

# ISIL İŞLEMİN SÜTÜN NİTELİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

# Isıl işlemin amacı;

- Patojen mikroorganizmaların tamamının
- Sütün bozulmasına neden olan mikroorganizmaların büyük kısmının (%99)yok edilmesini
- Tat kusurlarına ve bozulmalara yol açan enzimlerin inaktif olması
- Kalitenin uzun süre korunmasını sağlamaktır.

Ancak ısıtıl işlemin sırasında,

- ısıya duyarlı sütün bileşenleri zarar görmekte veya kayba uğrayabilmektedir.

Süte uygulanacak **ısıl işlemin seçiminde** dikkat edilmesi gereken başlıca nokta;

- besin maddelerinde en az kayıpla
- mikrobiyel bulaşmayı yeterli düzeyde kontrol altına almaktır.

Süt bileşenleri ısı stabiliteleri bakımından birbirinden farklılık göstermektedir.

- Süt yağı, yağda çözünen vitaminler, karbonhidratlar ve mineral maddeler fazla değişime uğramazken,
- Bazı suda çözünen vitaminler ve proteinler ısıl işlemin şiddetine bağlı olarak olumsuz yönde etkilenebilmektedir.

- Uzun süreli (kesikli) ısıtma (LTLT) 62-65 °C'de 30-32 dk
- Kısa süreli ısıtma (HTST) 72-75 °C'de 15-30 sn
- Yüksek sıcaklıkta ısıtma (HP) 85-127 °C'de 2-4 sn

Pastörizasyon

- Klasik yöntem (şışede/kutuda) 109-120 °C'de 20-40 dk
- Ultra-Yüksek Sıcaklıkta (UHT) 135-150 °C'de 2-20 sn  
İndirektDirekt (enjeksiyon veya infüzyon)

Sterilizasyon

# HTST ( high temperature short time) pastörizasyon

- Genellikle ticari pastörize içme sütü üretiminde yararlanılan bir yöntemdir.
- Bu yöntem nispeten orta şiddette bir ısı işlem uygulamasıdır.
- Sütün besleyici niteliğinde önemli bir kayıp meydana getirmemekte, tadı ve görünüşünde çok az değişim yaratmaktadır.

**Pastörizasyon ile;** patojen mikroorganizmaların tamamı yok edilebilmektedir.

Fakat patojen olmayan mikroorganizmaların sayısında belirli düzeyde bir azalma sağlanabildiği ve enzimlerin yalnızca bir kısmı inaktif hale getirilebildiği için pastörize sütün dayanımı sınırlı olup, raf ömrü buzdolabı sıcaklığında birkaç gündür.

- Sütün uzun süre saklanabilmesi sterilizasyon ile mümkündür. Sterilizasyonla bakteri sporları ve enzimlerinin inaktivasyonu yüksek sıcaklıkla sağlanır.
- Klasik sterilizasyon işleminde; süt ön ısıtma ve homojenizasyon işlemlerinden sonra şişelere doldurulmakta, şişelerin ağızları kapatılmakta ve otoklavda 110-115 °C'de 20-40 dakika süreyle buharda ısıtılmaktadır.
- Bu şiddetli ısı işlem uygulaması;
  - Sütte keskin bir pişmiş tat ve esmer bir renk oluşumuna neden olmakta,
  - Proteinlerin besleyici niteliğinde bir miktar azalmaya,
  - Belirli vitamin kayıplarına yol açmaktadır.

# UHT (ultra high temperature) sterilizasyon

- 135-150 °C arasındaki sıcaklıklarda 2-20 saniye süreyle uygulanan bir ısı işlem tekniğidir.
- Klasik sterilizasyona eşit bakterisit etki, UHT tekniği ile yalnızca birkaç saniyelik bir işlemle sağlanabilir. Klasik sterilizasyona göre UHT sterilizasyonda sütün rengi ve tadı daha az değişime uğramaktadır.
- UHT tekniğinde süt, aseptik koşullarda ışık ve oksijen geçirmeyen ambalajlara doldurulduğunda, soğukta muhafazaya gerek kalmadan birkaç ay süreyle niteliklerini korumaktadır.

# 1. Süt Yağındaki Değişimler

- Süt yağı ısıtmaya karşı nispeten duyarsızdır.
- Süt yağında beslenme yönünde olumsuz etkiye sahip polimerizasyon ürünleri 200 °C'de 20 saat veya daha uzun süreyle ısıtıldığı takdirde oluşmaktadır.
- UHT sterilizasyonda çiğ süte kıyasla doymamış yağ asitlerinden;
  - Linoleik asit % 33
  - Linolenik asit % 13
  - Araşidonik asit % 7
  - Serbest yağ asitlerinde % 30'a ulaşan oranda bir azalma meydana gelebilmektedir.

