

Kanatlı Etlerinde Bozulma

Prof. Dr. U. Tansel ŞİRELİ

Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü
Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı
tsireli@veterinary.ankara.edu.tr

Kanatlı eti için bozulma ürünün insan tüketimine uygun olmayan duruma gelmesi şeklinde açıklanabilmektedir. Bu durum etlerde oluşan, her türlü kabul edilemeyen ve hoş olmayan renk, koku ve tat değişiklikleri olarak belirtilmektedir. Bozulma sensorik değişimlerle karakterize olduğu için, bozulmada bireysel yargıların da önemli bir noktayı oluşturduğu bilinmektedir.

Bozulma bir çok nedene bağlı oluşabilen kompleks bir işlemdir. Gıdalarda gelişen ve metabolize olan mikroorganizmalar bozulmanın en önemli nedenidir. Buna ek olarak gıdanın insektlerle bulaşması, aşırı sıcaklık ve ışık nedeniyle tekstürün değişimi, hava ile okside olan yağların kötü koku oluşturmaları gibi durumlarda da gıdalar tüketiciye sunulamayacak hale gelebilmektedirler. Yani bozulma hem kimyasal hem de mikrobiyel sebeplere bağlı şekillenebilmektedir. Ancak bu bölümde sadece mikrobiyel bozulma, bu tip bozulmanın kimyası ve buna etki eden faktörlerden bahsedilecektir.

Bozulmada Etkili Mikroorganizmalar

Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların kaynağını canlı hayvan, toprak ve su gibi çevresel etmenler ya da kesim, paketleme, taşıma ve depolama gibi birçok aşamada meydana gelen kontaminasyonlar oluşturabilir. Bozulmaya neden olan mikroorganizmalar, canlı hayvanların gastrointestinal kanalından, daha sıklıkla da deri ve tüylerinden ete bulaşabilmektedir. Kanatlı kesim işlemi göz önüne alındığında, tüy yolma, iç organ çıkartma gibi noktalar risk taşımaktadır. Bunun yanında, parçalama, paketleme gibi alet-ekipman ve personelin bulaşmada rol oynayacağı noktalara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Etin başlangıç florası bozulmada büyük öneme sahiptir. Ete uygulanan, soğutma, dekontaminasyon, paketleme gibi birçok işlem bu florayı etkiler. Kesimden hemen sonra ette bulunan bozulma yapıcı mikroorganizmalar gıdanın raf ömrünü belirlemede kritik bir faktördür.

Kanatlı etlerinde soğuk muhafazanın tercih edilmesi, bu ortamlarda gelişen mikroorganizmaları ön plana çıkarmakta ve kanatlı etlerinin karakteristik mikroflorasını şekillendirmektedir. Soğukta gelişebilen mikroorganizmalar “psikrofil” ve “psikrotrof” olarak adlandırılmakta ve sırasıyla gelişim sıcaklıkları -5/20 °C ve -5/45 °C ler arasında değişmektedir. Psikrofil olan mikroorganizmaların optimum gelişim sıcaklıkları 20 °C nin altıdır. Uygun ortamlarda 1 °C de 14 günde gelişebilirler. Bazı organizmalar ise -3 °C de gelişebilirken, 30 °C nin üzerinde gelişemezler.

Bu koşullar dikkate alındığında soğutulmuş kanatlı etlerinde bozulmaya neden olan baskın tür *Pseudomonas* spp. dir. Bunun yanında *Acinetobacter*, *Moraxella* ve *Psychrobacter* spp (*Ac. johnsoni* ve *Psychr. immobilis*) *Brochotrix*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Serratia*, *Hafnia*, *Proteus*, *Shewanella*, (öncelikle *Alteromonas*) ve bazı mikroaerofilik mayalar önem taşımaktadır. Bazı *Bacillus* spp. ve sporlu anaerob *Clostridium* spp. kimi zaman bozulmalarda rol oynayabilir. Özellikle düşük sıcaklıklarda canlı kalan sporlar sıcaklığın 5 °C nin üzerine çıktığı olumsuz koşullarda aktivite gösterebilirler.

