

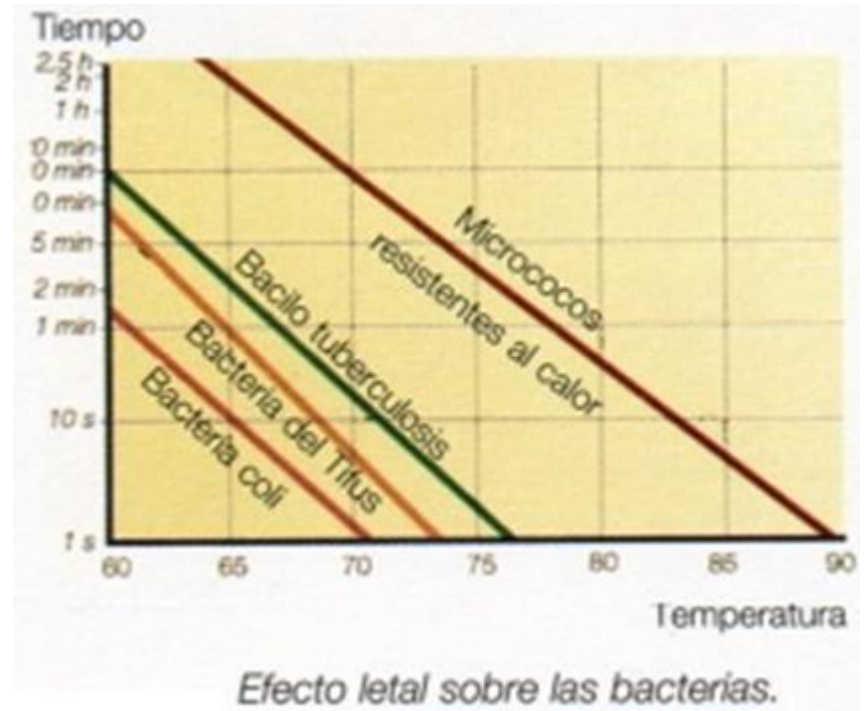


TRATAMIENTO TÉRMICO

Leche

Tratamiento térmico

- Su objetivo es prolongar la vida útil de la leche mediante la destrucción/disminución de μ o e inactivación de enzimas nativas. Debe garantizar la salud del consumidor y una calidad sensorial y nutrimental próximas al producto natural.



Cinética de eliminación microbiana: Valores D y Z

Valor D. **Tiempo(s) necesario para que la concentración de μo se reduzca en 10%** (para que el log se reduzca una unidad).

Z = Incremento de T necesario para que el valor D se reduzca en un factor de 10.

- Los μo presentan importantes diferencias en su termo-resistencia, la que aumenta con el extracto seco.
- Algunos son más termosensibles conforme $\uparrow E^\circ$.
- Los valores cambian con mezclas de distintas cepas.

Cuentas microbianas permitidas en leche tratada térmicamente

Normas de la Unión Europea sobre recuento de bacterias en leche, en vigor a partir del 1 de enero de 1993.

Producto	Recuento en placa (UFC/ml)
Leche cruda	< 100 000
Leche cruda almacenada en silo en la industria durante más de 36 horas	< 200 000
Leche pasteurizada	< 30 000
Leche pasteurizada tras incubación durante 5 días a 8°C	< 100 000
Leche UHT y esterilizada tras incubación durante 15 días a 30°C	<10

