır. Heteretrof mikroorganizmalar tarafından kullanılan başlıca azot kaynağı amino asitlerdir. Bu amaçla diğer azotlu bileşiklerden de yararlanmaktadırlar. Örneğin; bazı mikroorganizmalar nükleotidleri ve serbest amino asitleri, bazıları ise peptid ve proteinleri kullanırlar. Genel olarak, amino asitler gibi basit bileşikler hemen hemen tüm mikroorganizmalar tarafından yüksek molekül ağırlığına sahip proteinlerden önce kullanılırlar. Ortamda basit bileşikler kalmadığında proteinler gibi yüksek moleküllü bileşikler parçalanmaya başlar. Aynı durum polisakaritler ve yağlar için de geçerlidir. Mikroorganizmalar düşük miktarda da olsa B vitaminlerine gereksinim duyabilirler. Doğal gıdaların çoğunda bu maddeler mikroorganizmaların gereksinimlerini karşılayacak kadar bulunmaktadır. Genel olarak, gram(+) bakteriler bu bileşikler sentezleyemedikleri için bir veya daha fazlasını gelişme ortamından almak zorundadırlar. Gram(-) bakteriler ve küfler gereksinimlerinin çoğunu veya tamamını sentezleyebilecek yetenektedirler. Bunun sonucunda, meyveler düşük miktarda B vitamini içerirler ve özellikle düşük pH' larına pozitif Eh değerleri de eklenince bozulma nedeninin bakterilerden ziyade küfler tarafından oluşturulduğu kendiliğinden ortaya çıkar.

02.05. Antimikrobik bileşikler

Gıda maddelerinde mikroorganizmalara karşı direnç, gıdada doğal olarak bulunan ve antimikrobiyel aktivite gösteren bazı bileşikler ile sağlanmaktadır. Bunlar arasında karanfildeki eugenol, sarımsak ve soğandaki allisin, tarçındaki sinnamik aldehyt ve eugenol, hardaldaki allil izotiyosiyanat, adaçayındaki eugenol ve timol sayılabilir. İnek sütü, laktoferrin, konglutinin ve laktoperoksidaz sistem gibi çok sayıda antimikrobiyel madde içermektedir. Çiğ sütün, 10^6 pfu/ml' ye kadar inhibisyon etkisi gösteren bir rotavirüs inhibitörü içerdiği bildirilmiştir. Ancak bu inhibitör pastörizasyon ile zarar görmektedir. Yumurtada bulunan lizozim konalbümin ile birlikte inhibitör görevi yapar. Lizozime özellikle gram pozitif bakteriler duyarlıdır. Meyve, sebze, çay, melas ve diğer bitkisel kaynaklarda bulunan hidroksinnamik asit derivatlarının (p-cumaric, ferulic, caffeic ve klorojenik asitler) hepsi antibakteriyel etki göstermekle birlikte bazıları aynı zamanda antifungaldır. Turunçgillerdeki uçucu yağlar (sitröl vb.) meyve kabuğunda yer almaktadır. Limon ve portakaldaki uçucu yağların belirli konsantrasyonlarda bakterilerin ve *Aspergillus parasiticus* 'un gelişimini ve bu küfün toksin oluşturmasını engellediği belirlenmiştir. Laktoperoksidaz sistem inek sütünde doğal olarak bulunan ve üzerinde çok çalışılan bir konudur. Bu sistem, laktoperoksidaz enzimi, tiyosiyanat ve H_2O_2 den oluşmaktadır. Her üç bileşik de antimikrobiyel etki için gereklidir ve *Pseudomonas* gibi gram(-) psikrotrof bakteriler laktoperoksidaz sisteme oldukça duyarlıdır. İnek sütünde gerektiğinden daha fazla laktoperoksidaz bulunmaktadır. Gereksinim duyulan miktar 0,5-1,0 ppm olmakla birlikte inek

sütünde 30 ppm laktoperoksidaz vardır. Tiyosiyanat ve H₂O₂ doğal olarak sütte bulunmakla birlikte, daha düşük miktardadır. İnhibitör sistemde 100 U/ml H₂O₂' ye gereksinim varken sütte 1-2 U/ml, tiyosiyanatın ise etkili miktarı 0,25 mM iken sütteki düzeyi 0,02-0,25 mM civarındadır. Bir araştırmada inek sütüne 0,25mM tiyosiyanat ve eşdeğer miktarda H₂O₂ ilave edildiğinde çiğ sütün raf ömrünün 48 saatten 5 güne uzadığı belirlenmiştir. Sistem 30 °C' de 4 °C' dekinden daha etkilidir. Çiğ süte yaklaşık olarak 12 ppm tiyosiyanat, 8 ppm H₂O₂ eklenmesinin insan sağlığını olumsuz etkilemeyeceği düşünülmektedir. Laktoperoksidaz sistemin oluşturulması için soğukta saklamanın yapılamadığı kırsal kesimlerde çiğ sütü korumak amacıyla tiyosiyanat ve H₂O₂ eklenmesi önerilmektedir. Son yıllarda çiğ süte H₂O₂ eklenmesi yerine glikoz veya glikoz oksidaz enziminin eklenmesi çalışmaları sürdürülmektedir.