*Pseudomonas*ların, taze ette sayıları düşüktür, ancak özellikle aerobik koşullarda ve soğuk muhafazada hızla çoğalırlar. Psikrofil olmalarına ek olarak pH 5,5-7,0 arasında üreyebilmeleri ve oksidatif özelliklerinin iyi olması, nitrojen kaynaklarını kullanabilmelerini sağlamaktadır. Böylece bozulmada diğer mikroorganizmalarla rekabet etmeleri kolaylaşır. *Pseudomonas*ların idenfikasyonu zordur. Taksonomik çalışmalarda taze olarak işlenmiş ve soğukta muhafaza edilen kanatlı etlerinde 3 tür öne çıkmaktadır. Bunlar *P. fragi*, *P. lundensis*, *P. fluorescens*'dir.

Shewanella putrefaciens gibi diğer Gram-negatif bakteriler ile soğuğa toleranslı çeşitli *Enterobacteriaceae* türleri, *Enterobacter* ve *Serratia* spp. gibi, bozulmuş kanatlı etlerinden izole edilebilmektedir.

Soğuk muhafazada, mikroaerofilik veya anerobik koşullarda bozulmada etkili olan mikroorganizmalar genellikle *Lactobacillus* spp.'dir. Bu Gram-pozitif çubukların birçok gıda da yaygın olarak bulunduğu

bilinmektedir, ancak yeni kesilmiş kanatlı etlerinde sayıları oldukça düşüktür. Soğuk muhafaza ve özellikle vakum paketlenme işlemleri, gelişimlerini tetiklemektedir. Örneğin raf ömrünü arttırmak amacıyla uygulanan modifiye atmosfer paketlenme de bozulmaya sebep olan en önemli mikroorganizmanın *Brochothrix thermosphacta* olduğu bilinmektedir.

Mayalarda kanatlı etinde bozulmaya neden olan diğer bir grup mikroorganizmadır. Hem tavuk hem de hindi etlerinde soğuk muhafaza sırasında maya yükünün arttığı belirtilmiştir. Maya popülasyonlarının 5 °C de, mide, kalp, karaciğer ve bütün tavuk örneklerinde, depolama süresince önemli bir artış gösterdiği ve 10⁵ kob/g düzeyinin üzerine çıktığının saptandığı çalışmalar bulunmaktadır. Bozulmada etkili olduğu düşünülen bazı türler arasında *Yarrowia lipolytica* veya *Candida zeylanoides* yer alır ki bunların psikrotrofik olarak gelişebildiği görülmüştür. Çoğu *Y. lipolytica* suşları lipolitik aktivite göstermektedir ve güçlü proteolitik etkidir. Ancak tüm bunlara rağmen bozulmada mayaların rolü tam olarak bilinmemektedir.

Acinetobacter ve *Psychrobacter*, kanatlı eti işleme hattı boyunca ve bozulmuş et ürünlerinde baskın olarak bulunan mikroorganizmalardandır. Ancak bu iki etkenin hücre dışı lipaz, hidrojen sülfid veya trimetilamin üretme yetenekleri azdır. Bu nedenle bozulma yapıcı etkileri daha düşüktür.

Bozulmanın Kimyası

Kesim sonrası çiğ kanatlı etlerinde bozulma soğuk muhafaza edilseler bile 4-10 gün arasında şekillenmektedir. Tavuk eti kolay bozulabilir özelliktedir. Bunun temel nedenini mikroorganizmaların üremesi için uygun bir ortam olması oluşturur. Etin önemli kısmını oluşturan bileşen sudur. Tavuk etinde ortalama % 76 oranında su bulunur. Bunu % 20 ile proteinler takip eder. Lipidler et bileşiminin % 3 lük kısmını oluşturur. Ette az miktarda bulunan, diğer bileşenler arasında glikoz, glikoz-6-fosfat, glikojen gibi karbonhidratlar ve çeşitli azotlu bileşikler yer alır. Bunlar sırasıyla yaklaşık % 1,22 ve % 1,6 oranlarındadır ancak bozulmada önemli etkileri vardır. Et florasında bulunan bir çok mikroorganizma bu bileşenleri katabolize etme yeteneğine sahiptir.