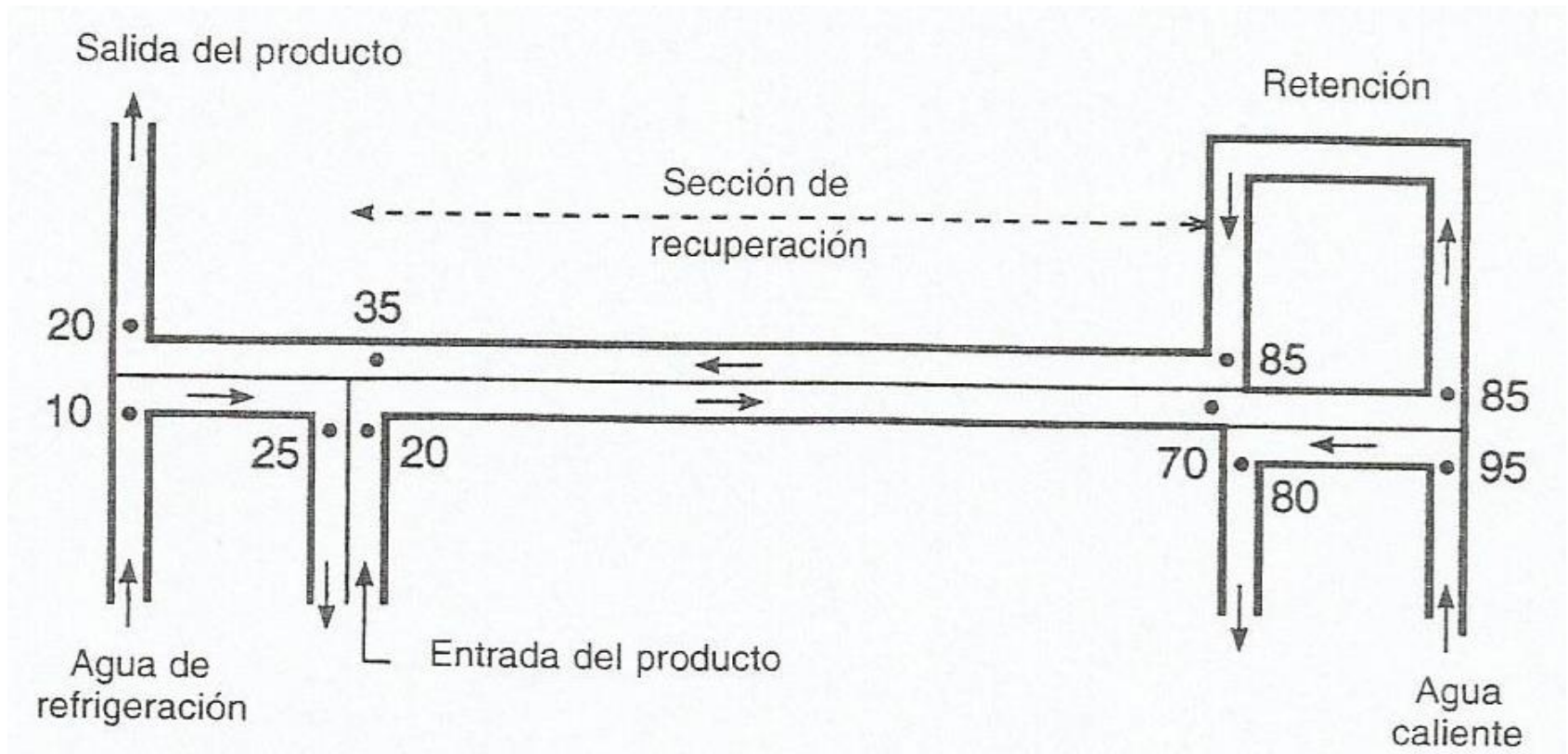
UFC= Unidades Formadoras de Colonias

Categorías de los tratamientos térmicos

Principales categorías de tratamientos térmicos en la industria láctea.

Proceso	Temperatura	Tiempo
Termización	63 - 65°C	15 s
Pasteurización LTLT	63°C	30 min
Pasteurización HTST de la leche	72 - 75 °C	15 - 20 s
Pasteurización HTST de la nata	<80°C	1 - 5 s
Ultra pasteurización	125 - 138°C	2 - 4 s
Esterilización UHT	135 - 140°C	unos pocos segundos
Esterilización en el envase	115 - 120°C	20 -30 min

ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR



Enzimas lácteas inactivadas o afectadas por los tratamientos térmicos

Some Enzymes in Milk

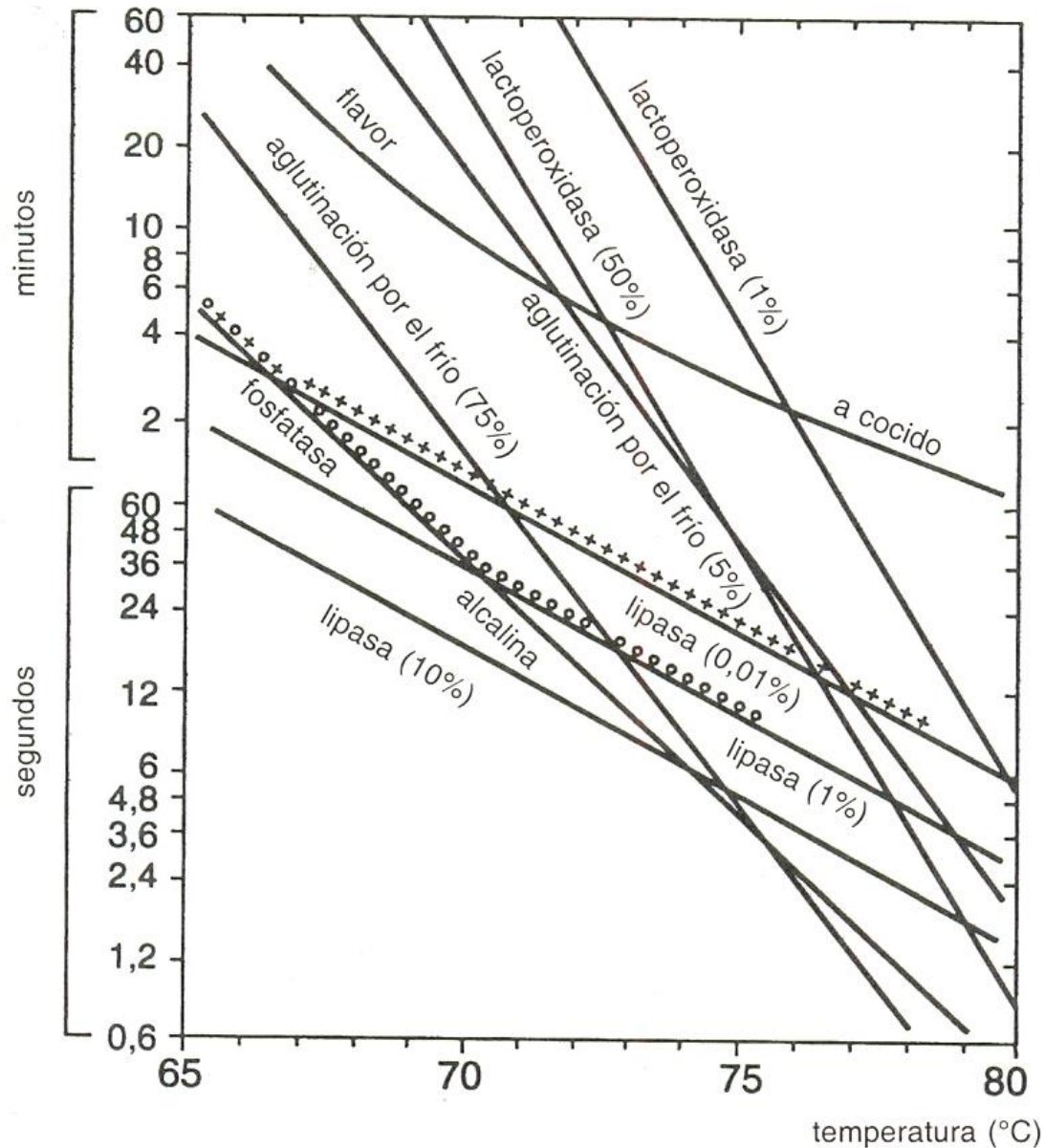
Name	EC Number	Optimum		Activity ^a		Where in Milk	Inactivation ^b
		pH	Temperature (°C)	Potential	Actual		
Xanthine oxidase	1.1.3.22	-8	37	>>40	40	Fat globule membrane	7 min 73°C
Sulfhydryl oxidase	1.8.?	-7	-45	?	?	Plasma	3 min 73°C
Catalase	1.11.1.6	7	37?	?	300	Leukocytes	2 min 73°C
Lactoperoxidase	1.11.1.7	6.5	20	?	22000	Serum	10 min 73°C
Superoxide dismutase	1.15.1.1	?	37?	~2000	?	Plasma	65 min 75°C
Lipoprotein lipase	3.1.1.34	-9	33	3000	0.3	Casein micelles	30 s 73°C
Alkaline phosphatase	3.1.3.1	-9	37	500	<< 500	Fat globule membrane	20 s 73°C
Ribonuclease	3.1.27.5	7.5	37	(^c)	?	Serum	?
Plasmin	3.4.21.7	8	37	3	0.05	Casein micelles	40 min 73°C

^a $\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{l}^{-1}$.

