



## Pastırma Mikrobiyatası

Adalet DIŞHAN<sup>1</sup>, Hasan YETİM<sup>2</sup>, Zafer GÖNÜLALAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Kayseri/TÜRKİYE

<sup>2</sup>İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

◆ Geliş Tarihi/Received: 10.11.2021

◆ Kabul Tarihi/Accepted: 01.12.2021

◆ Yayın Tarihi/Published: 31.12.2021

**Bu makaleye atıfta bulunmak için/To cite this article:**

Dişhan A, Yetim H, Gönülalan Z. Pastırma Mikrobiyatası. Bozok Vet Sci (2021) 2, (2):115-125.

**Özet:** Pastırma, tuzlu ve kuru işlenmiş, çemenle kaplı, orta nemli gıdalar sınıfında, tüketime hazır geleneksel Türk et ürünlerinden birisidir. Biyotayı ekseriyetle koagülaz negatif stafilokoklar ve laktik asit bakterileri oluşturmaktadır. Pastırmanın imalat ve sonrası işlem aşamalarında mikrobiyotada değişiklikler gerçekleşmektedir. Et mikrobiyal bozulma yönünden dayanıksız bir gıda maddesi olmasına rağmen sağlıklı ve yüksek verim özelliğine sahip hayvanlardan tekniğine uygun olarak elde edilen etlerinin kullanılması başlangıç mikroorganizma sayısının düşük olmasını sağlamaktadır. Üretim ve satış yerlerinde gıda ile temas halinde bulunan personel hijyenine dikkat edildiğinde ve yetersiz ya da yanlış hijyenik uygulamalar ile çapraz kontaminasyonların önüne geçildiğinde mikrobiyal ajanların gıdalara geçişi en az seviyeye indirgenecektir. Kütleme ve kurutma işlemleri ile su aktivitesi azaltılarak güvenilir ve stabil bir et ürünü elde edilmektedir. Pastırmalık etlerin çemenlenmesi ile çemenin bileşimindeki biyoaktif maddeler bazı patojenlerin gelişimini engellerken, etin yüzeyinde küfün gelişmesini engelleyici bir yapı olarak fonksiyon göstermektedir. Laktik asit bakterilerinin ürettikleri bakteriyosinler, engel teknolojisinin önemli bir bileşeni olarak görülürken aynı zamanda işletmenin çalışma alanlarında biyofilm oluşumunu engelleyici fonksiyonları dolayısı ile dikkat çekmektedir. Kritik kontrol noktalarının etkin çalıştırılması ve üretim hijyeni ile pastırmanın güvenilir olmasının yakın ilişkisi ve pastırmanın doğal biyotasının faydaları göz önüne alındığında, pastırma mikrobiyolojik kalite sorunu olarak halk sağlığı açısından oldukça az endişe oluşturduğu sonucuna varılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Pastırma, Mikrobiyota, Kütleme, Hijyen, Starter, Engel

## Microbiota of Pastırma

**Abstract:** Pastırma is one of the traditional Turkish meat product that is ready to eat, salted and dried, covered with cemen, and categorized as a medium moisture food. The biota mostly harbour coagulase negative staphylococci and lactic acid bacteria. Changes emerge in the microbiota during the manufacturing and post-processing stages of pastırma. Notwithstanding being a perishable food item of meat, healthy and high yielding animals' meat slaughtered in accordance with technique ensures that initial microbial count is low. The transmission of microbial agents to food will be minimized when attention is paid to the hygiene of personnel in contact with food in production and sales areas, inadequate or erroneous hygienic practices and cross-contaminations are prevented. A reliable and stable meat product is acquired by reducing the water activity via curing and drying processes. The bioactive substances originated from cemen inhibit some pathogens and play role as a structure that prevents the development of mold on the surface of the meat. Bacteriocins produced by lactic acid bacteria is considered as a crucial hurdle technology member and take attention due to hindering biofilm formation in facility. With regard to the effective operation of critical control points and the close relationship between hygiene and reliability of pastırma, and the benefits of natural biota, pastrami poses less public health concern as a microbiological quality issue.

**Keywords:** Pastırma, Microbiota, Curing, Hygiene, Starter, Hurdle

### 1. Giriş

Et; yüksek biyolojik değerlikli zengin protein, esansiyel yağ asitleri, mineraller ve vitaminler gibi yapısal unsurlar ile mikroorganizmaların çoğalmasına ve gelişmesine imkân veren mikroorganizmalar için optimum pH ve su aktivitesi değerlerine sahiptir (1). Bu özelliği dolayısı ile insan beslenmesi için son derece önemli olan etin, güvenilir niteliklere sahip olarak elde edilmesi ve muhafaza edilmesine yönelik teknikler geçmişten günümüze süreklilik arz ederken bilimsel gelişmelere koşullar olarak dinamik bir yapı göstermektedir.

Etin muhafaza özellikleri ve kalite nitelikleri, kimyasal özelliklerine olduğu kadar yapısında bulunan doğal biotadaki, saprofit ve fermentatif mikroorganizmalar arasındaki denge ile yakından ilişkilidir (2). Tüm bu değişkenler et üretimindeki olumsuzluklara bağlı olarak bulunabilecek patojen mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasına da imkân sağlamaktadır (3).

Taze et son derece besleyici ancak çok çabuk bozulabilen bir gıda maddesidir. Günümüzde etin muhafazasında, tuzlama, kütleme, uygun iklimik ortamlarda kurutma gibi teknikler yoğun bir biçimde kullanılmaktadır (4). Fermentasyon, etin tüketiciler tarafından güvenilir bir biçimde tüketilmesi için anahtar öneme sahip işleme

tekniklerinden birisidir. Etin, tüketime hazır gıda olarak üretilmesinde, taşıma ve depolama kolaylığı, yüksek besleyici değeri ve kalite niteliklerinin dayanıklı hale getirilmesi pek çok avantajı dolayısı ile fermentasyon et ürünlerinin üretiminde ayrı bir yere sahiptir (4). Günümüzdeki, depolama, taşıma, paketleme imkânlarının olmadığı eski dönemlerde bu teknik ile etlerin uzun süreli muhafaza edilmesi mümkün olabilmıştır. Tarihi kayıtlar milattan önce 2000’li yıllardan beri etlerin kurutulması, fermentasyonu, salamura edilmesi, tuzlanması ve tuzun etin muhafazası amaçlı kullanımının varlığını bildirmektedir (5). Etin muhafaza edilmesi için bilinen en eski yöntemlerden bir tanesi tuzlandıktan sonra güneşte kurutulması olmakla birlikte et ürünlerinin güvenilirliğinin artırılması, kalite niteliklerinin geliştirilmesi için starter kültürlerle olan ilginin de son yıllarda giderek artmakta olduğunu belirtmek gerekmektedir (6).

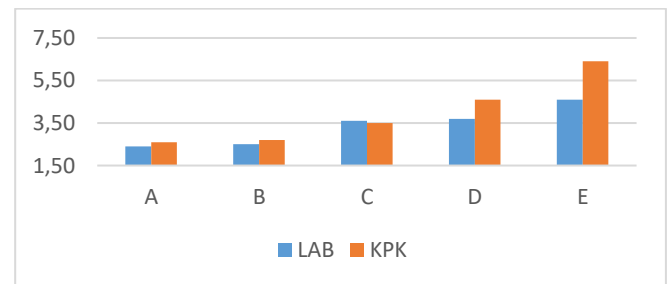
Türkiye ve yakın coğrafyasında sevilerek tüketilen geleneksel bir ürün olan pastırma, tuzlama (kürleme), kurutma ve baskılama aşamalarından sonra etlerin çemenlenmesiyle üretilen bir et ürünüdür (7). Pastırma, üretim teknolojisi gereği orta düzeyde nem içeren gıdalar grubunda yer almaktadır. Bu yönü ile uygun saklama koşullarında aylarca muhafaza etmek mümkündür. Türk Standartları Enstitüsü (TSE) pastırmayı; “Kasaplık büyükbaş hayvan gövde etlerinden usulüne göre ayrılan parçaların teknolojik işlemlerden geçirilerek, izin verilen katkı maddeleri ile hazırlanıp kurutulduktan sonra çemenlenmesi, yeniden kurutulması ile elde edilen kemiksiz et ürünü”, Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği ise; “Büyükbaş hayvan karkaslarından usulüne göre ayrılan parça etlerin teknolojisine uygun olarak kürleme ve yıkama işlemlerinden sonra baskılama ve kurutma işlemlerine tabi tutulup, çemenlendikten sonra yeniden kurutulması ile elde edilen ısı işlem uygulanmamış kürlenmiş ve kurutulmuş et ürünü” şeklinde tanımlamaktadır (8). Pastırma üretiminde geleneksel olarak sığır ve manda etleri kullanılmaktadır (9). Buna ilaveten hindi, tavuk, balık etlerinden pastırma üretilmesinin mümkün olduğu gibi koyun, domuz, at etleri kullanılarak üretilen pastırmalar da bildirilmiştir (10).