Kasın ete dönüşümü sırasında meydana gelen fiziksel ve kimyasal değişiklikler bozulmanın kimyasının anlaşılmasında ilk basamaktır. Bu aşamada oluşan en önemli değişim düşük molekül ağırlıklı ve suda çözünebilen bileşenlerin miktarının artmasıdır. ATP ve kreatin fosfat miktarları yükselirken, depo glikojen laktik aside dönüşmekte buna bağlı olarak da pH da düşüş gözlenmektedir. pH düşüşü de protein denatürasyonu ile sonuçlanmakta ve enzimatik proteoliz yoluyla peptidler ve aminoasitler açığa çıkmaktadır. Kasın ete dönüşümü sırasında açığa çıkan bu bileşenlerin, bozulma derecesine etkisinin olduğu ve bozulmayla oluşacak metabolitlere kaynak oluşturduğu bilinmektedir.

Bozulma sırasında mikroorganizmalar tarafından kullanılan 3 grup bileşen vardır. İlk grupta glikojen, glikoz-6-fosfat ve laktat gibi karbonhidrat ürünleri yer alır. İkinci grup metabolik ürünlerdir, glukonant, glukonat-6-fosfat, pirüvat gibi. Son gurubu da aminoasitler gibi nitrojenli enerji kaynakları oluşturur. Başlıca bozulmaya neden olan mikroorganizmalar ile aerobik ve anaerobik koşullarda öncelikle hangi bileşeni kullanmayı tercih ettikleri Tablo 1 de gösterilmiştir.

Tablo 1

Bileşen	Aerobik					Anaerobik				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
Glikoz/Glikoz-6-fosfat	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Laktat	2	2		2						
Pirüvat	3	3				2				
Glukonat	4	4				2				
Propionat		5								
Etanol		6								
Asetat		7				2				
Amino asitler	5	8	2	3		2	1		2	2
Riboz			3							
Gliserol			4							

A: *Pseudomonas spp.*, B: *Shewanella putrefaciens*, C: *Brochothrix thermosphacta*, D: *Enterobacter spp.*

E: Laktik asit bakterileri.

(1=ilk)

Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların ilk başta kullanmayı tercih edecekleri bileşen glikozdur. Özellikle aerobik koşullarda, bozulmanın en önemli etkenlerinden biri olan *Pseudomonas* spp. diğer mikroorganizmalara oranla glikozu daha iyi kullanabilmektedir. *Pseudomonas* spp. tarafından glikoz glukonatlara çevrilmektedir. Bunlar sadece *Pseudomonas* spp. tarafından enerji rezervi olarak kullanılacağından avantaj sağlamaktadır. Böylece daha hızlı çoğalabilmekte ve baskın hale geçebilmektedir.

İkinci olarak aerobik ve anaerobik koşullarda tercih edilen karbonhidrat laktattır. Genel olarak en son tercih edilen bileşen aminoasitlerdir. Karbonhidrat yokluğunda mikroorganizmalar amino asitlere saldırıp, kötü koku ve renk değişimine neden olan erken bozulmayı meydana getirebilirler.

Tavuk etinde bozulmaya etki eden bu bileşenlerin miktarları ve dağılımları hayvanın yaşına, cinsiyete, türe ve en önemlisi de anatomik bölgeye göre değişebilmektedir. Örneğin göğüs etindeki glikoz ve laktat konsantrasyonları 98 ve 670 mg/100g iken bu değerler butta 8 ve 360 mg/100g dır.

Kanatlı etinde, diğer hayvan türlerinin etlerinden farklı olarak yağın, kas dokular arasında yayılmadığı, büyük bir kısmının derinin altında ve abdominal boşlukta bulunduğu bilinmektedir. Bu da mikroorganizmaların işini kolaylaştırmakta, kanatlılarda bozulma, genellikle deride, deri ile ilişkili yağ kısımlarında ve kasların dış yüzeylerinde başlamaktadır.

Bozulmaya neden olan mikroorganizmaların logaritmik üreme fazında, glikoz metabolizması sonucu kötü koku oluşturmeyen kısa zincirli yağ asitleri, ketonlar ve alkoller açığa çıkmaktadır. Kötü kokuyu oluşturacak bileşenler, mikroorganizma sayısı $>10^7/cm^2$ olduğu zaman, glikoz seviyesi azalır, laktat ve amino asitler gibi bileşenler kullanılmaya başlandığında açığa çıkmaktadır. Bunlar arasında tipik kokuşma kokusunu oluşturanlar hidrojen sülfid, metil merkaptan, dimetil sülfid gibi bileşenlerdir. Bunların dışında amino asit yıkımlanması sonucu kötü kokuya neden olan başta amonyak olmak üzere 40' a yakın uçucu metabolitin oluştuğu bildirilmektedir.