02.06. Biyolojik yapılar

Bazı gıdalarda doğal olarak bulunan dış kabuk bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gıdaya ulaşmasını engeller. Bunların arasında tohumların testa tabakası, meyvelerin dış kabuğu, fındık ve badem gibi meyvelerdeki kabuk, hayvanların postu ve yumurtanın kabuğu gibi yapılar yer alır. Ceviz gibi meyvelerde kabuk veya dış örtü tüm mikroorganizmaların girişini engellemeye yeterlidir. Kabuk kırıldığında veya çatladığında küfler tarafından bozulabilir. Yumurtanın dış kabuk ve membranları, yumurta sağlam ise ve uygun sıcaklık ve nem koşullarında saklanıyorsa hemen hemen tüm mikroorganizmaların girişini engeller. Kabukları zarar görmüş meyve ve sebzeler sağlam olanlara göre daha çabuk bozulur. Balık ve sığır etinin dış yüzeyi iç dokuya göre daha çabuk kuruma eğiliminde olduğundan mikroorganizma kontaminasyonunu ve bozulmayı kısmen engellemektedir. Bir gıdada hangi parametrenin ne düzeyde olduğu belirlenerek muhtemelen gelişecek mikroorganizmaların tipleri saptanabilir ve sonuç olarak gıdanın stabilitesi tahmin edilebilir.

03. Dış Faktörler

Dış faktörleri, gıdaların depolandığı veya saklandığı çevrenin koşulları oluşturur. Bu faktörler mikroorganizmaların yanı sıra gıdanın doğal yapısının korunması açısından da önem taşırlar. Bu faktörler şunlardır:

- 1- Depolama sıcaklığı
- 2- Çevrenin bağıl nemi
- 3- Çevrede bulunan gazlar ve konsantrasyonları

03.01. Depolama sıcaklığı

Sıcaklık mikroorganizmaların gelişimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Mikroorganizmalar çok geniş sıcaklık aralığında gelişirler. Gıdalar üzerinde bulunan organizmaların gelişebildikleri sıcaklık derecelerinin bilinmesi gıdaların depolanması sırasında seçilecek depo sıcaklıkları hakkında bilgi verir. Bir mikroorganizmanın gelişebildiği en düşük sıcaklık -34 °C, en yüksek sıcaklık ise bazı yerlerde 100 °C' dir. Gelişme sıcaklıklarına göre mikroorganizmalar üç grupta toplanır. 7 °C veya altında gelişen ve optimumları 20-30 °C arasında olan mikroorganizmalar psikrotroflar olarak adlandırılırlar. 20-45 °C arasında gelişen ve optimumları 30-40 °C olanlara mezofil, 45 °C veya daha yüksek

sıcaklıkta gelişebilen, optimumları 55-65 °C arasında olan mikroorganizmalara termofil adı verilir. Psikrotrof terimi, eskiden kullanılan psikrofilik mikroorganizma teriminin yerini almıştır. Bazı kaynaklarda psikrofil mikroorganizmalar zorunlu ve fakültatif psikrofiller olarak tanımlanmakta ve fakültatif psikrofil mikroorganizmalara psikrotrof denilmektedir. Buna göre; zorunlu psikrofil mikroorganizmalar 15-20 °C sıcaklık aralığında optimum gelişme gösterirken, 5-7 °C sıcaklıklarda gelişenler psikrotroflar içinde yer almaktadır. Bakteriler ele alındığında, psikrotrofik türler arasında pek çok aerobik ve anaerobik türler vardır (Tablo 8).