Fakat bu kayıpların süt yağının besleyici niteliğinde **olumsuz herhangi bir etkisi olmadığı** kabul edilmektedir.



## 2. Süt Proteinlerindeki Değişimler

- Pastörizasyon ve UHT sterilizasyon işlemleri süt proteinlerinin biyolojik değerlerini etkilememektedir.

Ürün	Nispi Biyolojik Değer (%)
Çiğ süt	100
Pastörize süt	101
UHT indirekt sterilize süt	95-97
UHT direkt sterilize süt	100

## Sütte ısıtma uygulaması;

- Serum proteinlerinde denatürasyona neden olmaktadır.

Denaturasyon beslenme açısından herhangi bir olumsuzluk yaratmamakta, aksine denatürasyona uğrayan serum proteinlerinin sindirilebilirliği artış göstermektedir.

Isıtma sonucu;

- Proteinler açılmakta ve enzimlerin kolay parçalayacağı hale gelmektedir.
- Isıtılmış süt proteinlerinin midedeki asitli ortamda daha ince zerreliliği oluşturması ve
- ısıtma ile tripsin inhibitörlerinin inaktif olması da sindirilebilirliği artırır.

- Proteinlerin sindirilebilirliği yalnızca 120 °C'de 80 dk süreyle ısıtma sırasında olumsuz yönde etkilenmektedir.
- Serum proteinlerinin ısıyla denatürasyona uğraması sonucu alerjenik kapasitesi azalmaktadır.
- Sütün serum proteinleri fraksiyonlarında yer alan antimikrobiyel özelliklere sahip maddelerin (laktoferrin, lizozim ve laktoperoksidaz gibi) denatürasyona uğraması sütün antimikrobiyel niteliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

- Sütte folat bağlayan proteinler olumsuz etkilenmektedir.
- Folat bağlayan proteinler folik asitin bağırsakta yaşayan mikroorganizmalara bağlanmasını engellemekte ve böylece bağırsaktan emilim düzeyi artmaktadır.
- Süt 75 C nin üzerine ısıtıldığında kükürtlü aminoasitlerden sülfidril grupları, hidrojen sülfür, merkaptanlar, ve sülfidler açığa çıkmaktadır. Metiyonin ve sistin miktarlarında azalma meydana gelir.

# 3. Yararlanılabilir Lisindeki Kayıplar

- Süt lizin aminoasiti yönünden zengin bir kaynaktır.
- Maillard reaksiyonu; sütün 80 °C'den daha yüksek sıcaklık derecelerine ısıtılması sırasında lizinin e-amino grubu ile laktoz arasında meydana gelen reaksiyona Maillard reaksiyonu denir. Reaksiyon sonucu sütteki yararlı lizin miktarında azalma meydana gelir. Lizin-şeker türevleri (laktulozil lizin) oluşur.
- Süt ısıtıldığında, lizin ile dehidroalanin arasındaki reaksiyon sonucu modifiye bir aminoasit olan lisino-alanin oluşur. Bu bileşik toplam lizin kaybına katkıda bulunmaktadır.

# Farklı ısı işlem uygulamalarının yararlanılabilir lisinde yarattığı kayıplar

Isıl işlem	Lisin Kaybı (%)
Kısa süreli Kaynatma	~5
Pastörizasyon	0.61-2.0
UHT direkt sterilizasyon	0-4.3
UHT indirekt sterilizasyon	0.86-6.5
Klasik sterilizasyon	3.3-13

## 4. Laktuloz Oluşumu

- Laktuloz, galaktoz ve fruktozdan oluşan bir disakkarittir.
- Süt ısıtıldığında, proteinlerin amino gruplarının veya inorganik tuzların (sitrat ve fosfatlar) katalizlediği bir reaksiyon sonucu laktozdan laktuloz oluşur.
- Isıtılmış sütlerde laktuloz oluşumu, pastörize, UHT sterilize (direkt ve indirekt) ve klasik sterilize sütlerin birbirlerinden ayırt edilmesinde yararlanılabilecek bir gösterge olması açısından önem taşımaktadır.

## 5. Mineral Maddelerin Biyoyararlılığı

- Sütün ısıtılması sırasında ısı işlemin şiddetine bağı olarak çözüner kalsiyum ve fosfor içeriğinde bir miktar azalma meydana gelmektedir.
- Bu azalma pastörizasyon sıcaklığında önemsiz düzeyde olduğu için, pastörize sütteki mineral maddelerin yararlılığının çiğ süttekinden farklı olmadığı kabul edilmektedir.