Amino asit miktarı azaldığı zaman, mikroorganizmalar durgunluk fazına geçmekte, proteolitik ve lipolitik aktiviteleri de azalmaktadır. Oksijen konsantrasyonundaki düşüş de özellikle *Pseudomonas*ları etkilemekte ve üremeleri üzerine inhibitörük etki oluşturmaktadır. Bu aşamada yavaş üreyen laktik asit bakterileri devreye girerek, glikozdan laktik, iso-butanoik, iso-pentoik va asetik asit gibi bileşenler oluşturmaktadır. Bunlar ette ekşi-peynirimsi kokunun oluşmasına neden olmaktadır.

Ette Bozulmayla Oluşan Değişiklikler

Bozulma sırasında meydana gelen değişiklikler, mikroorganizmaların gelişmesi ve metabolik aktiviteleri sonucunda oluşmaktadır. Bozulma sırasında ette, istenmeyen, aroma yapı ve tekstür değişiklikleri meydana gelir. Bunlar, etin dekompozisyonu ve mikroorganizmaların ürettiği yan ürünlere bağlı ortaya çıkan kötü koku, renk değişimi ve acı lezzet şeklinde duyuşsal olarak tespit edilebilen değişimlerdir.

Bozulmayla oluşan ve arzu edilmeyen değişiklikler genellikle ette bulunabilecek mikroorganizmaların tipine, sayısına, dağılımına bağlıdır (Tablo 2). Bunun yanında etin kompozisyonu yani mikroorganizmaların enerji ihtiyacını karşılayabileceği bileşenlerin çeşitleri ve miktarları da meydana gelecek değişikliklere etki eder.

Tablo 2

Mikroorganizma	Atmosferik Koşullar	Bozulma Belirtileri
Bakteriler	Aerobik	Kötü koku ve lezzet, yağ dekompozisyonu, renk değişimi, sümüksü yapı oluşumu
Bakteriler	Anerobik	Kötü kokunun eşlik ettiği putrefikasyon, acılaşıma ve gaz oluşumu
Mayalar	Aerobik	Kötü koku ve lezzet, renk değişimi

Kanatlı etlerinde kötü koku bozulmanın başlangıç belirtilerindedir. Etlerde meydana gelen kötü kokunun nedeni karkastaki mikrobiyel gelişme düzeyine ve amonyak oluşumuna bağlıdır. Kötü koku genellikle mikroorganizma düzeyi 10^7-10^8 kob/cm² düzeyine ulaştığında ortaya çıkmaktadır. Yine karkaslardaki kötü kokunun aerob genel canlı sayısı ile de ilişkili olduğu ve genel canlı yükünün 10^5-10^8 kob/cm² arasındaki değerlere ulaştığı zaman kötü kokuların hissedildiği belirtilmiştir.

Glikoz/glikonat düzeyinin saptanabilir sınırların altına indiği durumlarda da sensorik değişimlerin meydana gelmeye başladığı bilinmektedir.

Aerobik koşullarda bozulma sırasında kötü kokuya neden olan ve ilk önce açığa çıkan bileşenler dimetil sülfid, dimetil disülfid, propilen sülfid gibi sülfür bileşikleri ve esterlerdir. Bunlar amino asitlerin yıkılmasından sonucu oluşmaktadır.

Kötü kokuya neden olan en önemli bakteriler *Pseudomonas* spp.'dir. Örneğin *P. fragi* kötü kokuya neden olan etil esterlerin en önemli üreticisidir. İstenmeyen koku oluşturan diğer bakteriler arasında *Shewanella putrefaciens*, *Serratia*, *Hafnia*, *Proteus* gibi türler yer alır.

Açığa çıkan kötü kokulu birçok bileşenin yanında amonyak oluşumu da istenmeyen kokunun gelişiminde etkilidir. Hidrojen sülfid de bozulmanın bir diğer önemli belirtisidir. Amonyak ve hidrojen sülfid, sistenin enzimatik olarak pirüvata dönüşümü sırasında açığa çıkmaktadır. Ancak hidrojen sülfid oluşturan bakteriler *Pseudomonas*lar değil *Enterobacteriaceae* familyasındakilerdir.