Pastırmanın imalat aşamalarında mikrobiyotada önemli değişiklikler gerçekleşmektedir. Pastırma biyotasını ekseriyetle koagülaz negatif stafilocoklar ve laktik asit bakterileri meydana getirmektedir (11). Mikrobiyotanın şekillenmesinde, üretimde kullanılan tuz miktarı başta olmak üzere pH, kurutma sıcaklığı gibi iç ve dış faktörlerin önemli rollerinin olduğu belirtilmektedir (12). Pastırmanın imalatı boyunca etlerin su aktivitesi azalarak son üründe su aktivitesi 0,90 değerinin altına düşmekte ve üründe mikrobiyal stabilite oluşmaktadır (13).

Bir çalışmada deneysel pastırma üretiminin basamakları ile bir et işletmesinde üretilen ticari pastırmaların mikrobiyolojik özelliklerini Tablo 1’de incelenmiştir (14).

Ticari et işletmesinin pastırma üretim basamaklarında incelenen mikroorganizma sayılarının yüksek olduğunu, pastırma üretimi için belirlenen çeşitli kritik kontrol noktalarından aldığı örneklerin analizlerine dayanarak, pastırma üretiminde kullanılan et, çemen yapımında kullanılan hammaddenin (özellikle et, buy otu tohumu unu ve toz kırmızı biber), üretiminde kullanılan ekipman (parçalama kütüğü, baskı makinası, bıçak) ve çalışanların (eller) en önemli kontaminasyon kaynakları olduğunu bildirmiştir. Çalışmada, pastırmanın güvenilir olmasının; üretimde kritik kontrol noktalarının etkin çalıştırılması ve üretim hijyeni ile yakın ilişki içerisinde olduğu sonucu vurgulanmıştır.

Türkiye’de yapılan çalışmalarda pastırmalarda hâkim biyotayı laktik asit bakterileri (LAB), stafilocok ve mikrokokların oluşturduğu bildirilmektedir (15). Kaban, pastırma üretiminin; kürleme öncesi, kürleme sonrası, ilk kurutma sonrası, ikinci kurutma sonrası, son ürün basamaklarındaki fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini incelemiştir (16). Ürünün son pH değeri ( $5,86 \pm 0,06$ ) üzerinden yaptığı değerlendirmede yazar, pastırma üretiminde tam anlamıyla laktik fermentasyonun şekillenmediğini, aslında pastırmanın, laktik fermentasyonun görülmediği Fransız ve İtalyan kuru kürleme ile üretilen jambonlarda ile kuru kürleme uygulanmış İspanyol lacona benzer bir et ürünü olduğunu belirtirken, LAB ve katalaz pozitif kokların (KPK) sayılarında pastırma üretim süreci boyunca artışlar tespit edilmiştir. Üretim süreci boyunca LAB sayılarını log 5 kob/g seviyelerinin altında belirlerken, KPK sayılarının ise log 6 kob/g’den daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Pastırmada hâkim biyotayı Gram (+) katalaz pozitif kokların oluşturduğu tespit edilmiştir (Şekil 1). Türkiye’de pastırmaların mikrobiyolojik özelliklerini tanımlamaya yönelik olarak birçok araştırma Tablo 2’de verilmiştir (17-21).



**Şekil 1:** Pastırma üretimi sürecinde LAB ve KPK sayılarındaki değişim: A; kürleme öncesi, B; kürleme sonrası, C; birinci kurutma sonrası, D; ikinci kurutma sonu, E; son ürün.

### 1.1. Kürlemenin Mikrobiyolojisi

Pastırma üretiminde kürleme işlemi uygulanmaktadır. Kürleme; tuz ile nitrat, nitrit, sakkaroz, glikoz gibi çeşitli

kimyasal maddelerin karışımından meydana gelmektedir (22). Tuz kullanılmasıyla ürünün su aktivitesi düşmekte, mikrobiyolojik stabilite ve kas proteinlerinin çözünürlüğü artırmakta ve tuz, ürün güvenliğine, tekstürün gelişmesine, aynı zamanda aromaya katkı sağlamaktadır (23). Pastırma üretiminde kürlenme maddesi olarak tuz ile birlikte nitrat kullanılmaktadır (22).

Kürlenmiş et ürünlerinin başlangıç mikrobiyotası, etin elde edilme işleminin hijyenik kalitesine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklikler göstermekle birlikte, tuz ile diğer kürlenme maddelerinin etkisi ile mikrobiyota halotolerant mikroorganizmaların hâkimiyetine girmeye başlamaktadır (5).

**Tablo 1:** Pastırma Üretim Basamaklarında Mikroorganizma Sayıları (log<sub>10</sub> kob/g)

Örnek	Üretim Basamağı	TAMB	Lb.	S-M	Ps.	Koliform	Entb.	Entk.	M-K
Deneysel Pastırma Örnekleri	Et	5,41	3,46	3,59	2,81	1,89	2,86	3,48	4,50
	Tuzlama	4,46	3,03	3,09	2,25	1,67	2,04	2,59	3,71
	Yıkama	5,12	3,25	3,67	3,00	0,68	2,25	2,82	3,96
	Baskılama	4,60	3,07	3,30	2,56	0,96	1,79	2,87	3,48
	Kurutma	3,68	2,63	2,63	<1	<1	1,19	1,54	2,67
Ticari Pastırma Örnekleri	Çemenleme	4,93	3,41	3,86	0,69	0,35	1,40	2,37	<1
	Et	4,99	2,56	2,42	1,46	1,42	2,36	1,81	3,85
	Tuzlama	4,21	1,52	2,44	<1	0,93	1,66	2,83	3,21
	Yıkama	4,71	2,92	3,39	2,20	1,64	3,10	2,50	3,46
	Baskılama	4,80	2,85	3,15	2,22	1,80	2,76	2,47	3,08
	Kurutma	4,13	3,03	2,66	<1	<1	0,59	1,47	3,19
	Çemenleme	5,56	3,77	4,08	0,35	1,15	3,41	2,88	4,14

TAMB; Toplam aerobik mezofilik genel canlı, Lb; Laktobasil, Ps; Pseudomonas, S-M; Stafilokok-Mikrokok, Entb; Enterobakter, Entk; Enterokok, M-K; Maya-Küf

Pastırma dışındaki bazı kürlenmiş et ürünlerinin buzdolabında muhafaza edilmesi, vakum paketlenmesi psikrotrofik özelliklerdeki laktik asit bakterileri, enterokok, mikrokok ve mayaların hâkimiyetine girebilmektedir. Muhafaza süresinin uzamasına ve mikroorganizmaların gelişmesine bağlı olarak ette bozulma belirtileri görülmeye başlamaktadır. Nitrit, oksidatif ransiditenin oluşmasını geciktirmektedir (24).

Pastırma gibi kürlenmiş, asılarak kurutulmuş, baskıya alınmış et ürünlerinde tüm bu aşamaların 10°C'nin altındaki sıcaklıklarda gerçekleştirilmesi *Salmonella* gibi enterik patojenlerin gelişimini baskılamaktadır (25, 26). Üretimin 3-4 hafta gibi uzun bir süreyi kapsıyor olması, Enterobacteriaceae familyasına ait mikroorganizmaların yıkılanmasına olanak sağlarken, mikrokok, enterokok, laktik asit bakterileri ve kserofilik mayalar gibi mikroorganizmaların gelişmesine dolayısı ile kompleks tat ve aromanın oluşmasına imkân sunmaktadır (7). Pastırma üretiminde kullanılan çiğ etlerde Enterobacteriaceae familyasına ait bakterilerin sayısı 2 log kob/g düzeylerinin altında belirlenirken, üretim süresince tespit edilebilir seviyelerin altına düştükleri belirtilmiştir (15).