Tablo 8. Sıcaklık gereksinimlerine göre mikroorganizmalar ve gelişme sıcaklıkları

Bakteriler	SICAKLIK (°C)		
	minimum	Optimum	Maksimum
Psikrofil(Zorunlu)	(-15) -5	15-20	20-30
Psikrotrof(Fakültatif)	(-5)- 7	25-30	30-40
Mezofilik	5-25	30-40	40-50
Termofilik	35-45	45-65	60-90
Zorunlu	40-45	55-65	70-90
Fakültatif	35-40	45-55	60-80

Gıdalarda rastlanılan psikrotrof bakteri cinsleri arasında *Shewanella*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Brochothrix*, *Corynebacterim*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Psychrobacter*, *Enterococcus* sayılabilir. Bu bakteriler buzdolabı sıcaklığında rahatlıkla gelişirler ve genellikle bu sıcaklıkta muhafaza edilen et, balık, kanatlı etleri, yumurta ve diğer gıdaların bozulmasına neden olurlar. Bu tür gıdalardaki toplam bakteri sayısı petriyeler 7 °C'de en az 7 gün inkübe edildiğinde elde edilen sayım sonuçları, 30°C ve daha yüksek sıcaklıkta inkübe edilenlere göre daha yüksektir. Mezofilik türlere yukarıda sayılan bütün cinsler arasında rastlamak olasıdır ve buzdolabı sıcaklığında saklanan gıdalarda bulunabilirler, ancak gelişemezler. Bu arada bazı bakterilerin 0 °C' den 30 °C veya daha yukarı sıcaklık derecelerinde gelişebildiklerini hatırlamak gerekir. Örnek olarak *Enterococcus faecalis* verilebilir.

Gıdalarda önemli termofilik bakterilerin çoğu *Bacillus* ve *Clostridium* cinsleri içinde yer alır. Bu cinslerin sadece bir kaç türü termofilik olmakla birlikte konserve sanayiinde gıda mikrobiyologları ve gıda teknologları için önemlidir. Termofilik bakteriler fakültatif ve zorunlu termofilikler olarak ikiye ayrılabilirler. *B. thermoacidurans* ve *B. stearothermophilus* gibi fakültatif termofiliklerde spor çimlenmesi ve vejetatif hücre gelişimi mezofilik ve termofilik sıcaklıklarda mümkün olmakla birlikte, zorunlu termofilik olanlar için termofilik koşullar şarttır. Termadurik bakteriler ise yüksek sıcaklıklarda canlılıklarını sürdürebilen ancak termofilik bakteriler gibi yüksek sıcaklıklarda üreyemeyen bakterilerdir. Çoğunlukla spor oluştururlar. Bu bakteriler gıdalara uygulanan ısı işlemlere direnç gösterebilmekte, ısı işlem görmüş ürünlerde canlılıklarını sürdürebilmekte ve uygun koşullarda gelişerek gıdanın bozulmasına neden olmaktadır.

Küfler pH, ozmotik basınç ve besin içeriğinde olduğu gibi bakterilerden daha geniş sıcaklık aralıklarında gelişebilirler. *Aspergillus*, *Cladosporium* ve *Thamnidium* gibi pek çok küf buzdolabı sıcaklığında yumurta, sığır eti ve meyvelerin yüzeyinde gelişebilme yeteneğindedir. Mayalar ise psikrotrof ve mezofilik sıcaklıklarda gelişebildikleri halde termofilik sıcaklıklarda genellikle gelişme gösteremezler.

Depolama sıcaklığının seçiminde gıdanın kalitesi göz önüne alınmalıdır. Her ne kadar tüm gıdalar için buzdolabı sıcaklığı veya daha altındaki sıcaklıklar arzu edilir gibi görünse de, bazı gıdalarda arzulanan gıda kalitesinin korunması için her zaman uygun olmayabilir. Örneğin; muzlar 13-17 °C' de depolandıklarında 5-7 °C' de depolamalarına göre daha uzun süre kalitelerini korurlar. Patates, kereviz, lahana dahil pek çok sebzenin kalitesinin korunması için 10°C civarındaki sıcaklık uygundur. Bütün bunlara karşın, depolama sıcaklığının başarısı depolamanın yapıldığı çevrenin bağıl nemi ile CO₂ ve O₂ gibi gazların bulunup bulunmamasına bağlıdır.

03.02. Çevrenin bağıl nemi

Gıdaların depolandığı çevrenin bağıl nemi hem gıdanın su aktivitesi hem de yüzeyde mikroorganizma gelişimi açısından önemlidir. Herhangi bir gıdanın $A_s = 0,60$ 'a ayarlanmışsa bu gıdanın yüzeyindeki ve yüzeyin altındaki A_s değerini mikroorganizmaların gelişebileceği bir düzeye yükseltecek oranda nem almasının engelleneceği bir ortamda saklanması gerekir. A_s değeri düşük olan gıdalar bağıl nemi yüksek bir çevrede depolandığı takdirde gıda ile çevre arasında denge kurulana kadar gıda maddesi çevreden nem alır. Aynı şekilde yüksek A_s değerine sahip gıda bağıl nemi düşük ortamda tutulursa su kaybeder ve kurumaya başlar. Bağıl nem ve sıcaklık arasındaki ilişki uygun depolama ortamının seçiminde göz önünde bulundurulmalıdır. Genelde, sıcaklık ne kadar yüksekse bağıl nem azalır veya tersi söz konusudur.