Anerobik ortamlarda veya modifiye atmosferik koşullarda ette meydana gelen değişimler ve etkili mikroorganizmalar daha önce de belirtildiği gibi farklıdır. Bu koşullarda oluşan kötü koku daha asidik ve acımsı şeklinde betimlenmektedir. Bunun nedeninin enerji kaynağı olarak glikozun kullanılması ve glikoz fermantasyonu olduğu belirtilmektedir. Bu durumda asetik, isobutanoic, L- isopentatol gibi bileşenler açığa çıkmaktadır.

Vakum paketli veya modifiye atmosfer paketli ürünlerde *Lactobacillus* spp. tarafından meydana gelen değişiklikler ön plandadır. Asetat miktarının artışı heterofermentasyonu hızlandırmakta ve etanol, propanal gibi bileşikler bozulmada en etkili hale gelmektedir. Özellikle modifiye atmosfer paketlerde *B. thermosphacta* tarafından peynirimsi bir kötü kokunun oluştuğu, bunun da diasetil ve alkollerden ileri geldiği saptanmıştır.

Bozulmayla gelişen diğer değişiklikler, ürünler üzerinde sümüksü bir yapının oluşması ve renk değişiklikleridir. Karkaslardaki sümüksü görünümün mikrobiyel gelişiminin 107-109 kob/cm² ye ulaştığı zaman görüldüğü belirtilmektedir.

Birçok gözlemlerde özellikle boyun derisi alındıktan sonra karkaslar üzerinde karakteristik ester benzeri koku ile para büyüklüğündeki alanlarda renk değişikliği belirtildiği bildirilmiştir. Bu alanlarda kısa süre sonra çok sayıda küçük saydam koloniler ile kas yüzeylerinde ve deride sümüksü tabakaların gelişimi gözlenmiştir. Bu aşama, *P. fragi*'nin yoğun koku oluşumuna neden olduğunu fakat pigment oluşturmadığını belirtmiştir.

Shewanella putrefaciens'in pH 6'nın altında gelişemediği bilinmektedir. Ancak buna rağmen ortamda glikoz varsa amonyak ve sülfid oluşturmaktadır. Bu sülfid bileşikleri kötü koku oluşturmalarının yanında etin renginde de değişikliği sebep olur.

Serratia, *Enterobacter* ve *Hafnia* yüksek pH'lı taze etlerde, vakum paketlemede kokuşmanın oluşmasında etkilidir. Fakültatif anaerob bu mikroorganizmalar organik asitler, hidrojen sülfid oluştururken, etlerde yeşilimsi renk meydana getirmektedirler.

Laktik asit bakterileri de vakum paketli ve modifiye atmosfer paketli ürünlerde glikoz fermantasyonuna yol açarak, asidik kötü kokular, gaz ve sümüksü doku oluşturmaktadırlar. Ayrıca bunlara ek olarak ette yeşil renkli alanlarda meydana gelmektedir. Ancak bilindiği gibi laktik asit bakterileri yüksek proteolitik aktiviteye sahip değildirler. Fazla miktarda amin veya sülfid oluşumuna neden olmadıklarından bozulma sırasına meydana getirdikleri organoleptik değişimler çok güçlü değildir.

Psikrofil anaerobik *Clostridium* türleri, vakum paketlerdeki bozulmalarla ilişkilendirilmiştir. Paket bütünlüğünün bozulmasına neden olan aşırı gaz oluşumuyla karakterizedirler ve bütirik asit, bütanol, kükürtlü bileşikler üretirler.

Bozulmaya Etki Eden Faktörler

Bozulma, mikroorganizma türü, etin yapısı ve bileşimi yanında mikroorganizmaların gelişimine etki eden sıcaklık, pH, su aktivitesi, gıdaya uygulanan koruyucu maddeler gibi bir çok faktörden etkilenebilen kompleks bir prosestir. Soğuk muhafaza, vakum veya modifiye atmosfer paketleme gibi uygulamalarla kanatlı etinin raf ömrü uzatılmaya çalışılsa da bozulma ekstrinsik ve intrinsik birçok faktöre bağlı şekillenebilmektedir.

Sıcaklık

Bozulmayı hızlandıran ve mikroorganizma gelişimi üzerinde en çok etkili olan faktör sıcaklıktır. Genel anlamda sıcaklık yükselişi ile bozulmaya neden olan mikroorganizmaların sayısı arasında doğru bir orantı olduğu bilinmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi muhafaza sıcaklığı hangi tip mikroorganizmanın üreyip, çoğalacağına üzerine de etkilidir.