Etin iç kısımlarına tuzun yeterince penetre olamaması sonucunda etlerin merkezi bölgelerinde bozulmalar

meydana gelebilmektedir (27). Kürlenmiş etlerde aw ve pH düşüşleri arzulanan süre ve hızda şekillenmez ise üründe enterobakterilerin ve *Clostridium* türlerinin neden olduğu mikrobiyal bozulma belirtileri ortaya çıkmaktadır (28). Bu mikroorganizmalar kürlenme maddeleri etin merkezinde yeterli konsantrasyonlara ulaşmadan önce faaliyetlerini devam ettirmeleri ile ürün kalitesini ve görünümünü olumsuz yönde etkilemektedirler. Kürlenmiş etlerde görülebilen yeşillenmeler, *Shewanella putrefaciens*, Enterobacteriaceae ve *Lactobacillus sake* gibi bakterilerin ürettiği H<sub>2</sub>S'in oksimiyoglobini ile reaksiyona girmesi sonucunda sülfhemoglobin oluşumunun şekillendiğini göstermektedir (29). *Staphylococcus xylosus* taze etlerde in vitro ortamlarda metmiyoglobini nitrozomiyoglobine dönüştürme kabiliyetindedir (30).

Etin mikrobiyotası, özellikle LAB ve koagülaz negatif stafilokoklar (KNS), tuzlama, kürlenme ve kurutma gibi işlemlerden büyük ölçüde etkilenmektedirler (31). Kürlenmiş et ürünlerinde KPK'ların, LAB'lere göre daha yüksek lipolitik ve proteolitik etkiler geliştirdikleri için son ürünün tekstürü üzerine sergiledikleri etkinin, tat, aroma ve renk gibi özelliklerden daha ön planda olduğu bildirilmektedir.

Tablo 2 : Türkiye'de pastürmaların mikrobiyolojik özelliklerini tanımlamaya yönelik çalışmalar

Çalışma	Şehir	Örnek Sayısı (n)	TAMB	LAB	SM	P	Koliform	Entb.	Entk.	<i>E. coli</i>	MK	KPS	SİA	S	CP	LM	CB
(17)	Konya		7,08		5,89		%36; 34,45				%80 5,08						
(18)	Ankara	80	4-8	4-8	4-7	<2,30	<2,30-3	<2,30-4	<2,30-4		<2,30-5	<1	<1	-			
(19)	Erzurum	48		3,75- 7,89	4,0- 7,45		<1	<1		1,30	<2,00- 5,76			-	44- <1,00		
(20)	Eskişehir	8	2,09- 3,33								1,53- 3,18				1- 1,30 3- 1,48		
(21)	Kayseri Afyon Erzurum Sivas Kahramanmaraş Elâzığ İstanbul	20		3,60- 8,41				<2,00- 5,41	4,76- 5,11		<2,00- 6,60						

TAMB; Toplam aerobik mezofilik bakteri-LAB; laktik asit bakterileri- SM; stafyokok-mikrokok- P; psikrofilik- Entb; enterobakter- Entk; enterokok; MK; maya, küf- KPS; koagülaz pozitif stafyokok- SİA; sülfid indirigeyen anaerob- S; Salmonella spp- CP; Clostridium perfringens-LM; Listeria monocytogenes- CB; Clostridium botulinum

Doğal fermente et ürünlerinde *Staphylococcus equorum*, *Staphylococcus saprophyticus* ve *Staphylococcus xylosus* baskın olarak bulunurken, *Staphylococcus carnosus*, *Staphylococcus succinus*, *Staphylococcus vitulinus* ve *Staphylococcus warneri* daha düşük düzeylerde varlıklarını sürdürmektedirler. Günümüzde et ürünlerinin imalatında yaygın olarak kullanılan starter kültür mikroorganizmaları *S. carnosus* ve *S. xylosus*'tur (33).

Et ürünleri imalatında kürlenme ajanları olarak nitrat ve/veya nitritin kullanımı eski çağlardan beri bilinmektedir (28). Avrupa Birliği direktiflerine göre, ısıtma işlemi görmüş et ürünlerinde kalıntı nitrit düzeyi 100-150 mg/kg, ısıtma işlemi görmemiş et ürünlerinde ise 150 mg nitrite ilave olarak 150 mg/kg seviyelerinde nitratın bulunmasına izin verilmektedir (34).

Stafilokokların büyük bir kısmı sahip oldukları nitrat redüktaz enzimi ile nitratı, nitrite indirgemektedir. Et ürünlerinde nitrit, nitrik okside (NO) kimyasal indirgenme ile dönüşerek *Clostridium botulinum* ve *Listeria monocytogenes* gibi patojenlerin gelişimini durdurarak mikrobiyal güvenlik sağlamakla birlikte lezzet, tat ve renk gelişimine de katkı sağlamaktadır (28). Fermente et ürünlerinin mikrobiyotasının önemli unsuru olan LAB'leri asidifikasyon; KPK ise renk, lezzet gibi özelliklerin gelişmesi üzerine etkilidir (35).

Nitritin indirgenmesi sonucu oluşan nitrik oksit, myoglobin ile reaksiyona girmekte ve oluşan nitrosomyoglobin (MbFe(II)NO), ürüne pembemsi kırmızı rengini vermektedir (36). Nitrik oksit, nitrik oksit sentetaz (NOS) enzimi sentezleyebilen stafilokok cinsi mikroorganizmalar tarafından arjinin aminoasidinden de üretilmektedir (37). NOS enzim aktivitesi etlerde yaygın olarak bulunan birçok KNS türü ve *S. xylosus*'ta da görülmektedir. NOS benzeri aktiviteyi *Staphylococcus haemolyticus*'ta göstermektedir. NO son derece reaktif bir bileşik olmakla birlikte düşük yoğunluklarda sinyal molekülü olarak görev yapan, yüksek yoğunluklarda nitrozatif strese neden olmakta ve bu özellikleri ile bakterilerin fizyolojileri üzerine etki göstermektedir (30).

Kürlenmiş et ürünü modellerinde *S. xylosus* 24 saat sonunda nitratın %80'den fazlasını indirgeyebilmektedir (38). Kürlenmiş et ürünlerinde sıklıkla izole edilen *S. equorum* ile daha seyrek olarak izole edilen *S. saprophyticus*'ta nitrat redüktaz aktivitesi sergilenmektedir (31).

Fermente et ürünlerinde, pH 5.5 düzeylerine indikten sonra nitrit etin yapısında bulunan suda çözünen bir forma kavuşmakta nitroz asidine (HNO<sub>2</sub>) dönüşerek anhidroz yapısı (Nitrojen trioksit, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ile bir denge içerisinde hareket etmektedir. Nitritin bu iki formu, yine ortamda bulunan NO ve nitrojen dioksit (NO<sub>2</sub>) ile denge kurmaktadır (24). NO son derece güçlü serbest radikal özelliği gösteren bir gaz olarak biyolojik zarlardan hızla geçebilmekte, DNA,

lipitler ile tiyol grubu ve metal element içeren proteinler ile doğrudan reaksiyona girebileceği gibi çeşitli reaktif nitrojen bileşikleri aracılığı ile de bu fonksiyonları gerçekleştirebilir (39).

Kürlenmiş et ürünlerinde nitrit kullanımının N-nitrozo bileşiklerinin oluşumuna neden olduğu bunun toksisite (oral yolla letal etki için nitratın kilogram vücut ağırlığı başına 80-800 mg, nitritin ise 33-250 mg düzeylerinde alınması gereklidir) ile 1970'li yıllarda Amerika Birleşik Devletleri'nde kızartılmış baconlarda karsinogenik tabiatta olan N-nitrozaminlerin tespit edilmesi ile farklı bir boyuta taşınmıştır. Yapılan epidemiyolojik çalışmalar, kürlenmiş et ürünü tüketimi ile, insanlarda görülmekte olan beyin kanseri, çocukluk çağı lösemisi, kolorektal ve özefageal kanserler arasında ilişkinin varlığını bildirmektedir. Ancak bu bilgilere muhalif görüşlerde mevcuttur ki tartışmaların kaynağı bu görüşlerdir. Uluslararası Kanser Araştırmaları Ajansı, 2006 yılında yaptığı değerlendirmeye göre, nitrat ve nitrite sindirim yolu ile maruz kalınmasının endojen nitrozasyona neden olduğu ve insanlar için muhtemel bir karsinogenik etkinin varlığına dikkat çekmiştir. Bazı araştırmacılar da insan tükürük salgısında endojen nitritin varlığına, nitrate maruz kalmada temel faktörlerin sebze ve meyve tüketimi olduğunu bildirmişlerdir. Kürlenmiş ürünlerle gıda katkısı olarak kullanılan nitritin, vücutta meydana gelen nitrojen oksitlerin çok küçük bir kısmından sorumlu olduğu iddia edilmektedir (40).