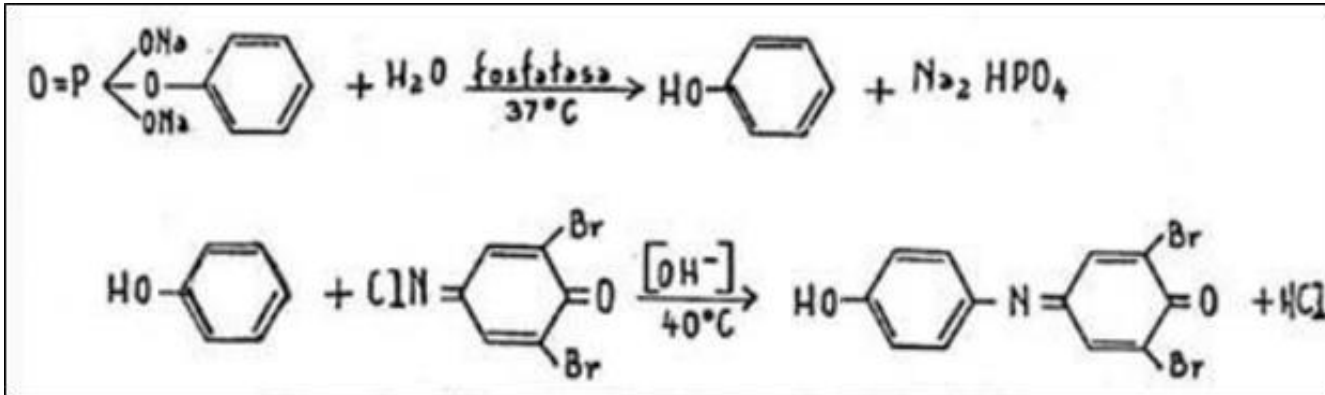
^b Heat treatment needed to reduce activity to approximately 1%.

^c 11–25 mg enzyme per kg of milk.

Cambios en la leche en función de $T(^{\circ}\text{C})$ y $t(\text{s}, \text{min})$



Prueba de la fosfatasa alcalina



El fenol producido se determina colorimétricamente por reacción con 2,6-dibromoquinonacloroimida, obteniéndose un color azul (610 nm).

Fosfatasa residual

Producto	Límite máx. de fosfatasa residual (U/g)
Leche, fórmula láctea o producto lácteo combinado pasteurizado	4
Quesos frescos, madurados y procesados	12
Quesos del suero	4
Helados de crema, de leche o grasa vegetal, sorbetes y bases o mezclas para helados	4
Mantequilla y cremas pasteurizada	4

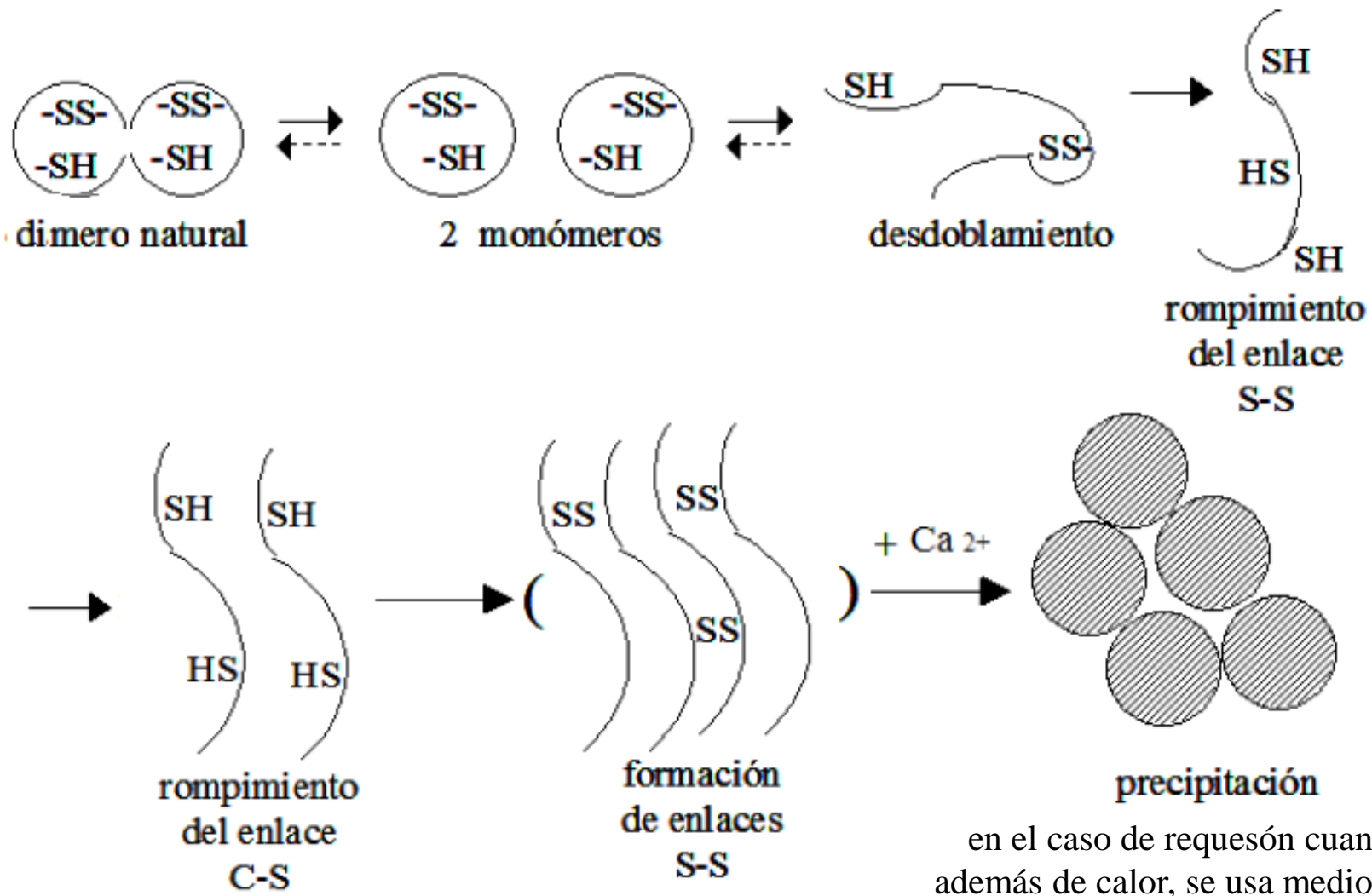
Leche. Cambios producidos durante su calentamiento

