

## SÜTÜN LAKTOPEROKSİDAZ - TIYOSİYANAT - HİDROJEN PEROKSİT SİSTEMİ I. ANTİBAKTERİYEL ETKİSİ

### LACTOPEROXIDASE - THIOCYANATE - HYDROGEN PEROXIDE SYSTEM IN MILK I. ANTIBACTERIAL EFFECT OF THE SYSTEM

Asuman GÜRSEL

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü 06110 Dışkapı - Ankara

**ÖZET:** Laktoperoksidaz-tiyosiyanat-hidrojen peroksit sistemi buzdolabı sıcaklığında gelişen psikrotrof bakterilerle oda sıcaklığı ve üzerindeki derecelerde gelişerek sütü bozan bakterilere karşı doğal koruyucu bir sistemdir. Bu sistem gram-negatif bakterilere karşı öldürücü ve gelişimi engelleyici, gram-pozitif bakterilere karşı da gelişimi engelleyici bir etki sergilemektedir. Bu sistemle mikroorganizma yükü en fazla  $10^4$  adet/ml olan sütler, 10-20 ppm tiyosiyanat ve 10-20 ppm hidrojen peroksit ilavesiyle, oda sıcaklığını geçmeyen sıcaklık derecelerinde muhafaza edildiği takdirde 15 saate kadar nitelikleri bozulmadan korunabilmektedir.

**ABSTRACT:** Lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system is a natural preservative system against psychrotrophic and spoilage bacteria in milk stored at refrigerated and ambient temperatures. This system exerts a bacteriostatic and bacteriocide effects against gram-negative bacteria, whereas inhibitory against gram-positive bacteria. Milk with a bacterial content of not more than  $10^4$  cfu/ml could be well preserved at around ambient temperatures for about 15h by using 10-20 ppm of thiocyanate and 10-20 ppm of hydrogen peroxide to activate the system.

#### GİRİŞ

Sütün doğal niteliğini koruyabilmenin başlıca yolu bakteri etkinliğini frenlemektir. Bunun için sütün sağımdan hemen sonra soğutulması ve böylece bakteri etkinliğinin yoğun olduğu sıcaklıktan uzaklaştırılması gerekir. Sağımdan sonra sütün sıcaklığı 33-35°C dolayındadır ve bu sıcaklıktaki süt mezofil bakterilerin çoğalmasına oldukça uygun bir ortamdır. Sağımdan sonraki ilk birkaç saat içerisinde sütün bakterisit etkisi ile bu bakterilerin çoğalması ve faaliyetleri engellenebilmekte ve erken soğutmayla bakterisit fazın uzatılması amaçlanmaktadır (URAZ 1986). Sütün günlük olarak toplanması halinde 15°C'nin altına soğutma yeterli iken, iki ya da üç günde bir toplanması durumunda soğutma sıcaklığının 4°C'ye dek indirilmesi gerekmektedir (URAZ 1986). Çiğ sütün 4-5°C'de 48 saatten daha uzun süre muhafazası psikrotrof bakterilerin sayısında bir artışa yol açabilmektedir (BJÖRCK 1987). Psikrotrof bakteriler normal olarak pastörizasyon işlemiyle yok edilebilmekle birlikte, bazıları ısıya dayanıklı lipaz ve proteaz enzimleri üretmektedir (SPECK ve ADAMS 1976, LAW ve ark 1977). Bu enzimler süt ve ürünlerinde istenmeyen proteolitik ve lipolitik değişimlere yol açabilmektedir. Ayrıca, sütün soğukta muhafazası fizikokimyasal yapısında bazı değişimler yaratarak (YOUSSEF ve ark 1975, EL-DEEB ve HASSAN 1989) o sütün peynire işlenebilme özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (YOUSSEF ve ark 1975, ICHILZYK-LEONE ve ark 1983, EL-DEEB ve HASSAN 1989, KOÇAK ve DEVRİM 1995).

Gelişmiş ülkelerde çiğ sütün buzdolabı sıcaklığında uzun süre muhafazasının yarattığı sorunlar araştırmacıları alternatif yöntem arayışları içine itmiş ve 1970'li yıllarda sütün oksitleyici nitelikteki laktoperoksidaz enziminin tiyosiyanat gibi okside olabilen bir madde ve hidrojen peroksitle biraraya getirilmesi halinde inhibitör etkiye sahip bir sistemin oluşturulabileceği anlaşılmıştır (BJÖRCK ve ark 1975). Bu sistem öncelikle çiğ sütteki psikrotrof bakteri gelişiminin kontrol altına alınması amacıyla denenmiş (BJÖRCK 1978) daha sonra tropik ve subtropik iklim koşullarında da koruyucu amaçla kullanılabileceği gözlenmiştir (BJÖRCK ve ark 1979, HÄRNULV ve KANDASAMY 1982 a,b,c, REITER ve HÄRNULV 1982, KAMAU ve KROGER 1984, EWAS ve ark 1985, CHAKRABORTY ve ark 1986). Laktoperoksidaz-tiyosiyanat-hidrojen peroksit sistemi ya da kısa adıyla laktoperoksidaz (LP) sisteminin özellikle çiğ sütün toplanması ve işleme merkezlerine nakli sırasında yeterli so-

ğutma olanaklarından yoksun bulunan gelişmekte olan ülkeler açısından ekonomik fayda sağlayacağı belirtilmektedir (IDF 1988). Sistemi oluşturan tiyosiyanat (amonyum, sodyum ya da potasyum tiyosiyanat halinde) ve hidrojen peroksit toplama merkezlerinde süte katılarak sistem aktiveştirilmekte, böylece işleme merkezine ulaştırılınca kadar sütün niteliklerinin bir süre korunması mümkün olabilmektedir.