## 1.2. Pastırma üretiminde engel oluşturma (hurdle) teknolojisi

Engel teknolojisi, bir koruma stratejisi olarak farklı tekniklerinin birleşimidir. Engel yöntemlerinin birleştirilmesi ile, kalite kaybı en aza indirilirken mikrobiyal büyüme üzerindeki genel etki yüksek kalabilmektedir (41). Kürlenme ve kurutma işlemleri ile su aktivitesi azaltılarak son üründe 0,85-0,90 düzeylerine kadar getirilerek mikrobiyal bakımdan güvenilir ve stabil bir et ürünü elde edilmektedir (42). Pastırma üretiminde su aktivitesi ile birlikte; nitrat, pH, rekabetçi mikrobiyotaya ile sarımsak, kırmızı biber kaynaklı mikrobiyal inhibitörler de istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engelleme üzerine etkilidir (7).

Pastırma üretiminde sağlıklı ve yüksek verim özelliğine sahip hayvanlardan tekniğine uygun olarak elde edilen etlerinin kullanılması başlangıç mikroorganizma sayısının düşük olmasını sağlamaktadır. Etler şaklanarak kürlenme maddelerinin çabuk ve etkin bir biçimde homojen olarak yayılmasına neden olmaktadır (25). Etin su aktivitesi tuzlama, baskılama ve kurutma aşamalarında hızlı bir biçimde düşürülerek, son üründe tuz düzeyi %5,5-6,0, su aktivitesi ise 0,85-0,90 seviyelerine ulaşmaktadır (10). Kürlenme maddesi olarak nitrat istenmeyen mikroorganizmaların gelişmesini engelleyen önemli bir bariyerdir (24). Pastırmada üretim boyunca et ve çemenin

gramda  $10^7$  kob düzeylerine çıkan laktik asit bakterileri rekabetçi mikrobiyata olarak ve pH'nın düşmesindeki etkileri ile yine önemli bir engeli meydana getirmektedir (7). Pastırmalık etlerin çemenlenmesi, çemenin bileşiminde bulunan sarımsak ve kırmızı biberdeki biyoaktif maddeler dolayısı ile bazı patojen mikroorganizmaların gelişimini engellerken, etin yüzeyinde küfün gelişmesini engelleyici bir yapı olarak fonksiyon göstermektedir (43, 44).

### 1.3. Pastırma üretiminde starter kültür kullanımı

Pastırma üretiminde starter kültür olarak genellikle, Gram ve katalaz pozitif koklar ve LAB olarak önerilmektedir (22). Etin fermentasyonu doğal mikrobiota ya da inokülasyon ile kazandırılan mikroorganizmalar tarafından pH'nın düşürülmesi ile ürünün çok avantajlı bir yapıya dönüşmesine yol açmaktadır (45). Fermentasyon, çevresel faktörlerin etkisine son derece açık bir işlemdir. Fermentasyon işleminin başarısı, etlerin, taze, düşük ya da hiç kontamine olmamış özellikte olması, işlemin sanitasyon kurallarına sıkı sıkıya bağlı bir şekilde yürütülmesi, sıcaklık, rutubet, zaman gibi değişkenlerin ve fermentasyonda görev alan mikroorganizmaların kontrol edilebilmesi ile yakın ilişkilidir (46).

Fermente etlerde en önemli kazanım, kas dokusunda doğal olarak bulunan depo glikojen ya da işlem sırasında ilave edilen şekerlerden mikroorganizmaların metabolizması sonucu üretilen ve antimikrobiyal özellikteki laktik asittir. Fermentasyonun en önemli unsuru laktik asit olmakla beraber, tuzlama ve/veya kürlenme, kurutma işlemleri ile ürünün su aktivitesinin düşürülmesi de kritik bir husustur (4). Doğal ve kontrollü fermentasyonlarda *Leuconostoc*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Aerococcus* ve *Pediococcus* cinsine ait LAB, elzem rol oynamaktadır (47). Bu mikroorganizmaların etlerde gelişime kabiliyeti fermentasyonun başarısını ve ürünün piyasa başarısını belirleyici etkiye sahiptir (45). Günümüzde, starter kültür pazarının hâkimiyeti, metabolik aktiviteleri ve lezzet oluşumuna etkileri dolayısı ile LAB ve/veya mikrokoklardadır (35). Fermente ürünler düşük pH ve aw nitelikleri nedeni ile uzun raf ömrüne sahiptir. Endüstriyel ölçekte üretilen etler dâhil olmak üzere çoğu yüksek kalite standardına sahip ve güvenilir gıda maddelerinin fermente edilmesinde doğal biota yerine starter kültür kullanımı bir gereksinim haline gelmiştir. Et endüstrisinin temel starter kültürünü, homofermantatif LAB ve/veya pediokoklar ve *Micrococcus* türleri gibi Gram ve katalaz pozitif koklar oluşturmaktadır (32, 35). Ürünlerde laktik asidin hızlı şekillenmesi kalite ve güvenlik hususlarını belirleyici öneme sahiptir.

Ürünün elde edilmesi sırasında istemeyen bazı mikroorganizmaların gelişimi ciddi sorunların oluşması anlamına gelir. *Clostridium*, *Bacillus* cinsine ait bazı saprofit bakteriler ile mezofilik özellikteki bozulma etkenleri,

fermentasyon sürecinde homofermantatif LAB'lerinin düşük düzeyde laktik asit oluşturmaları dolayısı ile gelişme imkânı bulabilmektedir (48).

Etin fermentasyonu, ürünün kalite nitelikleri üzerine etki eden bir dizi fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimi kapsamaktadır. Etin asitleşmesi ve pH'sının azalması kritik bir role sahip olmakla birlikte, diğer önemli hususlar; protein ve yağların hidrolizi, nitratın nitrite indirgenmesi, nitrozomiyoglobulin meydana gelmesi ve dehidrasyondur (49). Laktik asit oluşumu dışındaki sayılan değişimler başlıca endojen ve mikrobiyal enzimlerin hâkimiyetinde cereyan etmektedir (50). Fermente et ürünlerinde lezzet; asit oluşumu ile peptidler ve serbest aminoasitler gibi düşük molekül ağırlığına sahip lezzet unsurları, aldehytler, organik asitler ve aminler gibi proteoliz ürünlerine bağlı olarak meydana gelmektedir (16). Fermente et ürünlerinde aroma oluşumunda; lipit oksidasyon ürünleri, serbest yağ asitleri ve uçucu bileşiklerinin de etkili olduğu bildirilmektedir (51).

Antimikrobiyal özelliğe sahip bazı LAB'leri, gıdaların güvenilirliğinin sağlanması ve muhafaza süresinin uzatılması maksatları ile değerlendirilmektedir. Koruyucu kültürler, besin unsurları için rekabet etmeleri, laktik-asetik asit gibi organik asitleri, düşük molekül ağırlıklı; hidrojen peroksit, karbondioksit, diasetil ve sınıflandırılmamış bazı metabolitleri, yine yüksek molekül ağırlığına sahip bakteriyosinler gibi antimikrobiyal peptidler gibi ürünleri üretmek suretiyle bioatamın diğer üyeleri ile rekabet etmektedir (52). Bakteriyosinler, LAB'leri tarafından üretilen, Gram pozitif mikroorganizmaların gelişimini durduran ya da inhibe eden antimikrobiyel peptidlerdir. Bazı LAB'lerinin ürettikleri bakteriyosinlerin kullanımı hurdle teknolojisinin önemli bir bileşeni olarak görülürken aynı zamanda işletmenin çalışma alanlarında biyofilm oluşumunu engelleyici fonksiyonları dolayısı ile de dikkatleri çekmektedir (53).

LAB'lerinin koruyucu kültür olarak kullanılan büyük bir bölümü, ABD Gıda ve İlaç Dairesi (FDA; Food and Drug Administration) tarafından "Genellikle Emniyetli" olarak (GRAS; Generally Recognized As Safe) değerlendirilmektedir (54). Bu mikroorganizmalar FDA'nın spesifik kullanımlar için güvenli ve insanlar tarafından tüketimi zararsız olarak değerlendirildiği; AB Gıda Güvenliği Otoritesi'nin de (EFSA; European Food Safety Authority) benzer bir yaklaşım sergilediği liste içerisinde yer almaktadır. EFSA, gıda zinciri içerisinde yer alan mikroorganizmalar için güvenliğin nitelikli karinesi (QPS; Qualified Presumption Of Safety) yaklaşımını uygulamaya koymuştur (55).