- UHT ve klasik sterilizasyonda sütün çözüner kalsiyum miktarında yaklaşık % 50'ye ulaşan bir oranda bir azalma meydana gelmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda bu sütlerdeki kalsiyum biyoyararlılığının çiğ süttekinden farklı olmadığı ortaya konulmuştur.
- UHT sütteki kalsiyum ve potasyumun vücutta tutulma düzeyinin pastörize süttekinden daha yüksek olduğu ve fosforun tutulma düzeyinin her iki sütte benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

## 6. Vitaminlerdeki Kayıplar

	Vitaminler	Ortalama Miktar (mg/l)	Besin yoğunluğu (%)	Isı Duyarlılığı*
Yağda Çözünün Vitaminler	A Vitamini	0.37	230	hafif duyarlı
	D Vitamini	0.0008	143	duyarsız
	E Vitamini	1.1	49	hafif duyarlı
	K Vitamini	0.03	134	?
	C Vitamini (askorbik asit)	18.00	269	duyarlı
B kompleksi vitaminler	B1 vitamini (tiyamin)	0.42	160	duyarlı
	B2 vitamini (riboflavin)	1.72	450	hafif duyarlı
	B3 vitamini (pantotenik asit)	3.6	201	duyarsız
	B6 vitamini (piridoksin)	0.48	90	duyarlı
	B9 vitamini (folik asit)	0.053	120	duyarlı
	B12 vitamini (kolalamin)	0.0045	1050	duyarlı
	Nikotirik asit	0.92	21	duyarsız
	Biyotin	0.036	107	duyarsız

$$\text{Besin yoğunluğu} = \frac{\text{1 joule enerji sağlayan besin maddesi iğeriği}}{\text{1 joule enerji temin etmek için alınması önerilen besin maddesi miktarı}}$$

Sütteki ısıya duyarlı vitaminlerin günlük beslenmedeki katkı payları

Vitamin	Katkı Oranı (%)
C	6
B1	15
B2	49
B6	15
B9	16
B12	36

- Isıya duyarlı vitaminlerde en tahrip edici etkiyi klasik sterilizasyon işlemi yaratmaktadır.
- Pastörizasyon işlemiyle ısıya duyarlı vitaminlerde meydana gelen kayıpların sütün besleyici değerini azaltmayacak düzeyde olduğu kabul edilmektedir.
- Direkt ya da indirekt UHT sterilizasyon sırasında ısıya duyarlı vitaminler pastörizasyon işlemine göre genellikle biraz daha fazla kayba uğramaktadır.
- UHT sterilizasyon işleminin vitamin kayıpları üzerindeki etkisi hemen hemen sütün kaynatılmasının yol açtığı etkiye eşit bulunmaktadır.

Isıl İşlem	Vitamin Kayıpları (%)				
	B1	B6	B9	B12	C
Kaynatma	10-20	5-8	15	20	15-20
HTST Pastörizasyon	<10	<10	<10	<10	20
UHT Sterilizasyon	10	10	15	10	25
Klasik Sterilizasyon	30	20	50	<90	90

Yağda çözünen A,D,E vitaminleri ile suda çözünen vitaminlerden riboflavin (B2), pantotenik asit (B3), nikotinik asit ve biyotin pastörizasyon ve UHT sterilizasyon işlemleri sırasında önemli bir kayba uğramamaktadır. Bunlardan A,D,E ve B2 vitaminleri klasik sterilizasyonda bile çok az etkilenmekte ya da hiç kayba uğramamaktadır.

- C vitamini B12 vitamini ve folik asitin korunma mekanizmaları ile bağlantılı olmasından dolayı önem taşımaktadır.
- C vitamini kaybında en önemli etken sütün çözünür oksijen içeriğidir.
- Sağım sonrası askorbik asit değişen düzeylerde oksidasyona uğrar. Çiğ sütün depolama sıcaklığı ve süresi, ışığa maruz kalıp kalmaması ve süte hava girmesi oksidasyon üzerine etkili faktörlerdir.
- Işığın ve riboflavinin katalizörlüğünde meydana gelen oksidasyon sırasında askorbik asitten ilk olarak dehidroaskorbik asit oluşur.
- Isıtma yoluyla C vitamininde meydana gelen toplam kayıplar dehidroaskorbik asit miktarına bağlı bir durum gösterir.
- Dehidroaskorbik asit pastörizasyon işleminde yaklaşık %50, UHT sterilizasyonda ise %100 oranında yok olmaktadır.