Laktoperoksidaz sisteminin antibakteriyel etkisinden yararlanılarak çiğ süt kalitesinin korunması konusunda ülkemizde de çalışmalar yapılmış ve özellikle sıcak yaz aylarında başlıca sorun olan asitlik gelişiminin önlenmesinde soda, karbonat gibi sağlığa zararlı maddelerin yerine kullanılabilceği gösterilmiştir (OYSUN ve ÖZTEK 1988, GÖNÇ ve ark 1990, SAVCI 1991, GÜRSEL vd 1996, ÖZTÜRKLER 1996, YÜKSEL 1996, BOZBAY 1997).

Bu derlemede LP sisteminin antibakteriyel etki mekanizması, etki şekli, etkilediği mikroorganizmalar ve çiğ süt kalitesinin korunması konusunda yapılan çalışmaların sonuçları gözden geçirilmiştir.

### **LAKTOPEROKSİDAZ SİSTEMİNİ OLUŞTURAN BİLEŞENLER**

LP sistemi başlıca 3 bileşenden oluşmaktadır. Bunlar, bir enzim olan laktoperoksidaz, substrat olarak görev yapan tiyosiyanat anyonu ( $SCN^-$ ) ve sistemde teşvik edici rol oynayan hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) dir.

Bu bileşenlerden laktoperoksidaz enziminin sütteki miktarı çoğunlukla LP sistemi uygulamaları için yeterli olan düzeyin üzerindedir (BJÖRCK 1978). Ortalama miktarı inek sütlerinde 1.4 ünite/ml (STEPHENS ve ark 1979: MEDINA ve ark'dan 1989), koyun sütlerinde 0.77 ünite/ml (MEDINA ve ark 1989) ve keçi sütlerinde 1.55 ünite/ml (ZAPICO ve ark 1991) düzeyindedir.

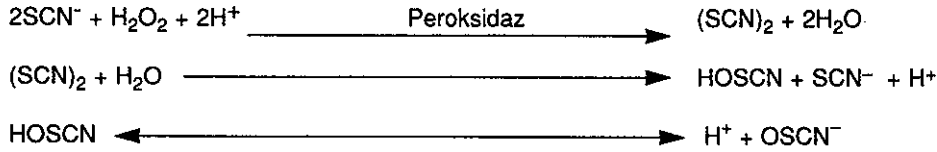
Sistemin ikinci bileşeni olan tiyosiyanat anyonu hayvansal doku ve salgılarda yaygın olarak bulunmakta, örneğin insan tükürüğü 50-300 ppm (DENSEN ve ark 1977: BJÖRCK ve ark'dan 1979) ve mide özsuyu 40-50 ppm (RUDELLE ve ark 1977: BJÖRCK ve ark'dan 1979) arasında değişen konsantrasyonlarda  $SCN^-$  içermektedir. Sütün tiyosiyanat içeriği hayvanın türü, ırkı ve laktasyon dönemine (REITER ve HÄRNULV 1984, REITER 1985, MEDINA ve ark 1989, ZAPICO ve ark 1991, GÜRSEL ve ark 1999) ve büyük ölçüde hayvana yedirilen yemlere (REITER ve HÄRNULV 1984, BJÖRCK ve ark 1979) bağlı bir değişim göstermektedir. İstenen düzeyde antibakteriyel etki, tiyosiyanatın 10-20 ppm arasında değişen konsantrasyonlarında sağlanabildiğinden (BJÖRCK ve ark 1979, HADDADIN ve ark 1996) çoğu durumda süte bir miktar  $SCN^-$  ilavesi zorunlu olmaktadır.

Hidrojen peroksit genellikle sütte bulunmadığından LP sisteminin aktivitesini kısıtlayıcı bir faktör olarak görülmektedir. LP sisteminden beklenen en yüksek inhibisyon etkisinin sağlanabilmesi için süte tiyosiyanatın miktarına eşdeğer miktarda  $H_2O_2$  katılması gerekmektedir (HOGG ve JAGO 1970). Fakat tek başına  $H_2O_2$  ile korunan sütler için gereken konsantrasyonlardan daha düşük  $H_2O_2$  ilavesi yeterli olmaktadır. Ortamda tiyosiyanatın ekimolar konsantrasyonundan daha yüksek miktarda (10-20  $\mu$ mol/ml)  $H_2O_2$  bulunması halinde laktoperoksidaz enzimi inaktif hale geldiğinden antibakteriyel etki yalnızca hidrojen peroksitin toksik etkisinden kaynaklanmaktadır (PICKERING ve ark 1962).