LAB'leri Gram pozitif, sporsuz, genellikle hareketsiz, karbonhidrat metabolizmalarının en önemli son ürünü olarak laktik asit meydana getiren, fermentasyon yapan çubuk ya da koklardır. Nitriti indirgeyemezler, porfirinoidlerin

yokluğunda katalaz negatif, aero ve asit toleranslıdır (56). Çoğu LAB sitokrom bulundurmaz ancak hem varlığında aerobik solunum yapabilmektedir. LAB'leri gelişmek için; karbonhidrat, yağ asitleri, vitaminler ve aminoasitleri gibi son derece karmaşık bir besin unsurlarına ihtiyaç duymaları dolayısı ile aslında zor üreyen, müşkülpesent mikroorganizmalar olarak bilinmektedir. Taksonomik çalışmalarla LAB'leri 20 cinsi kapsayan (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Streptococcus*, *Aerococcus*, *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Pediococcus*, *Tetratogenococcus*, *Vagococcus*, *Weissella* gibi) bir grubu temsil etmektedir (56).

Türkiye'de pastırma üretiminde *Lactobacillus sakei* + *Staphylococcus xylosus*; *Lactobacillus pentosus* + *Staphylococcus carnosus* ile farklı düzeylerde kürlenme maddelerinin ürün özelliklerine etkilerini araştıran çalışmalar yapılmıştır (57). Starter kültür kullanılan pastırmaların kalıntı nitrat ve nitrit bakımından faydalı etkilerinin olduğu bildirilmiştir. Manda pastırmalarında starter kültür olarak kullanılan *Staphylococcus carnosus*; *Staphylococcus carnosus* + *Lactobacillus pentosus*'un son ürünün kalite nitelikleri üzerine olumlu etkiler gösterdiği tespit edilmiştir.

#### 1.4. Pastırma üretiminde dumanlama

Dumanlama işlemi et ürünlerinin muhafaza süresinin artırılması esas amacı ile günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Dumanlama işlemi ile ürün muhafaza süresinin uzatılması ile birlikte lezzet, tat, koku, renk gibi özelliklerin geliştirilmesi mümkün olmaktadır. İşlemin dezavantajlı yanı sıra ise karsinogenik tabiatta polisiklik aromatik hidrokarbonların oluşması ve üründe birikmesidir (58).

Gürbüz ve ark. (59), üretimini yaptıkları pastırmalara çemenleme öncesi ve sonrasında ılık (30°C'de) ve sıcak (54°C'de) dumanlama işleminin etkisini incelemişlerdir. Çalışmada incelenen toplam aerobik mezofilik mikroorganizma, Stafilokok-Mikrokok, Laktobasillus ve maya-küf bakımından çemenleme işlemi öncesi sıcak dumanlama uygulanan örneklerde en düşük sayıların tespit edildiği bildirilmiştir. Örneklerin hiçbirisinde koliform mikroorganizma üremesi gözlemlenmediği belirtilmiştir. Etin yüksek ısıda dumanlanmasının, duman bileşiminde bulunan bileşiklerin inhibitör etkisine bağlı olarak sayısal azalmalara neden olduğu sonucunun altı çizilmiştir.

#### 1.5. Pastırmanın ambalajlanması

Pastırmanın farklı ambalajlama yöntemleri ile muhafaza koşullarında mikrobiyal kalite özelliklerinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır (7).

Garcia-Esteban ve ark. (60), vakumlu paketlenme ile iki farklı modifiye atmosfer paketlenme işlemi uygulanmış (vakum, %100 N<sub>2</sub>; %80 N<sub>2</sub>+%20 CO<sub>2</sub> karışımı), kuru kürlenmiş ve

buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen et ürününde (jambon) muhafaza süresince renk, tekstür ve mikrobiyolojik niteliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Sekiz haftalık muhafaza periyodu sonunda, mikrobiyolojik sayım sonuçlarına göre vakum ambalajlama, %100 N<sub>2</sub> ile %80 N<sub>2</sub>+%20 CO<sub>2</sub> gaz karışımları ile modifiye paketlenmiş örneklerde mezofil aerob bakteri sayıları sırası ile log 3,97; 3,29; 3,64 kob/g, laktik asit bakteri sayıları tüm gruplar için <log 2; kob/g, maya ve küf sayıları log 2,60; 2,54; 2,54 kob/g olarak tespit edilmiştir. Bütün gruplar için Enterobacteriaceae, Koliform, *E. coli*, sülfid indirgeyen sporlu anaerob, *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter jejuni*'nin saptanabilir düzeylerin altında olduğu sonucu bildirilmiştir. Sonuç olarak üç farklı tipte uygulanan ambalajlama yöntemleri kıyaslandığında, mikrobiyolojik, bazı fiziksel ve kimyasal özellikler bakımından belirgin bir farklılık bulunmadığı sonucu elde edilmiştir.

#### 1.6. Geleneksel pastırma satışının hijyen sorunu

Et mikrobiyal bozulma yönünden oldukça dayanıksız bir gıda maddesidir. Tüketime hazır et ürünleri, tüketim öncesi herhangi bir işlem uygulanmadan direkt tüketilmek amacıyla üretilmiş et ürünü olarak tanımlanmakta olup pastırma da tüketime hazır gıda maddeleri içerisinde yer almaktadır (61).

Gıda intoksikasyon ve enfeksiyon vakalarından elde edilen çalışma verilerine göre, tüketime hazır et ürünlerinden kaynaklanan hastalıklardan başlıca *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella* spp. *Listeria monocytogenes*, *E. coli* O157 ve O111 bakterilerinin sorumlu olduğu bildirilmiştir (62). Satış yerlerinde gıda ile temas halinde bulunan personel, yetersiz ya da yanlış hijyen uygulamaları, çapraz kontaminasyonlar neticesinde patojenlerin gıdalara geçişine neden olmaktadır (61). Bakteri transferinin sıklıkla gıda hazırlanması esnasındaki yanlış uygulamalardan kaynaklandığı belirtilmektedir. Özellikle tüketime hazır gıdalara el teması patojenlerin gıda maddelerine girişinde potansiyel bir mekanizma olarak karşımıza çıkmaktadır (63). Yapılan bir çalışma ile çapraz kontaminasyon olgularının sıklıkla yeterince dekontamine edilmemiş kesim tahtalarından ve yeterince dekontamine edilmeden kullanılan bıçaklardan kaynaklandığı ortaya konmuştur (61).

Gıdaya personel tarafından kontaminasyonu muhtemel olan enterik patojenler genel olarak *E. coli*, *Hepatit A virüsü*, *Salmonella* spp. *Shigella* spp. ve *Clostridium perfringens* olarak rapor edilmekte olup *Yersinia*, *Proteus*, *Campylobacter* ve *Klebsiella* türleri gibi çiğ hayvansal ürünlerden köken alan patojenler çalışanların ellerini sonrasında gıdayı, ekipmanları ve diğer çalışanları da kontamine edebilmektedir. Hayvansal orijinli gıdalarla kontamine *E. coli* O157: H7 ve *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter jejuni*, *Clostridium perfringens*, *Toxoplasma gondii*, *Salmonella* spp. ve *Staphylococcus*

*aureus* olmak üzere bu ajanların Amerika Birleşik Devletleri'nde her sene 3.3-12.3 milyon hastalık vakasına ve 3900 ölüme sebebiyet verdiği bildirilmiştir. Buna ilaveten ekonomik yönden hastalığa ilişkin kayıpların 6.3-35 milyon dolara ulaştığı belirtilmiştir (61, 64).

Açık ortamda satışı yapılan tüketime hazır gıdalardan ve çevrelerinden alınan örneklerin mikrobiyolojik kalitesinin tespitine yönelik bir çalışmada tüketime hazır et ürünlerinin patojenlerle bulaşı durumunun oluşumunu en elzem basamak olarak ürünün dilimlenmesi sırasındaki muamelelerden kaynaklandığı ortaya konmuştur (65). Dilimleme işlemi sonrası ürünün vakum paketli ortama maruz bırakılarak bozulma mikroorganizmalarının üremesinin önlenmesiyle ürünün raf ömrü, buzdolabı koşullarında birkaç haftaya kadar çıkabilmektedir. Buzdolabı ortamı sıcaklığında *Salmonella* spp. gibi patojen mikroorganizmaların üremesi kontrol altına alınabilmesine rağmen psikotrofik *Listeria monocytogenes* gibi organizmaların üremesi inhibe edilememektedir (61). Modifiye atmosfer paketleme yapılan bir çalışma da yaklaşık log 1 kob/g *Listeria monocytogenes* inokülasyonu gerçekleştirilen salam örneklerinde *Listeria monocytogenes* düzeyinin 35 gün içinde log 8 kob/g'a kadar artış gösterdiği ortaya konulmuştur (66).