Soğuk muhafaza koşulları en çok *Pseudomonas*'lar için idealdir. 0 °C de bile *P. fluorescens* gibi psikrofil bakteriler nedeniyle bozulma gözlenebileceği hatırlanmalıdır. Sıcaklık yükseldikçe *Enterobacteriaceae* familyası gibi mezofilik bakteriler için uygun ortam oluşur. Genellikle etin dondurulması, mikroorganizma sayısını düşürmektedir ancak bu durumda da maya ve küfler baskın hale gelmektedir.

Raf ömrünü uzatmak ve bozulmayı geciktirmek amacıyla en sık uygulanan işlem soğuk veya donmuş muhafazadır. Özellikle kanatlı eti üretiminde kesimden, üreticiye kadar olan her aşamada soğuk zinciri korumak dikkatle üzerinde durulması gereken bir noktadır. Kesimhanelerde, son üründe sıcaklığının 0-2 °C arasında olması istenmektedir. Parçalama ve paketlenme bölümlerinde kontaminasyon riskinin yüksek olduğu göz önünde bulundurularak, bu alanlarda ortam ısısının 12 °C' yi geçmemesine dikkat edilmelidir.

Marketlere sevk ve taşıma sırasında da soğuk zincirin muhafazası önemlidir. Markette satışa sunulan kanatlı etleri donmuş ise donmuş muhafazası korunmalı, eğer herhangi bir işlem görmemişse soğuk muhafaza edilmelidir. Yapılan çalışmalar, karkasların +2 °C yerine 0 °C de tutulmasının raf ömrünü 7 güne kadar arttırdığını göstermektedir. Donma noktasının hemen altındaki derecelerde örneğin, -2 °C'de, kötü kokunun 38 güne kadar oluşmadığı, hatta belirgin bir tat değişikliğinin de olmadığını saptandığı çalışmalar söz konusudur.

Uygulanacak sıcaklık ne olursa olsun, etin başlangıç florasında mikroorganizma yükünün düşük olması, bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların az sayıda bulunmasına dikkat edilmelidir. Dondurma ya da soğutma işlemi gerçekleşene kadar geçen sürede bu bakteriler çoğalır ve enzim üretirlerse, donmuş muhafaza sırasında bile bozulma şekillenebileceği unutulmamalıdır.

Nem ve Su aktivitesi

Ette mikrobiyel gelişimin olabilmesi için sıcaklık gibi ortamdaki nem miktarı da oldukça önemlidir. Tablo 3'de yapılan bir çalışmada nemli örnekler ile kuru örneklerde farklı sıcaklıklarda mikroorganizma gelişimi gösterilmiştir. Belirgin bir şekilde mikroorganizma sayısının nemi fazla etlerde yüksek olduğu, hatta yüksek sıcaklığın eşlik ettiği durumlarda 72 saat içinde çürümenin gözlenmeye başladığı bildirilmiştir.

Tablo 3

Süre	Aerobik bakteri sayısı kob/cm ²			
	2-3 °C		7-10 °C	
	Nemli yüzey	Kuru yüzey	Nemli yüzey	Kuru Yüzey
24	400.000	40000	1.000.000	200 000
72	760 000	42.000	Bozulma	4.000 000

Et ve et ürünlerindeki ozmotik basınç da bir diğer etkili faktördür. Ürün yapısındaki çözünmüş tuzlar ve karbonhidratlar gibi bileşenler, mikroorganizma üremesi üzerine oldukça etkilidir. Bu değer en iyi şekilde su aktivitesi (aw) ile değerlendirilmektedir. aw değeri, gıdadaki suyun basıncının aynı sıcaklıktaki saf suyun basıncına oranıdır. Taze kesilmiş tavuk eti başta olmak üzere, hayvansal gıdaların çoğunun aw değeri 0.99 civarındadır. Bu değer bozulmaya neden olabilecekler dahil bir çok mikroorganizmanın gelişmesi için idealdir.