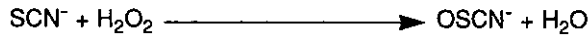
### **LAKTOPEROKSİDAZ SİSTEMİNİN ETKİ MEKANİZMASI**

LP sisteminin bakteriler üzerindeki etkisi süte  $H_2O_2$  ve tiyosiyanat ilavesini takiben laktoperoksidaz enziminin katalizlediği reaksiyon sonucu tiyosiyanattan oluşan kısa ömürlü ara oksidasyon ürünleri ile sağlanmaktadır (REITER ve HÄRNULV 1984). Bu ara ürünler daha ileri düzeyde oksidasyona uğrayarak sülfat, karbondioksit ve amonyak gibi son ürünlere (ORAM ve REITER 1966) ya da yeniden tiyosiyanata dönüşebilmektedir (REITER ve HÄRNULV 1984). Tiyosiyanatın oksidasyonu ile oluşan başlıca ara ürünün hipotiyosiyanit ( $OSCN^-$ ) olduğu kabul edilmektedir (AUNE ve THOMAS 1978: WOLFSON ve SUMNER'den 1993). Hidrojen peroksitin tiyosiyanat iyonunun ekimolar konsantrasyonundan daha yüksek düzeyde bulunması halinde ise siyanosülfüröz asit ( $HO_2SCN$ ) ve siyanosülfürik asit ( $HO_3SCN$ ) gibi çok kısa ömürlü oksidasyon ürünleri de meydana gelebilmektedir (PRUITT ve TENOVUO 1982: REITER ve HÄRNULV'den 1984).

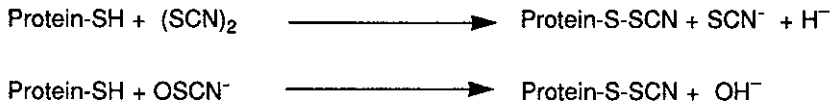
Hipotiyosiyanit iyonunun oluşumunda farklı iki yol mevcuttur (WOLFSON ve SUMNER 1993). Bunlardan ilkinde, aşağıda gösterildiği gibi, tiyosiyanatın oksidasyonu sonucu oluşan tiyosiyanojen  $(\text{SCN})_2$  hızla parçalanarak hipotiyosiyanoz asit ( $\text{HOSCN}$ ) ya da hipotiyosiyanit meydana gelmektedir.



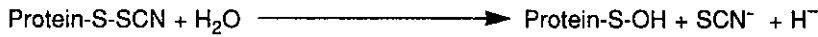
İkinci yola göre ise,  $\text{SCN}^-$  doğrudan doğruya hipotiyosiyanite okside olabilmektedir.



Tiyosiyanatın oksidasyon ürünleri olan tiyosiyanojen ve hipotiyosiyanit, bakteri metabolizmasında yaşamsal öneme sahip olan enzimlerdeki serbest sülfidril (-SH) grupları ile spesifik bir reaksiyona girerek sülfenil tiyosiyanat türevlerine dönüşmektedir.



Sülfenil türevleri de çift yönlü bir hidrolizasyon yoluyla sülfenik asitlere dönüşebilmektedir (THOMAS ve AUNE 1978):



Sülfidril gruplarının tamamı oksitlendiğinde, tirozin, triptofan, histidin gibi amino asitleri bakterinin yararlanamayacağı bir biçime dönüşmektedir.

LP sisteminin etkisine maruz kalan bakterilerde sülfidril gruplarının oksidasyonu dışında, bakterinin sitoplazmik membranı yapısal tahribata ya da değişime uğramakta ve hücre içerisine potasyum iyonu, amino asit ve polipeptit sızıntısı olmaktadır (REITER ve HÄRNULV 1984, WOLFSON ve SUMNER 1993).

Hücre sistem fonksiyonlarının yukarıda açıklanan şekilde değişime uğratılması nedeniyle bakteri tarafından karbonhidrat, pürin, pirimidin ve amino asit alımı ve protein, deoksiribonükleik asit (DNA) ve ribonükleik asit (RNA) sentezi gerçekleştirilememektedir. Sonuçta bakterinin ölmesi sağlanmakta ya da gelişimi engellenmektedir.

## LAKTOPEROKSIDAZ SİSTEMİNİN ETKİ SPEKTRUMU VE ETKİ ŞEKLİ

LP sisteminden etkilendiği belirlenen mikroorganizmalar ve sistemin bu mikroorganizmalar üzerindeki etki şekli Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelgeden anlaşılacağı üzere, LP sistemi mikroorganizmalar üzerinde öldürücü (bakterisit) ve mikrobiyel faaliyeti ve çoğalmayı engelleyici (bakteriyostatik) olmak üzere iki türlü etkiye sahiptir. Gram-negatif bakteriler hem öldürücü hem engelleyici (BJÖRCK ve ark 1975), gram-pozitif bakteriler ise genellikle engelleyici etkiye maruz kalmaktadır (REITER ve ark 1964; REITER ve HÄRNULV'den 1984). Sistemin bakteriler üzerinde yarattığı bu etki farklılığı, hücre zarının yapısı ve bileşimi (MARSHALL ve REITER 1980; REITER'den 1985, ZAJAC ve ark 1981, PURDY ve ark 1983), toplam sülfidril miktarı (MICKELSON ve BROWN 1985), bakterilerin gelişme evresi ve ortamın pH değeri ile bağlantılı olabilmektedir.