### 1.7. Pastırmalarda patojen mikroorganizma sorunu

*Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* ve *Campylobacter* spp. gibi bazı gıda patojenlerinin et ürünlerine uygulanan fermentasyon, olgunlaştırma ve kurutma gibi işlemlerden sonra varlıklarını sürdürebildikleri bildirilmektedir. Bu patojen mikroorganizmalardan bazılarının kürlenmiş, fermente edilmiş ve kurutulmuş çeşitli pazarlarda satışa sunulan et ürünlerinden izole edildiği de bildirilmiştir (67). Bazı kürlenmiş ve kurutulmuş et ürünlerinin üretim aşamasında deneysel olarak patojen mikroorganizmalar ile kontamine edilerek etkenlerin varlığının araştırıldığı çalışmalar gerçekleştirilmiştir. *Listeria monocytogenes*, doğada yaygın olarak bulunan, psikrotrofik tabiatla ve NaNO<sub>3</sub> gibi kürlenme işleminin bileşenlerine karşı kısmi direnç gösteren yapısı dolayısıyla birincil kontaminasyonlar açısından ön plana çıkan bir gıda kaynaklı patojendir. Diğer patojen mikroorganizmaların daha yaygın olarak ikincil bulaşmalar şeklinde kurutulmuş ve kürlenmiş et ürünlerinde ortaya çıkabileceği düşünülebilmektedir (68).

Büyükünal ve ark. (26), İstanbul, Adapazarı, Afyon ve Kayseri'de bulunan perakende satış yerleri ve üreticilerden topladıkları 66 pastırma numunesinden üç adedinde *Salmonella* spp., iki adedinde ise *Listeria monocytogenes* varlığını tespit ederken örneklerin hiçbirisinde *Escherichia coli* O157 izole edememişlerdir. Reynolds ve ark. (69), deneysel olarak üretilen jambonlarda yüzeysel ve enjeksiyonla derin kısımlara 10<sup>9</sup> kob/ml düzeyinde *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes* ve *S.*

*aureus* etkenlerini içeren inokulumlar ile kontamine etmişlerdir. Kürlenme işlemini takip eden 69. günde *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7, *L. monocytogenes*, ve *S. aureus*' ta sırası ile 5.5, 5.5, 4.0, ve 0.3 log düzeylerinde redüksiyonun gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Jambonların 120. gün aw değeri 0.91'in altında belirlenmiş, 5.5 pH ve %8 tuz konsantrasyonu ile 20°C sıcaklıkta muhafaza edilen jambonların *Staphylococcus* spp. üremesinin ve stafilokokal enterotoksin üretiminin önlenmesi için yeterli olduğu sonucunu elde etmişlerdir. Rainaldi ve ark. (70), kuru tuzlanmış Bresaola' da *L. monocytogenes*'in depolamanın yedinci gününe kadar varlığını sürdürdüğünü bildirmişlerdir. Huerta ve ark. (71) ise, kuru tuzlama işleminin son basamaklarında koliform grubu mikroorganizmaların büyük ölçüde yıkımlandığı sonucunu elde etmişlerdir.

Pastırma çemen sosu ile kaplanan bir et ürünü olduğu için çemenin patojen mikroorganizmalar üzerindeki etkisinin araştırıldığı Yetim ve ark. (43)'m yaptığı bir çalışmada, çemenin *E. coli*, *S. aureus* ve *Y. enterocolitica*'nın gelişimi üzerine inhibitörük etki gösterdiğini, antibakteriyel etkinin ortaya çıkmasında çemenin bileşiminde bulunan çemenotu, kırmızı biber ve sarımsağın etkilerine ek olarak yaklaşık 4.83 olan pH değerinin önemli bir hurdle olarak etki gösterdiği belirtilmiştir.

Sığır sistiserokizisinin etkeni *Taenia saginata*'nın larvası olan *Cysticercus bovis*, tüm dünyada yaygınlık gösteren önemli bir zoonotik hastalıktır. Etkeni taşıyan sığır etlerinin değerinin düşmesi ya da imha edilme zorunluluğu dolayısıyla ile ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulmalıdır. Etken, -10°C'de 10-14 gün, -7°C'nin altında 21 günde bekletilen; 60°C'nin üzerinde ısıl işlemin tam anlamıyla uygulanan; 95-100°C'de 30 dakika bekletilen; 8-12°C'deki salamura çözeltisinde 21 gün bekletilen etlerde hastalık oluşturma kabiliyetini kaybetmektedir (72). Pastırmalarda *Cysticercus bovis* varlığına ilişkin bir çalışmaya rastlanılmamakla birlikte, bu etken bakımından pastırmaların incelendiği araştırmalara ihtiyaç bulunmaktadır. Kontrolsüz kesilen ve veteriner hekim muayenesinden geçirilmeyen etler önemli bir halk sağlığı problemidir. Kasaplık hayvan etlerinde bulunabilen bir başka paraziter zoonoz *Toxoplasma gondii*'dir (73). Küresel ölçekte insan popülasyonunun 1/3'ünün bu parazite maruz kaldığı bildirilmiştir. Etken çoğu yetişkinde ciddi bir soruna neden olmazken, gebelik döneminde hastalığa maruz kalan bebeklerde ve bağışık yetmezliği bulunanlarda körlük ve mental geriliğe neden olmaktadır. Jones ve Dubey (74), etkenin Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan çalışmalarda sığırlarda yaygın olmadığını bildirmiş olmakla birlikte Türkiye'de Aydın İli'nde yapılan bir çalışmada dişi sığırların %78,8'i, erkek sığırların ise %22,2'si seropozitif olduğu *Toxoplasma gondii*'nin yaygın bulunduğu bildirilmiştir. Herrero ve ark. (75), deneysel olarak üretimini yaptıkları enfekte hayvanların elde edilen jambonlarda



etkenin 12 ay boyunca hastalık oluşturma kabiliyetini koruduğunu ve kürlenme ve kurutma işlemlerinin et ürünlerini *Toxoplasma gondii* bakımından güvenli hale getirmediklerini bildirmişlerdir. Türkiye’de satışı yapılan pastırmalarda *Toxoplasma gondii* mevcudiyeti bakımından çalışmalara gereksinim duyulmaktadır.

## 2. Sonuç

Geleneksel bir Türk gıdası olan pastırma, benzerlerinden farklı olarak çemen ile kaplanmış, kürlenmiş, kurutulmuş, orta nemli gıda sınıfında yer alan et ürünlerinden birisidir. Pastırma üretimi boyunca kürlenme ve kurutma aşamalarında su aktivitesi azaltılarak son üründe 0,85-0,90 seviyelerine düşürülerek daha güvenilir mikrobiyal ortam içeren bir et ürünü elde edilmektedir. Su aktivitesi faktörüne ek olarak; nitrat, sarımsak, baharat gibi mikrobiyal baskılayıcılar ve pH, kompetitif biyotada istenmeyen mikroorganizmaların gelişimine engel oluşturma konusunda etkilidir.

Pastırmada hâkim biyotayı LAB, stafilokok ve mikrokokların oluşturduğu bildirilmekle birlikte, LAB etin muhafazası ve fermentasyon süreçlerinde önemli bir rol oynamakta ve teknolojik olarak önemli kabul edilmektedir. Laktik asit üretimi ile pH’ı azalmakta ve patojen ya da bozulmaya neden olan mikroorganizmaların gelişimini önlemek için bakteriyosinler üretmektedir. Laktik asit bakterileri, gıda güvenliğine doğal biyokoruyucu ve iyi bir biyoteknolojik alternatif olarak kabul edilmektedir. Böylece hijyenik güvenlik sağanarak, stabilite ve et ürünlerinin raf ömrünü iyileştirebilmektedir. Bununla beraber, LAB'nin proteoliz ve lipoliz aktiviteleri ile pastırmanın aroma, renk ve tekstürel özelliklerine katkıda bulunmaktadır.

Üretimde kritik kontrol noktalarının etkin çalıştırılması ve üretim hijyeni ile pastırmanın güvenilir olması yakın ilişkili olduğu ve pastırmanın doğal biyotasının faydaları göz önüne alındığında, pastırma mikrobiyolojik kalite sorunu olarak halk sağlığı açısından oldukça az endişe oluşturmaktadır. Ancak, proses sonrası kontaminasyon veya dilimleme gibi işlemler ile mikrobiyal risk artabilmektedir. Bu nedenle pastırmaların uygun şekilde paketlenmesi ve raf ömrünü optimize etmek için 4°C’de muhafaza edilmesi tavsiye edilmektedir.

