

Nº 93  
DEL



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**UTILIZACION DEL PROCESO UHT PARA LA  
ESTERILIZACION COMERCIAL EN LECHE**

**TRABAJO ESCRITO - VIA EDUCACION CONTINUA  
PARA OBTENER EL TITULO DE  
QUIMICO FARMACEUTICO BIOLOGO**

**PRESENTA:  
JOSEFINA MARAÑA RICAÑO**

**MEXICO, D. F.**

**1992**

**FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

I.	Objetivo . . . . .	1
II.	Introducción . . . . .	1
III.	Generalidades . . . . .	2
IV.	Esterilización UHT . . . . .	10
	A. Sistemas para el Tratamiento UHT . . . . .	20
	B. Envasado Aséptico . . . . .	27
	C. Limpieza y Esterilización de Equipos UHT . . . . .	30
	D. Consecuencias de la Aplicación de los Sistemas de Calentamiento Directo Indirecto . . . . .	31
V.	Control de Calidad . . . . .	33
	A. Materia Prima . . . . .	33
	B. Envase y Empaque . . . . .	36
	C. Control de Proceso . . . . .	37
	D. Producto Terminado . . . . .	38
	E. Almacenamiento . . . . .	40
VI.	Conclusiones . . . . .	41
VII.	Bibliografía . . . . .	45

## I. OBJETIVO

Describir el proceso de esterilización comercial (UHT) que ofrece grandes ventajas en el tratamiento de productos lácteos.

## II. INTRODUCCIÓN

Debido a la dispersión demográfica que dificulta la distribución de los productos perecederos como es el caso de la leche, se ha logrado por medio de procesos de esterilización, la aceptación de productos que permitan su distribución y almacenamiento por períodos considerables de tiempo. Como resultado de los avances en la tecnología de alimentos, esos procesos de esterilización han sido perfeccionados dando como resultado una mejor calidad de los productos.

El tratamiento UHT, es la esterilización de un producto por la aplicación de temperaturas altas durante períodos cortos, y la combinación con un envasado aséptico, se obtiene un producto que ya no requiere refrigeración durante su almacenamiento y distribución.

El proceso UHT abre las puertas a la expansión a través de la elaboración de nuevos productos, nuevos mercados y nuevas vías

de distribución. El proceso UHT es versátil en virtud de que puede tratar una variedad de productos, tales como:

- Leche fresca
- Leche condensada
- Alimentos infantiles
- Crema
- Helados
- Bebidas lácteas de sabores
- Jugo de frutas

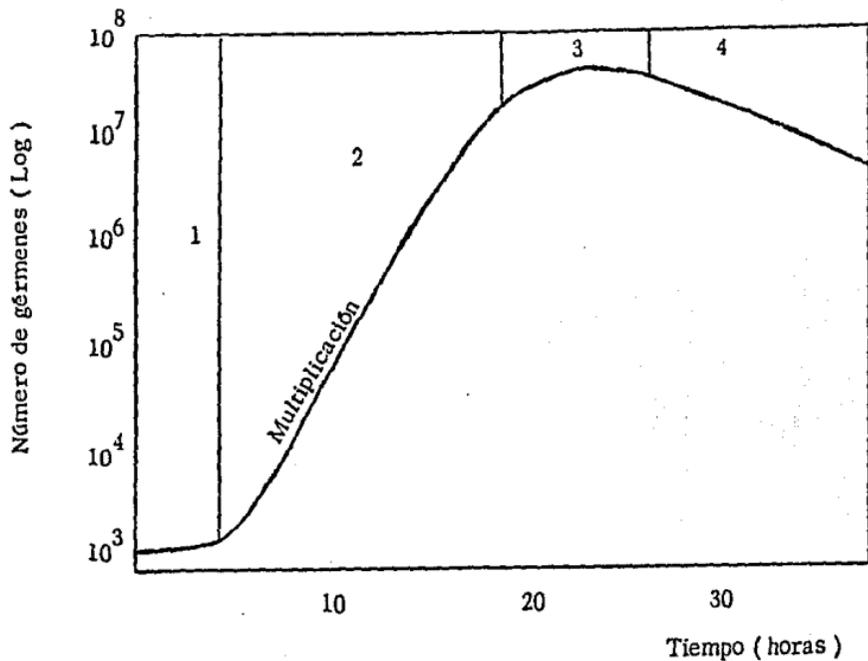
### III. GENERALIDADES

El principal propósito del tratamiento térmico de la leche, es eliminar todos los microorganismos capaces de producir enfermedades en el ser humano.