Çizelge 1. LP Sisteminin Antibakteriyel Etki Gösterdiği Mikroorganizmalar ve Etki Şekli

Mikroorganizma	Etki şekli	Kaynak
<i>Streptococcus lactis</i> <i>Streptococcus cremoris</i>	Bakteriyostatik	ROGINSKI ve ark 1984 a,b
<i>Lactobacillus spp.</i>	Bakteriyostatik	GUIRGUIS ve HICKEY 1987
<i>Streptococcus agalactiae</i>	Bakteriyostatik	MICKELSON 1976, 1979
<i>Streptococcus dysgalactiae</i>	Bakteriyostatik	MICKELSON ve BROWN 1985
<i>Streptococcus uberis</i>	Bakteriyostatik	MICKELSON ve BROWN 1985, MARSHALL ve ark 1986
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Bakteriyostatik	BJÖRCK 1978, CHOI ve ark 1985
<i>Escherichia coli</i>	Bakteriyostatik/Bakterisit	THOMAS ve AUNE 1978, DLAMINI ve BRUCE 1990, EARNSHAW ve ark 1990, FARRAG ve ark 1992
<i>Listeria monocytogenes</i>	Bakteriyostatik/Bakterisit	DENIS ve RAMET 1989 a,b, BIBI ve BACHMANN 1990, KAMAU ve ark 1990, EL-SHENAWY ve ark 1990, GAYA ve ark 1991, DLAMINI ve BRUCE 1990, ZAPICO ve ark 1993
<i>Salmonella spp</i>	Bakteriyostatik/Bakterisit	PURDY ve ark 1983, DLAMINI ve BRUCE 1990, EARNSHAW ve ark 1990
<i>Campylobacter jejuni</i>	Bakteriyostatik	BEUMER ve ark 1985
<i>Bacillus cereus</i> (vejetatif)	Bakterisit	ZAJAC ve ark 1981
<i>Staphylococcus aureus</i>	Bakterisit	KAMAU ve ark 1990
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Bakteriyostatik	FARRAG ve ark 1992

Gram-pozitif bakterilerde hücre duvarı, hipotiyosiyanit iyonunun penetrasyonuna karşı güçlü bir engel oluşturduğundan bu bakteriler LP sistemine karşı gram-negatif bakterilerden daha fazla direnç göstermektedir (MARSHALL ve REITER 1980: REITER'den 1985). Diğer taraftan, streptokoklar, kısmen LP sisteminin oksidasyon ürünlerini nötrleyebilmekte ya da oluşturulan tahribatı onarabilmektedir (MICKELSON 1976, MICKELSON ve BROWN 1985). *Bacillus cereus* sporlarında plazma membranı çeşitli koruyucu katmanlardan oluştuğu için bu katmanlar muhtemelen sporları hipotiyosiyanit iyonunun etkisine karşı dayanıklı hale getirmekte ve bu nedenle LP sistemi sporlar üzerinde etkili olamamaktadır (ZAJAC ve ark 1981).

Nötral pH (6.6-6.8) civarında sistemin mikroorganizmalar üzerindeki etkisi çoğunlukla bakteriyostatiktir (PRUITT ve TENOVUO 1982: REITER ve HÄRNULV'den 1984). pH değerindeki azalmayla ( $\leq 5$ ) birlikte bakterisit etki artış göstermektedir (REITER ve ark 1976)

### LAKTOPEROKSİDAZ SİSTEMİNİN AKTİVİTESİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLER

LP sisteminin aktivasyonu ile sütteki toplam, koliform ve psikrotrof bakterilerin faaliyeti bir süre engellenmekle birlikte, sistemin bu etkisi sütün ilk mikroorganizma içeriğine, muhafaza sıcaklığına ve ortamdaki tiyosiyanat konsantrasyonuna bağlı bir değişim göstermektedir.

Bu sistem, mikroorganizma yükü  $10^4$  adet/ml'yi geçmeyen sütün korunmasında başarılı sonuçlar vermektedir (REITER ve HÄRNULV 1982, MIJACEVIC ve ark 1989, FARRAG ve ark 1992).

Sütün muhafaza sıcaklığı arttıkça sistemin antibakteriyel etki süresi kısalmaktadır (BJÖRCK 1978, ZAJAC ve ark 1983, SARKAR ve MISRA 1994). LP sistemi aktifleştirilerek 4-5°C'de bekletilen sütün türlerine göre değişmek üzere 1-6 gün arasında dayanım gösterebilirken (ZAJAC ve ark 1983, KIM ve HA 1988, SWART ve ark 1990, GÖNÇ ve ark 1990, HADDADIN ve ark 1996), muhafaza sıcaklığı 20°C'ye çıkarıldığında dayanım süresi 14 saate kadar düşmektedir (KAMAU ve KROGER 1984). Oda sıcaklığından daha yüksek derecelerde koruma sağlamak için süte katılan  $SCN^-$  ve  $H_2O_2$  konsantrasyonlarının artırılması fazla bir yarar sağlamamaktadır (HADDADIN ve ark 1996). Bu nedenle, süte 10-25 ppm arasında değişen konsantrasyonlarda  $SCN^-$  ilavesinin yeterli olduğu aşağıdaki çizelgede sunulan araştırma sonuçlarından da anlaşılmaktadır.