## Kaynaklar

- Pereira PMDC, Vicente AFDRB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Science* 2013; 93: 586-592. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.09.018.
- Kołożyn-Krajewska D, Dolatowski ZJ. Probiotics in fermented meat products. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria* 2009; 8: 61-74.
- Castellano P, Pérez Ibarreche M, Blanco Massani M, Fontana C, Vignolo GM. Strategies for pathogen biocontrol using lactic acid bacteria and their metabolites: a focus on meat ecosystems and industrial environments. *Microorganisms* 2017; 5: 38. doi:10.3390/microorganisms5030038.
- Leroy F, Geyzen A, Janssens M, De Vuyst L, Scholliers P. Meat fermentation at the crossroads of innovation and tradition: a historical outlook. *Trends in Food Science Technology* 2013; 31: 130-137. doi: 10.1016/j.tifs.2013.03.008.
- Toldrá F. The Storage and Preservation of Meat: III-Meat Processing. Toldrá F. ed. In: *Lawrie’s Meat Science*, United Kingdom: Woodhead Publishing, 2017; p. 265-296.
- Talon R, Leroy S. Fermented meat products and the role of starter cultures. Batt CA, Tortorello ML. eds. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*. Amsterdam: Academic Press, Elsevier Ltd, 2014; p. 870-874.
- Karabıyıklı Ş, Öncül N, Cevahiroğlu H. Microbiological safety of pastrami: a traditional meat product. *LWT-Food Science and Technology* 2015; 64: 1-5. doi:10.1016/j.lwt.2015.05.006.
- Anonim. Pastırma Standardı. Pastırma. Türk Standartları Enstitüsü, 5 Şubat 2002 tarih ve 1071 numaralı standart, Ankara. 2002.
- Kılıç B. Current trends in traditional Turkish meat products and cuisine. *LWT-Food Science and Technology* 2009; 42: 1581-1589. doi:10.1016/j.lwt.2009.05.016.
- Mattiello S, Caroprese M, Crovetto GM, Fortina R, Martini A, et al. Typical edible non-dairy animal products in Africa from local animal resources. *Italian Journal of Animal Science* 2018; 17: 202-217. doi:10.1080/1828051X.2017.1348915.
- Dinçer E, Kıvanç M. Characterization of lactic acid bacteria from Turkish pastırma. *Annals of Microbiology* 2012; 62: 1155-1163. doi: doi.org/10.1007/s13213-011-0355-x.
- Kaban G. Sucuk and pastırma: Microbiological changes and formation of volatile compounds. *Meat Science* 2013; 95: 912-918. doi:10.1016/j.meatsci.2013.03.021.
- Akköse A, Aktaş N. Curing and diffusion coefficient study in pastırma, a Turkish traditional meat product. *Meat Science* 2014; 96: 311-314. doi:10.1016/j.meatsci.2013.07.026.
- İnat G. Pastırma Üretiminde Kontaminasyon Kaynaklarının Belirlenmesi ve İyileştirme Koşullarının Araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2008; 27: 53-59.
- Elmalı M, Yaman H, Ulukanlı Z, Tekinsen KK. Microbiological and some chemical features of the pastrami sold in Turkey. *Medycyna Weterynaryjna* 2007; 63: 931.
- Kaban G. Changes in the composition of volatile compounds and in microbiological and physicochemical parameters during pastırma processing. *Meat Science* 2009; 82: 17-23. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.11.017.
- Doğruer Y, Gürbüz Ü, Nizamlıoğlu M. Konya’da Tüketime Sunulan Pastırmaların Kalitesi. *Veteriner Bilimleri Dergisi* 1995; 11: 77-81.
- Ozdemir H, Sireli U, Sarımehtemetoğlu B. Ankara’da tüketime sunulan pastırmalarda mikrobiyal floranın incelenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 1999; 23: 57-62.
- Aksu Mİ, Kaya M. Some Microbiological, Chemical and Physical Characteristics of Pastırma Marketed in Erzurum. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 2001; 25: 319-326.
- Dinçer E. Et ve et ürünlerinde laktik asit bakterilerinin izolasyonu ve bunların antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniv Fen Bil Ens, Eskişehir, 2007. (thesis in Turkish with an English abstract).
- Ertekin Ö. Pastırmadan Enterokokların İzolasyonu/İdentifikasyonu ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Atatürk Üniv Fen Bil Ens, Erzurum, 2016. (thesis in Turkish with an English abstract).
- Çakıcı N, Aksu Mİ, Erdemir E. A survey of the physico-chemical and microbiological quality of different pastırma types: A dry-cured meat product. *CyTA-Journal of Food* 2015; 13: 196-203. doi:10.1080/19476337.2014.938123.

23. Hastaoglu E, Vural H. New approaches to production of Turkish-type dry-cured meat product "Pastirma": salt reduction and different drying techniques. *Korean journal for food science of animal resources* 2018; 38: 224. doi: 10.5851/2Fkosfa.2018.38.2.224.
24. Honikel KO. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products. *Meat Science* 2008; 78: 68-76. doi: 10.1016/j.meatsci.2007.05.030.
25. Aksu MI, Erdemir E, Çakıcı N. Changes in the physico-chemical and microbial quality during the production of pastırma cured with different levels of sodium nitrite. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources* 2016; 36: 617. doi: 10.5851/2Fkosfa.2016.36.5.617.
26. Büyükkunal ŞK, Şakar FŞ, Turhan İ, Erginbaş Ç, Sandıkçı Altunatmaz S et al. Presence of *Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157 and Nitrate-Nitrite Residue Levels in Turkish Traditional Fermented Meat Products (Sucuk and Pastırma). *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 2016; 22: 233-236. doi:10.9775/kvfd.2015.14238.
27. Gómez I, Janardhanan R, Ibañez FC, Beriain MJ. The Effects of Processing and Preservation Technologies on Meat Quality: Sensory and Nutritional Aspects. *Foods* 2020; 9: 1416. doi: 10.3390/foods9101416.
28. Govari M, Pexara A. Nitrates and Nitrites in meat products. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society* 2015; 66: 127-140. doi:10.12681/jhvms.15856.
29. Guerrero-Legarreta I. Spoilage of Cooked Meat and Meat Products. Batt CA, Tortorello ML. eds. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*, London: Academic Press, 2014; p. 508-513.
30. Ras G, Zuliani V, Derkx P, Seibert TM, Leroy S, et al. Evidence for nitric oxide synthase activity in *Staphylococcus xylosum* mediating nitrosoheme formation. *Frontiers in Microbiology* 2017; 8: 598. doi:10.3389/fmicb.2017.00598.
31. Stavropoulou DA, De Maere H, Berardo A, Janssens B, Filippou P et al. Species pervasiveness within the group of coagulase-negative staphylococci associated with meat fermentation is modulated by pH. *Frontiers in Microbiology* 2018; 9: 2232. doi: 10.3389/fmicb.2018.02232.
32. Kaban G, Kaya M. Identification of lactic acid bacteria and Gram-positive catalase-positive cocci isolated from naturally fermented sausage (sucuk). *Journal of Food Science* 2008; 73: M385-M388. doi: doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00906.x.
33. Leroy S, Giammarinaro P, Chacornac JP, Lebert I, Talon R. Biodiversity of indigenous *Staphylococci* of Naturally Fermented Dry Sausages and Manufacturing Environments of small scale processing units. *Food Microbiology* 2010; 27: 294-301. doi: 10.1016/j.fm.2009.11.005.
34. EU Commission. Commission Regulation (EU) No 1129/2011 of 11 November 2011 amending Annex II to Regulation (EC) No 1333/2008 of the European Parliament and of the Council by establishing a Union list of food additives. *Official Journal of the European Union L* 2011; 295: 1-177.
35. Laranjo M, Elias M, Fraqueza MJ. The use of starter cultures in traditional meat products. *Journal of Food Quality* 2017; 9546026. doi:10.1155/2017/9546026.
36. Ras G, Bailly X, Chacornac JP, Zuliani V, Derkx P, et al. Contribution of nitric oxide synthase from coagulase-negative staphylococci to the development of red myoglobin derivatives. *International Journal of Food Microbiology* 2018; 266: 310-316. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2017.11.005.
37. Sapp AM, Mogen AB, Almand EA, Rivera FE, Shaw LN, et al. Contribution of the nos-pdt operon to virulence phenotypes in methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus*. *PLoS One* 2014; 9: e108868. doi:10.1371/journal.pone.0108868.
38. Vermassen A, de la Foye A, Loux V, Talon R, Leroy S. Transcriptomic analysis of *Staphylococcus xylosum* in the presence of nitrate and nitrite in meat reveals its response to nitrosative stress. *Frontiers in Microbiology* 2014; 5: 691. doi: 10.3389/fmicb.2014.00691.
39. Thomas DD. Breathing new life into nitric oxide signaling: a brief overview of the interplay between oxygen and nitric oxide. *Redox Biology* 2015; 5: 225-233. doi:10.1016/j.redox.2015.05.002.
40. Taormina PJ. Meat and poultry: Curing of meat. Batt CA, Tortorello ML. eds. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*, London: Academic Press, 2014; p. 501-507.
41. Piližota V. Fruits and vegetables (including herbs). Motarjemi Y, Lelieveld H. eds. In: *Food Safety Management*. Oxford: Academic Press, 2014; p. 213-249.
42. Leistner L, Gorris L. Hurdle Technologies Combination Treatments for Food Stability, Safety and Quality. First Edition. New York: Springer Science Business Media, 2002; p. 93-94.
43. Yetim H, Sagdic O, Dogan M, Ockerman HW. Sensitivity of three pathogenic bacteria to Turkish cemen paste and its ingredients. *Meat Science* 2006; 74: 354-358. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.04.001.
44. Erginkaya Z, Konuray G. Microbial Assessment of Fenugreek Paste during Storage and Antimicrobial Effect of Greek Clover, *Trigonella foenum-graecum*. *International Journal of Nutrition and Food Engineering* 2016; 10: 855-858. doi: 10.5281/zenodo.1128281.
45. Laranjo M, Potes ME, Elias M. Role of starter cultures on the safety of fermented meat products. *Frontiers in Microbiology* 2019; 10: 853. doi:10.3389/fmicb.2019.00853.
46. Ananou S, Maqueda M, Martínez-Bueno M, Valdivia E. Biopreservation, an ecological approach to improve the safety and shelf life of foods. Méndez-Vilas A. ed. *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology*. Badajoz, Spain: Formatex, 2007; p. 475-486.
47. Holzapfel WH, Wood BJB. *Lactic acid bacteria biodiversity and taxonomy*. First Edition Chichester, UK: Wiley and Sons, 2014.
48. Lorenzo JM, Munekata PE, Dominguez R, Pateiro M, Saraiva JA et al. Main groups of microorganisms of relevance for food safety and stability: general aspects and overall description. Barba F, Sant'Ana A, Orlie V, Koubaa M. eds. In: *Innovative Technologies for Food Preservation*. London; Academic Press, 2018; p. 53-107.
49. El Adab S, Essid I, Hassouna M. Effect of starter cultures on microbial and physicochemical parameters of a dry fermented poultry meat sausage. *African Journal of Biotechnology* 2014; 13: 4155-4164. doi:10.5897/AJB2014.13874.
50. Flores M, Toldra F. Microbial enzymatic activities for improved fermented meats. *Trends in Food Science & Technology* 2011; 22: 81-90. doi:10.1016/J.TIFS.2010.09.007.
51. Olivares A, Navarro JL, Flores M. Establishment of the contribution of volatile compounds to the aroma of fermented sausages at different stages of processing and storage. *Food Chemistry* 2009; 115: 1464-1472. doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2009.01.083.
52. Vieco-Saiz N, Belguesmia Y, Raspoet R, Auclair E, Gancel F, et al. Benefits and inputs from lactic acid bacteria and their bacteriocins as alternatives to antibiotic growth promoters during food-animal production. *Frontiers in Microbiology* 2019; 10: 57. doi:10.3389/fmicb.2019.00057.
53. Silva CC, Silva SP, Ribeiro SC. Application of bacteriocins and protective cultures in dairy food preservation. *Frontiers in Microbiology* 2018; 9: 594. doi:10.3389/fmicb.2018.00594.