Aumenta

- la viscosidad
- la capacidad de espumado
- la intensidad del color blanco
- la intensidad del sabor dulce

Cambios fisicoquímicos y químicos

- Eliminación de O_2 y CO_2 (pH↓ y ↑acidez titulable).
- Hidrólisis de fosfoésteres, migración de fosfato ácido al suero
→ $\uparrow[HPO_4^{2-}] + Ca^{2+} \rightarrow CaHPO_4$
- Migración de Ca^{2+} del interior al exterior micelar → ↑ tamaño micelar y reflectancia (color más blanco).
- Migración de lípidos a la interfase aire-leche → ↑ espumado.
- La desnaturalización de β -lactoglobulina expone R-SH y forma -S-S- con varias proteínas, incluyendo κ -caseína → ↑viscosidad.
- A mayor intensidad en el tratamiento se forma H_2S → ↓E°.



Representación esquemática del efecto de los tratamientos térmicos sobre la β -lactoglobulina.

Cambios fisicoquímicos y químicos

- Inactivación de algunas enzimas endógenas.
- Descomposición de vitaminas A, B₁, B₆, B₁₂, B₉.
- En leche fluida iluminada o en calentamiento se forma CH₃SCH₃ a partir de metional (CH₃SCH₂CH₂CHO), y éste a partir de metionina.
- Formación de lactonas y metilcetonas → aroma a “leche cocida”.
- La degradación de Cys origina H₂S, DHA y lisinoalanina.

Cambios químicos y fisicoquímicos de la lactosa → menor disponibilidad

- Anomerización ($\beta \rightarrow \alpha$)
- ↑R. Maillard → Lactosa + Lys → Lactulosa-Lys (P. Amadori)
- Lactulosa-Lys $\xrightarrow{\Delta}$ HMF, HCO₂H, ácidos sacarínicos, maltol, isomaltol-galactosilado, furosina, piridosina, pirazinas, pirroles → melanoidinas.
- Equilibrio de Lobry de Bruyn-Alberda-van Ekenstein: Epimerización (\rightleftharpoons epilactosa) e isomerización (\rightleftharpoons lactulosa: más dulce y soluble que lactosa, menos reactiva, no cristaliza, es factor prebiótico bífido).
- $\alpha \rightarrow \alpha$ -lactosa • H₂O → **Cristaliza cuando** aw ↓. Se presenta en leche calentada que posteriormente se concentra o congela.

Reacción favorecida al aumentar T

Cambios químicos que llevan a una baja disponibilidad de aa como Lys

- La pérdida de aminoácidos se debe a
- A) R. de Maillard → Lactulosa-Lys
- B) Entrecruzamientos proteínicos
- C) R. de Maillard → 3° y 4° etapas

Conforme
aumenta
T



En leches pasteurizadas y UHT → 1° y 2° etapa de Maillard, poco de la 3°; entrecruzamiento; formación de lactonas, metilcetonas; y CaHPO_4