**Çizelge 2. Farklı Sıcaklık Derecelerinde LP Sistemi Aktivasyonu ile Muhafaza Edilen Çiğ Sütlerin SCN<sup>-</sup> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Konsantrasyonlarına Bağlı Olarak Dayanım Süreleri**

Kaynak	SCN <sup>-</sup> :H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> konsantrasyonu	Muhafaza sıcaklık ve süresi	Süt türü
BJÖRCK ve ark 1979	15 : 7.5 ppm	30°C/ 7-8 saat 25°C/ 11-12 saat 20°C/ 15-16 saat 15°C/ 24-26 saat	*
HÄRNULV ve KANDASAMY 1982 b,c	16 : 85 ppm	29-30°C/ 7 saat	İnek ve manda
ZAJAC ve ark 1983	11.2 : 10.6 ppm	17°C/ 24 saat 10°C/ 72 saat 4°C/ 104 saat 20°C/ 12 saat	İnek
JOO ve ark 1984	13-15 : 8.5 ppm	15°C/ 24 saat 5°C/ 5 gün	*
		30°C/ 8-10 saat	
KAMAU ve KROGER 1984	10 : 8.5 ppm	20°C/ 14-16 saat 14°C/ >16 saat	*
EWAS ve ark 1985	10 : 25 ppm	20-22°C/ 48 saat	İnek ve manda
CHAKRABORTY ve ark 1986	15 : 10 ppm	37°C/ 11.5 saat 37°C/ 15 saat	Manda
THAKAR ve DAVE 1986	10 : 10 ppm	23°C/ 6.7 saat	Manda
	20 : 20 ppm	23°C/ 8.7 saat	
	30 : 30 ppm	23°C/ 11.7 saat	
GUPTA ve ark 1986	25 : 10 ppm	30-35°C/ 12 saat	İnek
	25 : 15 ppm	30-35°C/ 8 saat	Manda
WANG ve ark 1987	12 : 8.5 ppm	Oda sıcaklığı	İnek
	10 : 10 ppm	25°C/ 6 saat 10°C/ 10 saat	İnek
OYSUN ve ÖZTEK 1988	15 : 15 ppm	25°C/ 8 saat 10°C/ 10 saat	
DHANALAKSHMI ve ark 1988	30 : 30 ppm	31/2-4 saat	Manda
KIM ve HA 1988	0.15 : 0.15 mM 0.25 : 0.25 mM 0.35 : 0.35 mM 0.50 : 0.50 mM	5°C/ 3 gün 10°C/ 2 gün	*
KUMAR ve MATHUR 1989 a, b	25 : 15 ppm 70 : 30 ppm	30°C	Manda
SWART ve ark 1990	10 : 14.2 ppm	5°C/ 96 saat	*
GÖNÇ ve ark 1990	15 : 15 ppm	Oda sıcaklığı/ 48 saat 5°C/ 72 saat	İnek
SAVCI 1991	10 : 10 ppm	20°C/ 21 saat, 35°C/ 9 saat 20°C/ 12 saat, 35°C/ 7 saat 20°C/ 15.5 saat, 35°C/ 7 saat	İnek Koyun Keçi
	20 : 20 ppm	20°C/ 24 saat, 35°C/ 11 saat 20°C/ 14 saat, 35°C/ 8 saat 20°C/ 18 saat, 35°C/ 9 saat	İnek Koyun Keçi
SARKAR ve MISRA 1994	20 : 10 ppm	35°C/ 8 saat	İnek
	20 : 20 ppm	35°C/ 12 saat	Manda

## Çizelge 2'nin devamı

HADDADIN ve ark 1996	15 : 10 ppm	20-22°C/ 18 saat	İnek
		4°C/ 6 gün	
		20-22°C/ 15 saat	Keçi
	150 : 100 ppm	4°C/ 4 gün	
		4°C/ 1 gün	Koyun
		20-22°C/ 18 saat	İnek
GÜRSEL ve ark 1996	40-80:40-80 ppm	4°C/ 6 gün	Keçi
		20-22°C/ 9 saat	
		4°C/ 5 gün	Koyun
ÖZTÜRKLER 1996	20 : 20 ppm	30°C/ 10 saat	Keçi
	60 : 60 ppm	20°C/ 15 saat, 35°C/ 12 saat	Koyun
YÜKSEL 1996	15 : 15 ppm	20°C/ 15 saat, 35°C/ 6 saat	İnek
	50 :50 ppm	20°C/ 15 saat, 35°C/ 6 saat	
BOZBAY 1997	20 : 20 ppm	20°C/ 15 saat, 35°C/ 6 saat	Keçi
	60 : 60 ppm	20°C/ 15 saat, 35°C/ 12 saat	

\* Süt türü belirtilmemiştir.