54. EC Regulation No 178/2002 of the European Parliament and of the Council of 28th January 2002 laying down the general principle and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety (OJ L 31 1.2.2002).
55. Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, Bolton D, Bover-Cid S, et al. Update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA 13: suitability of taxonomic units notified to EFSA until September 2020. *EFSA Journal* 2021; 19: e06377. doi: 10.2903/j.efsa.2021.6377.
56. Di Gioia D. Chapter 7-Safety of Fermented Meat. Vishweshwaraiah P, Martin-Belloso O, Keener L, Astley S, Braun S, McMahon H, Lelieveld. eds. In: *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*. San Diego: Academic Press, 2016; 125-148.
57. Aksu Mİ, Kaya M. The effect of starter culture use in pastırma production on the properties of end product. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science* 2001; 25: 847-854.
58. Ledesma E, Rendueles M, Diaz M. Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and prevention. *Food Control* 2016; 60: 64-87. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.07.016.
59. Gürbüz Ü, Doğruer Y, Nizamloğlu M. Pastırma Üretiminde Dumanlama İşleminin Uygulanabilme İmkanları ve Kaliteye Etkileri. *Veteriner Bilim Dergisi* 1997; 13: 57-68.
60. Garcia-Esteban M, Ansorena D, Astiasaran I. Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality. *Meat Science* 2004; 67: 57-63. doi: 10.1016/j.meatsci.2003.09.005.
61. Yildirim Y, Onmaz NE, Gönülalan Z, Al S, Yildirim A, et al. Microbiological quality of pastrami and associated surfaces at the point of sale in Kayseri, Turkey. *Public Health* 2017; 146: 152-158. doi: doi.org/10.1016/j.puhe.2017.01.003.
62. Younis RI, Nasef SA, Salem WM. Detection of Multi-Drug Resistant Food-borne Bacteria in Ready-to-Eat Meat Products in Luxor City, Egypt. *SVU-International Journal of Veterinary Sciences* 2019; 2: 20-35. doi:10.21608/SVU.2019.23168.
63. Campos J, Gil J, Mourão J, Peixe L, Antunes P. Ready-to-eat street-vended food as a potential vehicle of bacterial pathogens and antimicrobial resistance: an exploratory study in Porto region, Portugal. *International Journal of Food Microbiology* 2015; 206: 1-6. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2015.04.016.
64. Buzby JC, Roberts T. Economic costs and trade impacts of microbial foodborne illness. *World Health Statistic* 1997; 50: 57-66.
65. Zhu M, Du M, Cordray J, Ahn DU. Control of *Listeria monocytogenes* contamination in ready-to-eat meat products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 2005; 4: 34-42. doi:10.1111/j.1541-4337.2005.tb00071.x.
66. Beumer RR, Te Giffel MC, De Boer E, Rombouts, FM. Growth of *Listeria monocytogenes* on sliced cooked meat products. *Food Microbiology* 1996; 13: 333-340. doi:10.1006/fmic.1996.0039.
67. Talon R, Leroy S, Lebert I. Microbial ecosystems of traditional fermented meat products: The importance of indigenous starters. *Meat Science* 2007; 77: 55-62. doi:10.1016/j.meatsci.2007.04.023.
68. Menéndez RA, Rendueles E, Sanz JJ, Santos JA, García-Fernández MC. Physicochemical and microbiological characteristics of diverse Spanish cured meat products. *CyTA-Journal of Food* 2018; 16: 199-204. doi:10.1080/19476337.2017.1379560.
69. Reynolds AE, Harrison MA, Rose-Morrow R, Lyon CE. Validation of dry cured ham process for control of pathogens. *Journal of Food Science* 2001; 66: 1373-1379. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb15217.x.
70. Rainaldi L, Luciani MA, Picconi F. Behavior of *Listeria spp.* in meat products. *Italian Journal of Food Science* 1991; 34: 291-297.
71. Huerta T, Hernandez J, Guamis B, Hernandez E. Microbiological and physico-chemical aspects in dry-salted Spanish ham. *Zentralbl Microbiol* 1988; 143: 475-482.
72. Blagojevic B, Robertson LJ, Vieira-Pinto M, Vang Johansen M, Laranjo-González M et al. Bovine cysticercosis in the European Union: Impact and current regulations, and an approach towards risk-based control. *Food Control* 2017; 78: 64-71. doi:10.1016/j.foodcont.2017.02.052.
73. Weiss LM, Kiss K. *Toxoplasma Gondii: The Model Apicomplexan-Perspectives and Methods*. Second Edition. London: Academic Press Elsevier, 2013; p.1085.
74. Jones JL, Dubey JP. Foodborne toxoplasmosis. *Clinical Infectious Diseases* 2012; 55: 845-851. doi:10.1093/cid/cis508.
75. Herrero L, Gracia MJ, Pe'rez-Arquillue C, La'zaro R, Herrera A, et al. *Toxoplasma gondii* in raw and dry-cured ham: The influence of the curing process. *Food Microbiology* 2017; 65: 213-220. doi: 10.1016/j.fm.2017.02.010.