El tratamiento térmico debe ser aplicado tan rápidamente como sea posible, para evitar problemas de degradación de los constituyentes de la leche, debido a que los microorganismos presentes pueden multiplicarse rápidamente como se muestra en la gráfica I. En esta gráfica, se observa que en la fase de latencia, hay un retraso antes de que las bacterias comiencen la reproducción, ya que primero tienen que aclimatarse a su nuevo ambiente, después de esta fase, las bacterias comienzan a reproducirse aceleradamente durante las primeras horas, a esta fase se le llama logarítmica. Se van acumulando productos tóxicos de desechos metabólicos y la velocidad de la reproducción

# GRAFICA I

Curva de crecimiento de las bacterias



- 1 Fase de latencia o adaptación
- 2 Fase logarítmica ( crecimiento activo )
- 3 Fase máxima o estacionaria
- 4 Fase decreciente

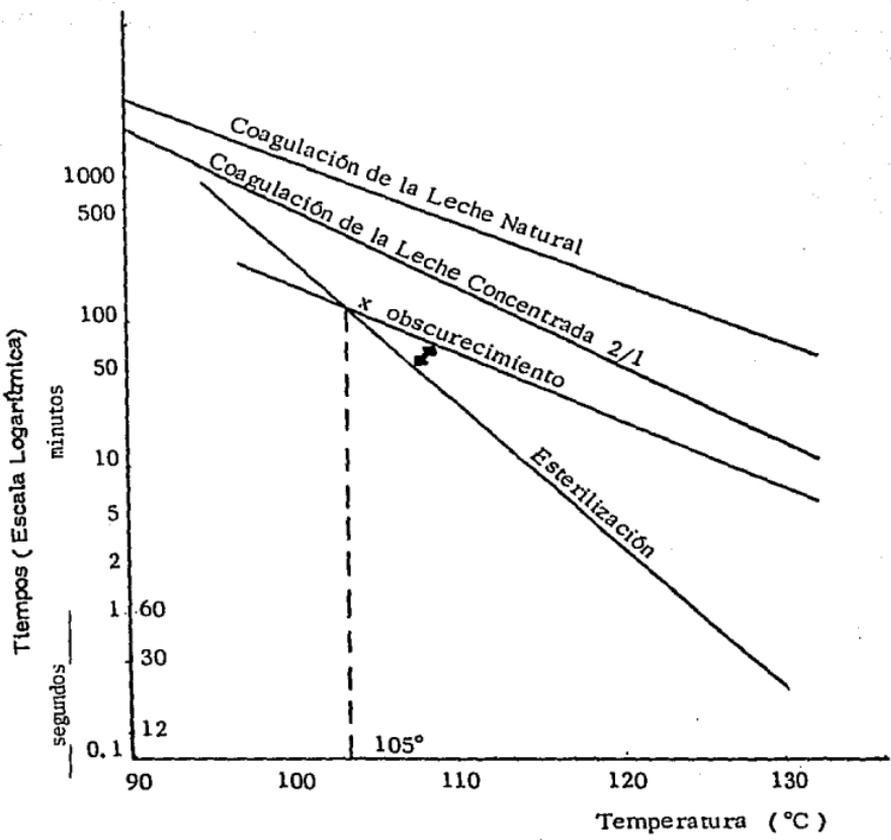
se ve frenada, mientras que al mismo tiempo se produce la muerte constante de bacterias, esta etapa es conocida como fase estacionaria, en la siguiente fase que es la decreciente, cesa completamente la formación de nuevas células y las ya existentes comienzan a morir de forma gradual [5].