## SONUÇ

LP sistemi, farklı nedenlerle çiğ süt kalitesinin korunmasında sorunları bulunan üretim alanlarında yararlı olabilen bir koruma sistemidir. Ülkemizde süt üretim alanlarının dağınık ve işleme merkezlerinden uzakta olmasına bağlı olarak sütün işletmelere uzun sürede nakledildiği ve sıcak yaz aylarının başlıca sorunu olan asitlik gelişiminin önlenmesi için soda, karbonat ve benzeri maddelerin katıldığı gözönüne alınırsa bu sistemin ülkemiz koşullarında ideal bir koruyucu olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- BEUMER, R.R., NOOMEN, A., KAMPELMACHER, E.H. 1985. The effect of the lactoperoxidase system on reduction of *Campylobacter jejuni* in raw milk. Dairy Sci. Abstr., 48;823.
- BIBI, W., BACHMANN, M.R. 1990. Antibacterial effect of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system on the growth of *Listeria* ssp in skim milk. Dairy Sci. Abstr., 52; 580.
- BJÖRCK, L. 1987. Preservation of milk by chemical means. In: "Dairy Development in East Africa". Bulletin of the International Dairy Federation No:221. Brussels, pp.57-61.
- BJÖRCK, L. 1978. Antibacterial effect of the lactoperoxidase system on psychrotrophic bacteria in milk. J.Dairy Res., 45; 109-118.
- BJÖRCK, L., CLAESON, O., SCHULTESS, W. 1979. The lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system as a temporary preservative for raw milk in developing countries. Milchwissenschaft, 34; 726-729.
- BJÖRCK, L., ROSEN, C.G., MARSHALL, V., REITER, B. 1975. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system in milk against pseudomonads and other gram-negative bacteria. Appl.Microbiol., 30; 199-204.
- BOZBAY, E. 1997. Soğutmanın hidrojen peroksit kullanımının ve laktoperoksidaz sistemi (LP-sistemi) aktivasyonunun keçi sütünün bazı niteliklerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Ana Bilim dalı, s.104.
- CHAKRABORTY, B.K., CHAUDRY, S.S., ALEX, K.A., JACOB, G., SONI, G.J.1986. Application of lactoperoxidase system for preserving buffalo milk produced in Indian villages. Milchwissenschaft, 41; 16-19.
- CHOI, K.N., KIM, Y.J., KIM, M.B. Increasing the keeping quality of raw milk by activation of the lactoperoxidase system. Dairy Sci.Abstr., 49; 56.
- DENIS, F., RAMEY, J.P. 1989 a. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes*. Dairy Sci.Abstr., 52; 673.
- DENIS, F., RAMEY, J.P. 1989 b. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* in trypticase soy broth, UHT milk and French soft cheese. Dairy Sci.Abstr., 52; 205.

- DHANALAKSHMI, B., SADASIVAM, P., JAYACHANDRAN, T. 1988. Preservation of buffalo milk by lactoperoxidase system. Dairy Sci. Abstr., 52; 851.
- DLAMINI, A.M., BRUCE, J. 1990. The effect of the lactoperoxidase system on specific bacteria in bovine milk. Dairy Sci. Abstr., 53; 581.
- EARNSHAW, R.G., BANKS, J.G., FRANCOU, C., DEFRISE, D. 1990. Inhibition of *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli* in an infant milk formula by an activated lactoperoxidase system. J. Food Protec., 53; 170-172.
- EL-DEEB, S.A., HASSAN, H.N. 1989. Effect of cold storage on physico-chemical properties of goat's and ewe's milk. Asian J. Dairy Res., 8; 29-34.
- EL-SHENAWY, M.A., GARCIA, H.S., MARTH, E.H. 1990. Inhibition and inactivation of *Listeria monocytogenes* by the lactoperoxidase system in raw milk, buffer or a semi-synthetic medium. Dairy Sci. Abstr., 53; 319.
- EWAS, S.M., HEFNAWY, Sh.A., ABD EL-SALAM, M.H. 1985. Utilization of lactoperoxidase system in preservation of raw milk under local conditions. Egyptian J. Dairy Sci., 13; 1-7.
- FARRAG, S.A., EL-GAZZAR, F.E., MARTH, E.H. 1992. Use of the lactoperoxidase system to inactivate *Escherichia coli* 0157:H7 in a semi-synthetic medium and in raw milk. Milchwissenschaft, 47; 15-17.
- FARRAG, S.A., EL-GAZZAR, F.E., MARTH, E.H. 1992. Inactivation of *Yersinia enterocolitica* by the lactoperoxidase system in semi-synthetic medium and in raw milk. Milchwissenschaft, 47; 95-98.
- GAYA, P., MEDINA, M., NUNEZ, M. 1991. Effect of the lactoperoxidase system on *Listeria monocytogenes* behaviour in raw milk at refrigeration temperatures. Dairy Sci. Abstr., 54; 918.
- GÖNÇ, S., AKBULUT, N., KINIK, Ö., KARAGÖZLÜ, C. 1990. Çiğ sütün hidrojen peroksit ile laktoperoksidaz sistemi aktive edilerek dayanıklı hale getirilmesi üzerine bir araştırma. E.Ü.Z.F. Dergisi, 44; 521-531.
- GUIRGUIS, N., HICKEY, M.W. 1987. Factors affecting the performance of thermophilic starters. 2. Sensitivity to the lactoperoxidase system. Aust. J. Dairy Technol., 42; 14-16.
- GUPTA, V.K., PATEL, R.S., PATIL, G.R., SINGH, S., MATHUR, B.N. 1986. Preservation of milk with hydrogen peroxide and lactoperoxidase/thiocyanate/hydrogen peroxide systems. Dairy Sci. Abstr., 49; 447.
- GÜRSEL, A., ATAMER, M., ODABAŞI, S., TAMUÇAY, B. 1996. A study on the use of lactoperoxidase system for the preservation of goat milk. In: "Production and Utilization of Ewes and Goats Milk". Proceedings of the IDF/Greek National Committee of IDF/Cirval Seminar held in Crete (Greece), 19-21 October 1995. Publ. International Dairy Federation. 41, Square Vergote, B-1030 Brussels, Belgium. p.270.
- GÜRSEL, A., TAMUÇAY, B., ODABAŞI, S., ÖZER, M. 1999. İnek ve keçi sütlerinin tiyosiyanat içeriklerinde laktasyon dönemindeki değişimler. (Basımda).
- HADDADIN, M.S., İBRAHİM, S.A., ROBINSON, R.K. 1996. Preservation of raw milk by activation of the natural lactoperoxidase systems. In: "Production and Utilization of Ewes and Goats Milk". Proceedings of the IDF/Greek National Committee of IDF/Cirval Seminar held in Crete (Greece), 19-21 October 1995. Publ. International Dairy Federation. 41, Square Vergote, B-1030 Brussels, Belgium. pp. 89-94.
- HÄRNULV, B.G., KANDASAMY, C. 1982 a. Milk stabilization by activation of its natural lactoperoxidase system. Experiments in Sri Lanka. In: Brief Communications of XXI. Dairy Congress, Moscow, July 12-16, Vol 1, Book 2, p.185.
- HÄRNULV, B.G., KANDASAMY, C. 1982 b. Possibilities to utilize the lactoperoxidase system in tropical countries to save milk from an early spoilage. Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsbericht, 34; 47-50.
- HÄRNULV, B.G., KANDASAMY, C. 1982 c. Increasing the keeping quality of milk by activation of its lactoperoxidase system. Results from Sri Lanka. Milchwissenschaft, 37; 454-457.
- HOGG, D. McC, JAGO, G.R. 1970. The antibacterial action of lactoperoxidase. The nature of the bacterial inhibitor. Dairy Sci. Abstr., 32; 507.
- ICHILCZYK-LEONE, J., AMRAM, Y., SCHNEID, N. 1983. Refrigeration of milk and its implications in cheesemaking. I. Effects of refrigeration on the physicochemical and coagulation properties of milk. Dairy Sci. Abstr., 45; 344.
- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (IDF). 1988. Code of Practice for Preservation of Raw Milk by Lactoperoxidase System. Bulletin of the International Dairy Federation No: 234. Brussels, p.15.
- JOO, Y.S., LEE, W.C., PARK, Y.H., PARK, J.M. 1984. Prolonging the storage time of raw milk by activation of the lactoperoxidase system. Dairy Sci. Abstr., 48; 243.
- KAMAU, D.N., KROGER, M. 1984. Preservation of raw milk by treatment with hydrogen peroxide and by activation of the lactoperoxidase (LP) system. Milchwissenschaft, 39; 658-661.
- KAMAU, D.N., DOORES, S., PRUITT, K.M. 1990. Enhanced thermal destruction of *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* by the lactoperoxidase system. Dairy Sci. Abstr., 53; 287.
- KIM, K.S., HA, W.K. 1988. Studies on the improvement of storage life of raw milk by activation of lactoperoxidase. Dairy Sci. Abstr., 52; 244.
- KOÇAK, C., DEVRİM, H. 1995. Bazı parametrelerin inek, koyun, keçi sütlerinin pıhtılaşma yeteneği üzerine etkisi. Gıda, 19; 125-129.