Genel olarak küf ve mayalar düşük aw değerlerini bakterilere oranla daha iyi tolere ederler. Yapılan birçok çalışma göstermektedir ki, aw değerinin düşürülmesi ile etin yüzeyindeki mikroorganizmaların üremesi arasında ters bir ilişki vardır. Bu nedenle aw değerinin düşürülmesine yönelik uygulamalar ile kanatlı ürünlerinde raf ömrünü uzatmak mümkündür. Örneğin, kanatlı kesim prosesi sırasında son ürünün sıcaklığını düşürmek amacıyla uygulanan su soğutma tekniğinde aw değeri 0.996 olarak saptanırken, hava soğutma ile bu değer ancak 0.970 kadar yükselebildiği bildirilmiştir.

Tuzun kendisinin, birçok bakterinin gelişimini baskıladığı bilinmektedir. Ürünlerin tuz ile muamelesi aw değerini düşürmekte, halofil mikroorganizmalar dahil bir çok etkenin üremesini baskılamaktadır. Böylece ürünlerde özellikle kırmızı renk oluşturmasıyla karakteristik halofilik mikroorganizmaların istenmeyen etkileri ortadan kaldırılabilir. Tuz gibi şeker ilave edilen ürünlerde de düşük aw değeri sayesinde bozulmanın geciktirilmesi söz konusudur. Ancak bazı Lactobacillus türlerinin, ürünlerde kullanılan yüksek şeker konsantrasyonlarını iyi tolere edebildiği, buna bağlı olarak da bozulmanın şekillenerek, kısa sürede tüketilmez ise tat ve yapıda değişikliklerin meydana geldiği bilinmektedir.

pH

Etin pH değerinin bozulmayla ilişkisinin, post-mortem değişikliklerin şekillendiği aşamadan itibaren başladığı daha önceki bölümlerde belirtmişti. Mikrobiyel gelişmenin sağlanabilmesi açısından da etin pH değeri önemli bir kriterdir. Bozulmaya etki eden mikroorganizmaların çoğunun gelişebileceği optimal pH değeri yaklaşık 7 olmasına karşın, düşük pH değerlerinde etkisini gösteren mikroorganizmaların varlığı da göz ardı edilmemelidir. Örneğin tipik özellikleri karbonhidratları parçalamak olan laktik asit bakterilerinin optimal gelişme aralıkları pH 5,5-6'dır. Fakat genel olarak bakıldığında pH 4'ün altında ve 9'un üstünde çoğu mikroorganizmanın gelişmediği bilinir.

Bozulmaya neden olan mikrobiyel enzimlerin optimum çalışma değerlerinin mikroorganizmalarınkinden farklı olabileceği unutulmamalıdır. Proteolitik etkili enzimler en iyi nötre yakın pH'larda çalışırken, karbonhidratlara etkiyen enzimler pH 6'nın altında iyi aktivite göstermektedir.

Kanatlılarda karkasın bölümleri arasında da pH farkı bulunmaktadır. Bu da farklı kısımlarda farklı bozulmaların oluşacağına bir göstergesidir. pH değeri 5,7-5,9 arasında değişen göğüs etinde ve pH değeri 6,4-6,7 olan but kısmında pigment oluşturan ve oluşturmayan her iki tip Pseudomonas'ın da rahatlıkla üreyebildiği bildirilmiştir. Ancak Acinetobacter ve Moraxella spp. sadece but kısmında üreyebilirken, Shewanella putrefaciens'in üremesinin but kısmında daha hızlı olduğu tespit edilmiştir.

Redoks Potansiyeli ve Atmosferik Koşullar

Gıdalardaki redoks potansiyeli (Eh) mikroorganizmaların gelişimi üzerinde etkili bir diğer faktördür. Bir ortamın elektronları alma ve verme eğilimi veya başka bir deyişle oksitlenme ve indirgenme, redoks potansiyeli olarak ifade edilir. Eh'nin mikroorganizmalar üzerine etkisi genellikle logaritmik üreme fazında süreyi uzatması şeklindedir. Bir gıdanın oksidasyon-redüksiyon koşulu mikroorganizmanın yüzeyde veya iç kısımlarda üremesi üzerine etkilidir.

Pseudomonas'ların iyi üreyebilmeleri için oksijen ve pozitif Eh değerleri gereklidir. Bunun için bu gruptaki bakteriler oksijenin bulunduğu ve kolayca sağlanabileceği gıdanın dış yüzeylerinde daha çok bulunurlar. Pseudomonas'lar Eh değerleri +100/ +500 mV düzeyinde gelişerek müköz bir yapı ve kötü koku oluştururlar.