Existen factores que limitan el tratamiento térmico, desde el punto de vista microbiológico un calentamiento intenso de la leche es deseable, pero tiene efectos adversos en la composición de la misma, por lo tanto, elegir la combinación de tiempo-temperatura, es un factor de optimización en el que se deben considerar los efectos microbiológicos y los aspectos físico-químicos del producto que determinarán los parámetros en el proceso térmico a utilizar. Gráfica II. [3] en esta gráfica  $x$  tiene un coeficiente de temperatura de 2.5, considerado como valor medio para las reacciones químicas (se trata en este caso de un obscurecimiento de la leche calentada). En todas las condiciones tiempo-temperatura representadas por un punto que se encuentre por encima de la recta  $x$ , aparecerá la modificación considerada. La curva de esterilización tiene una pendiente mucho más elevada (coeficiente 10); por esta razón, existe una zona en la que todos los puntos corresponden a condiciones en que la esterilización es efectiva, sin aparecer modificación alguna, esta zona está delimitada por el ángulo que forman las dos rectas y por lo tanto para temperaturas superiores a  $105^{\circ}\text{C}$ .

Los efectos adversos por un calentamiento intenso a temperaturas elevadas son:

- Coagulación de la leche debido a la desnaturalización de

GRAFICA II  
 DIAGRAMA DE TRATAMIENTO TERMICO



las proteínas.

- Sabor a cocido por caramelización de la lactosa
- Deterioración de algunas vitaminas disminuyendo el contenido de éstas en la leche. Tabla A [3].

Tabla A

Vitamina	Leche cruda	Pasteurización HTST	% de pérdida Esterilización UHT
D U.I.	2	0	0
A U.I.	150	0	0
C ug	2200	10	10
B <sub>6</sub> ug	35	0	0
B <sub>12</sub> ug	0.3	0	20
B <sub>1</sub> (tiamina) ug	45	7	7
B <sub>2</sub> (Riboflavina) ug	150	0	0
Acido Pantoténico ug	350	0	0
Acido Nicotínico ug	100	0	0
Biotina ug	1.5	0	0

### PASTEURIZACIÓN

Antiguamente se empleaba el proceso de pasteurización baja: LTLT (baja temperatura-largo tiempo), consistía en calentar la leche a 63°C en vasijas abiertas, manteniendo la temperatura durante 30 minutos. En la tabla B [3] se observa que un control

## CALENTAMIENTO DE LA LECHE

	Temperatura (°C) que se debe alcanzar y tiempo de duración								
	Una hora	30 min	10 min	5 min	2 min	1 min	30 seg	15 seg	5 seg
Destrucción o inactivación									
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	55.6	57.8	60.6	62.5	65	66.6	68.3	70	72.8
<i>Escherichia coli</i> .....	59.5	62.2	64.5	65.8	67.6	68.9	70.5	71.7	74.5
<i>Brucella</i> .....	-	51.7	60	-	63	-	-	-	-
Fosfatasa.....	60.8	62.2	64.5	65.8	67.6	68.9	70.5	71.7	74.2
Peroxidasa.....	-	72	74	75	77	78	79	80	81

- No se encontraron valores.

eficaz de la pasteurización es la fosfatasa alcalina, que es ligeramente mas resistente a la acción del calor que *Mycobacterium tuberculosis*. Una leche fosfatasa negativa es indicativo de que ha sido correctamente pasteurizada.

Actualmente la leche se pasteuriza por procesos continuos HTST (alta temperatura-corto tiempo) donde la temperatura que alcanza el producto es de 72°C, manteniéndola por 15 segundos. En la gráfica III [3] se observa que la recta de en medio (en trazos) define las normas recomendables para conseguir una pasteurización eficaz, sin alterar la capa de crema.