- KUMAR, S., MATHUR, B.N. 1989 a. Preservation of raw buffalo milk through activation of LP-system. I.Under farm conditions. Indian J.Dairy Sci., 42; 339-341.
- KUMAR, S., MATHUR, B.N. 1989 b. Preservation of raw buffalo milk through activation of LP-system. II. Under field conditions. Indian J.Dairy Sci., 42; 342-347.
- LAW, B.A., ANDREWS, A.T., SHARP, E. 1977. Gelation of ultra-high-temperature sterilized milk by proteases from a strain of *Pseudomonas fluorescens* isolated from raw milk. J.Dairy Res., 44; 145-148.
- MARSHALL, V.M.E., COLE, W.M., BRAMLEY, A.J. 1986. Influence of the lactoperoxidase system susceptibility of the udder to *Streptococcus uberis* infection. J.Dairy Res., 53; 507-514.
- MEDINA, M., GAYA, P., NUNEZ, M. 1989. The lactoperoxidase system in ewe's milk: Levels of lactoperoxidase and thiocyanate. Letters in Applied Microbiology, 8; 147-149.
- MICKELSON, M.N. 1976. Effects of nutritional characteristics of *Streptococcus agalactiae* on inhibition of growth by lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide in chemically defined culture medium. Dairy Sci.Abstr., 39; 296.
- MICKELSON, M.N. 1979. Antibacterial action of lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide on *Streptococcus agalactiae*. Dairy Sci.Abstr., 43; 283.
- MICKELSON, M.N., BROWN, R.W. 1985. Physiological characteristics of *Streptococcus dysgalactiae* and *Streptococcus uberis* and the effect of the lactoperoxidase complex on their growth in a chemically-defined medium and milk. J.Dairy Sci., 68; 1095-1102.
- MIJACEVIC, Z., OTENHAJMER, I., IVANOVIC, D. 1989. The antibacterial effect of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system in milk. Dairy Sci.Abstr., 52; 207.
- ORAM, J.D., REITER, B. 1966. The inhibition of streptococci by lactoperoxidase, thiocyanate, hydrogen peroxide. The oxidation of thiocyanate and the nature of the inhibitory compound. Dairy Sci.Abstr., 28; 625-626.
- OYSUN, G., ÖZTEK, L. 1988. Laktoperoksidaz/tiyosiyanat/hidrojen peroksit sistemi aktivasyonu ile çiğ sütün muhafazası. Ondokuz Mayıs Ü.Z.F. Derg., 3; 65-81.
- ÖZTÜRKLER, B. Koyun sütünün farklı yöntemlerle muhafazası. Yüksek Lisans Tezi. A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Ana Bilim dalı, s.82.
- PICKERING, A., ORAM, J.D., REITER, B. 1962. A modified form of lactoperoxidase isolated from milk cultures of *Streptococcus cremoris* or *Streptococcus lactis*. J.Dairy res., 29; 151-162.
- PURDY, M.A., TENOVUO, J., PRUITT, K.M., WHITE, W.E., Jr. 1983. Effect of growth phase and cell envelope structure on susceptibility of *Salmonella typhimurium* to the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system. Dairy Sci.Abstr., 45; 610.
- REITER, B., HÄRNULV, G. 1982. The preservation of refrigerated and uncooled milk by its natural lactoperoxidase system. Dairy Ind.Int., 47; 13-19.
- REITER, B., HÄRNULV, G. 1984. Lactoperoxidase antibacterial system: Natural occurrence, biological functions and practical applications. J.Food Protec., 47; 724-732.
- REITER, B., MARSHALL, V.M.E., BJÖRCK, L., ROSEN, C.G. 1976. Nonspecific bactericidal activity of the lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system of milk against *Escherichia coli* and gram-negative pathogens. Dairy Sci.Abstr., 38; 687.
- REITER, B. 1985. The biological significance and exploitation of the non-immunoglobulin protective proteins in milk: Lysozyme, lactoferrin, lactoperoxidase, xantine oxidase. In: "Protective Proteins in Milk- Biological Significance and Exploitation". Bulletin of the International Dairy Federation No:191. Brussels, p.35.
- ROGINSKI, H., BROOME, M.C., HICKY, M.W. 1984 a. Non-phage inhibition of group N streptococci in milk. I.The incidence of inhibition in bulk milk. Dairy Sci.Abstr., 46; 866.
- ROGINSKI, H., BROOME, M.C., HUNGERFORD, D., HICKY, M.W. 1984. Non-phage inhibition of group N streptococci in milk. II.The effects of some inhibitory compounds. Dairy Sci.Abstr., 46; 867.
- SARKAR, S., MISRA, A.K., 1994. Preservation of raw milk by LP-system. Indian J.Dairy Sci., 47; 132.
- SAVCI, Z. 1991. Değişik tür sütün dayanıklılığının artırılmasında laktoperoksidaz sisteminden yararlanma olanakları üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi. A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Ana Bilim dalı, s.131.
- SPECK, M.L., ADAMS, D.M. 1976. Heat resistant proteolytic enzymes from bacterial sources. J.Dairy Sci., 59; 786-789.
- SWART, G.J., JOOSTE, P.J., MOSTERT, J.F. 1990. The effect of the activated lactoperoxidase system. Dairy Sci.Abstr., 53; 929.
- THAKAR, R.P., DAVE, J.M. 1986. Application of the activated lactoperoxidase-thiocyanate-hydrogen peroxide system in enhancing the keeping quality of raw milk at higher temperatures. Milchwissenschaft, 41; 20-21.
- THOMAS, E.L., AUNE, T.M. 1978. Lactoperoxidase, peroxide, thiocyanate antimicrobial system: Correlation of sulphhydryl oxidation with antimicrobial action. Dairy Sci.Abstr., 41; 301.
- URAZ, T. 1986. Süt Endüstrisi İşletmeciliği. A.Ü.Z.F. Yayınları:988, s.1-72. Ankara.