Fakültatif anaerob özellikteki Enterobacteriaceae familyasına ait bakteriler hem yüzeyde hem de etin derin kısımlarında üreyebilmektedirler. Bozulma meydana getirebilmek için bazı Clostridium spp. türlerinin mutlak anaerob ortama ihtiyacı vardır ve ancak negatif Eh değerlerinde çoğalabilmektedirler.

Bozulma yapıcı mikroorganizmaların bu özelliklerine dayanarak raf ömrünü uzatmak amacıyla farklı paketleme teknikleri uygulanmaktadır. Vakum paketleme veya modifiye atmosfer paketleme bunlara örnektir. Vakum paketleme daha çok kırmızı et sektöründe kullanım alanı bulmuş olsa da kanatlı ürünlerinde de tercih edilmektedir. Yapılan çalışmalarda 1°C'de vakum paketlerde saklanan tavuk karkasların raf ömrünün 4 gün arttığı belirtilmektedir. Hindi etinde de vakum paketleme ile kötü koku oluşumunun göğüs etinde 16 günden 25 güne, butta da 14 günden 20 güne çıkartıldığı bildirilmiştir.

Sonuç olarak, bozulma birçok nedene bağlı oluşabilen kompleks bir süreçtir. Gıdalarda gelişen ve metabolize olan mikroorganizmalar bozulmanın en önemli nedenidir. Güvenilir ve sağlıklı gıda tüketim ihtiyacının giderek arttığı günümüzde, bozulma nedeniyle kaybedilen ürünlerin önemi ortadadır. Dünya çapında üretilen gıdaların yaklaşık % 20'sinin tüketilmeden yok olduğu tahmin edilmektedir. Bu kayıpların büyük çoğunluğunun mikrobiyolojik nedenlere bağlı olduğu

bilinmektedir. Ayrıca bozulma nedeniyle meydana gelen ekonomik kayıpların da ülke ve dünya ekonomisine etkisi göz ardı edilemeyecek boyutlardadır.

Kanatlı etlerinde raf ömrünü uzatmak amacıyla en sık uygulanan işlem soğuk muhafazadır. Soğuk muhafaza altında bozulmaya neden olan baskın tür *Pseudomonas* spp.'dir Bunun yanında *Acinetobacter*, *Moraxella* ve *Psychrobacter* spp (*Ac. johnsoni* ve *Psychr. immobilis*) *Brochotrix*, *Lactobasillus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Serratia*, *Hafnia*, *Proteus*, *Shewanella*, (öncelikle *Alteromonas*) ve bazı mikroaerofilik mayalar önem taşımaktadır. Bazı *Bacillus* spp. ve sporlu anaerob *Clostridium* spp. kimi zaman bozulmalarda rol oynayabilir Uygulanacak sıcaklık ne olursa olsun, etin başlangıç florasında mikroorganizma yükünün düşük olması, bozulmaya neden olabilecek mikroorganizmaların az sayıda bulunmasına dikkat edilmelidir. Dondurma ya da soğutma işlemi gerçekleşene kadar geçen sürede bu bakteriler çoğalır ve enzim üretirlerse, donmuş muhafaza sırasında bile bozulma şekillenebileceği unutulmamalıdır.

Bozulmaya neden olan mikroorganizmalar canlı hayvandan, toprak ve su gibi çevresel etmenlerden ya da kesim, paketleme, taşıma ve depolama gibi bir çok aşamada alet-ekipman veya personelden ete bulaşabilmektedir. Bu da göstermektedir ki çiftlikten sofraya her aşamada teknolojik ve hijyenik şartlar büyük önem taşımaktadır. Sağlıklı ve güvenilir gıda elde edebilmek ve gıda kayıplarını en aza indirebilmek için, üretimin her aşamasında uygun hijyenik ve teknolojik şartlar sağlanmalıdır. Üreticilerin de bu konuda yeterli ve gerekli bilgiye sahip olmaları kaçınılmazdır.

Tüketiciler ve üreticiler gıda üretiminde ayrılmaz bir bütündür. Tüketiciler gıda üretim zincirinin son halkasını oluşturmaktadır. Bu nedenle tüketicilerin gıda kayıplarının önemi, nasıl şekillendiği, korunma yolları gibi birçok konuda bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

Kaynaklar

Makalede yer alan 31 adet kaynak istendiğinde yazarından temin edilebilir.