Küfler, mayalar ve belirli bazı bakteriler tarafından yüzeysel bozulmaya maruz kalan gıdalar düşük bağıl nemli koşullarda muhafaza edilmelidir. Bütün tavuk ve parça sığır etleri uygun şekilde ambalajlanmadıkları takdirde, buzdolabı sıcaklığında hem buzdolabının bağıl neminin yüksek olması hem de etlerde bozulmaya neden olan organizmaların genel olarak aerobik olması nedeniyle yüzeysel bozulmaya maruz kalırlar. Bazı gıdalarda yüzeysel bozulma olasılığını gıdayı düşük bağıl nemli ortamda depolama ile azaltmak mümkün olmakla birlikte gıdanın bu koşullarda depolanması sonucu nem kaybetmesiyle arzu edilmeyecek hale gelebileceği unutulmamalıdır. Gıdaların depolanmaları için uygun bağıl nem seçilirken hem mikroorganizmaların hem de gıdanın arzulanan kalitesinin korunması hedeflenmelidir. Bağıl nemin değiştirilmesinin mümkün olmadığı durumlarda gıdayı çevreleyen atmosferin gaz bileşimi değiştirilerek mikroorganizmaların yüzeyde gelişmelerini engellemek mümkündür.

03.03. Çevrede bulunan gazlar ve konsantrasyonları

Gıda maddelerinin yaklaşık olarak %10 oranında CO₂ içeren atmosferde depolanması tekniğine "kontrollü atmosfer" (K.A.) veya "modifiye atmosfer" (M.A.) depolaması adı verilir. Kontrollü atmosfer depolaması bitkisel yapıların muhafazasında 1917 yılından beri bilinmekte olup, ilk kez 1928 yılında ticari amaçlı kullanılmıştır. Meyvelerin muhafazasında kontrollü atmosfer depolaması çok sayıda ülkede uygulanmakta olup özellikle elma ve armutların depolanmasında kullanılmaktadır. Ortamdaki CO₂ konsantrasyonu genellikle %10'u aşmaz ve gaz mekanik kaynaklardan sağlanır veya kuru buz (katı CO₂) olarak uygulanır. Karbondioksitin meyvelerde çeşitli fungusların neden olduğu fungal çürümeyi geciktirdiği bilinmektedir. Tam olarak bu mekanizma anlaşılmamış olmakla birlikte etilen oluşumunu engelleyen bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Etilenin meyvelerde geçkinliği hızlandırıcı etkisi söz konusudur. Etilenin inhibisyonu ile meyvede fungal saldırıya karşı doğal direncin devamı sağlanmış olur. Depolama ortamına ozon ilavesinin kimi

gıdalarda koruyucu etki yaptığı uzun yıllardan beri bilinmektedir. Ozon gazının bir kaç ppm düzeyinde kullanımının pek çok bozulma etmeni mikroorganizmaya karşı etkili olduğu belirlenmiştir. Ancak bu gaz kuvvetli bir oksidanttır (yükseltgeyici) ve yüksek oranda lipit içeren gıdaların korunmasında kullanılmamalıdır. Hem CO₂ hem de Ozon uzun süreli depolanan karkasların yüzeysel bozulmasını geciktirmede etkilidir.



Şekil.2. Fermente çiğ sosisteki engeller teknolojisinin uygulanması

pres.= koruyucu madde ilavesi, Eh = Redoks potansiyelin azalması, c.f.= Rekabetçi floranın gelişmesi, pH =asitlik, A_s =Su aktivitesinin azalması

Sonuç olarak, gıdaları sağlıklı kılmak, gıda kayıplarını en aza indirmek ve gıdanın stabilitesini koruyabilmek amacıyla günümüzde Engeller Teknolojisi ve HACCP'in gıda endüstrisinde uygulamaları devam etmekte ve gelişmektedir. Bu bağlamda, gıda üretiminde gerekli önlemler alınarak sağlıklı ve güvenli ürünlerin sunulması ve standartlara uygunluğun sağlanması hedeflenmektedir.