- WANG, P., LIN, C.Y., LU, Y., DANG, Y. 1987. Experiments on preservation of fresh milk by its natural lactoperoxidase system. *Dairy Sci. Abstr.*, 52; 224.
- WOLFSON, L.M., SUMNER, S.S. 1993. Antibacterial activity of the lactoperoxidase system: A review. *J. Food Protec.*, 56; 887-892.
- YOUSSEF, A.M., SALAMA, F.A., EL-DEEB, S.A. 1975. Effect of storage on the physico-chemical properties of cow and buffalo milk used for cheese manufacture. *Egyptian J. Dairy Sci.*, 3; 113-122.
- YÜKSEL, Ö. 1996. Keçi sütünün farklı yöntemlerle muhafazası. Yüksek Lisans Tezi. A.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Süt Teknolojisi Ana Bilim dalı, s.82.
- ZAJAC, M., BJÖRCK, L., CLAEISSON, O. 1981. Antibacterial effect of the lactoperoxidase system against *Bacillus cereus*. *Milchwissenschaft*, 36; 417-418.
- ZAJAC, M., GLADYS, J. SKARZYNSKA, M., HÄRNULV, B.G., BJÖRCK, L., CLAEISSON, O. 1983. Changes in bacteriological quality of raw milk stabilized by activation of its lactoperoxidase system and stored at different temperatures. *J. Food Protec.*, 46; 1065-1068.
- ZAPICO, P., GAYA, P., NUNEZ, M., MEDINA, M. 1991. Influence of breed, animal and days of lactation on lactoperoxidase system components in goat milk. *J. Dairy Sci.*, 74; 783-787.
- ZAPICO, P., GAYA, P., NUNEZ, M., MEDINA, M. 1993. Goats milk lactoperoxidase system against *Listeria monocytogenes*. *J. Food Protec.*, 56; 988-990.