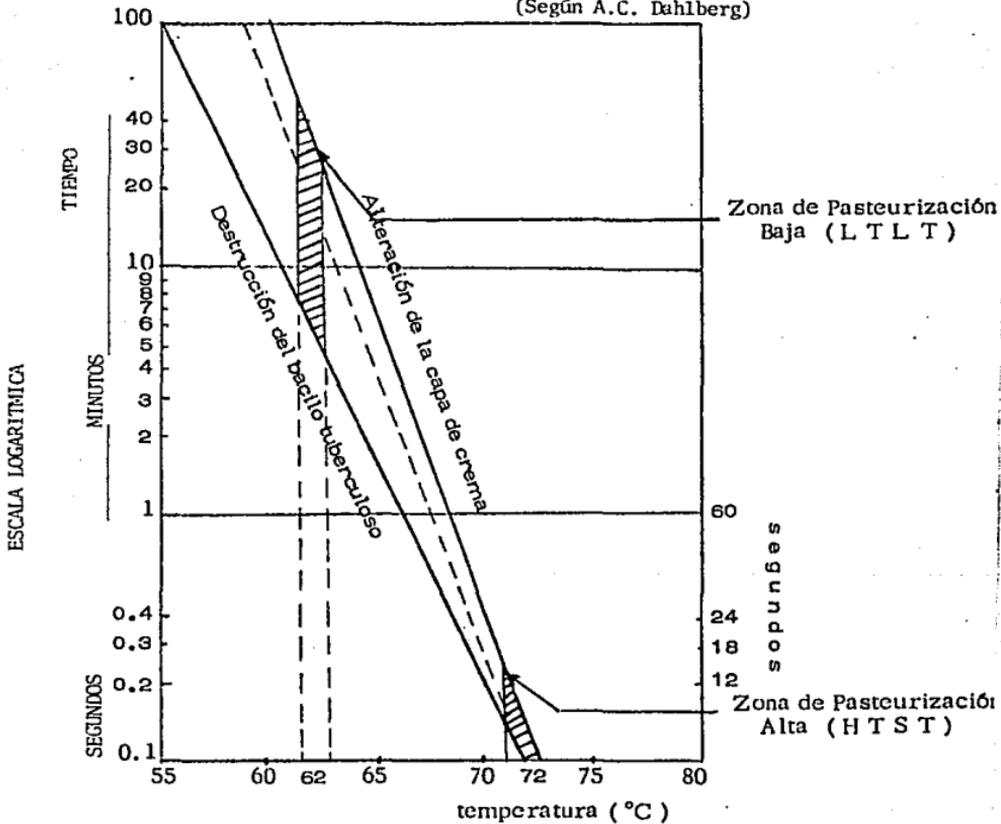
Estos procesos de calentamiento, son suficientes para destruir los microorganismos vegetativos patógenos más resistentes al calor como son:

- *Coxiella burnetti* que es una rickettsia causante de la enfermedad conocida como fiebre Q. Tiene una alta resistencia a los agentes físicos y esta característica ha hecho que se incremente un grado las normas de pasteurización baja de 62°C a 63°C [3] pág. 326.
- *Mycobacterium tuberculosis*, conocido como el bacilo de la tuberculosis.

Las esporas de ciertas bacterias tanto como las células vegetativas termorresistentes, sobreviven a estos tratamientos, consecuentemente es obligatoria la refrigeración en la distribución y en el almacenamiento de la leche pasteurizada, por lo tanto, su vida de anaquel es bastante limitada.

GRAFICA III  
 PASTEURIZACION

(Según A.C. Dahlberg)



## ESTERILIZACIÓN

Esterilización no es un término aplicable a los alimentos procesados térmicamente, ya que un producto estéril es aquel en el cual no se encuentran microorganismos viables de reproducirse, por lo tanto, los alimentos procesados térmicamente se les denomina como: comercialmente estériles, bacteriológicamente inactivos o parcialmente estériles [17], ya que en éstos existe la posibilidad de encontrar microorganismos no patógenos que no se reproducen por las condiciones del medio ambiente.

Para la elaboración de un producto comercialmente estéril, es importante el establecer las condiciones térmicas considerando varios factores, entre los cuales se encuentran:

- Naturaleza del alimento
- Condiciones de almacenamiento del producto (posterior al proceso térmico)
- Resistencia térmica de los microorganismos o esporas
- Características de la transferencia de calor de los alimentos, el envase y el medio de calentamiento
- Cuenta inicial de microorganismos.

#### IV. ESTERILIZACION UHT

Un factor de gran incidencia en los costos de elaboración y distribución de los productos lácteos pasteurizados, es sin duda el carácter degradable de éstos, el proceso de preservación de estos productos se encuentra supeditado a las posibilidades de aprovisionamiento y venta, lo que obliga a realizar enormes

inversiones por la refrigeración del producto durante todo el trayecto de su distribución. Una solución a este problema, es el tratamiento por el proceso UHT, ya que gracias a la estabilidad más prolongada que éste confiere a la leche de consumo directo y a los productos lácteos en general, se eliminan radicalmente una serie de dificultades y costosos problemas. La refrigeración durante el almacenamiento y distribución se vuelve superflua, resultando el producto menos dependiente de un período fijo de circulación.

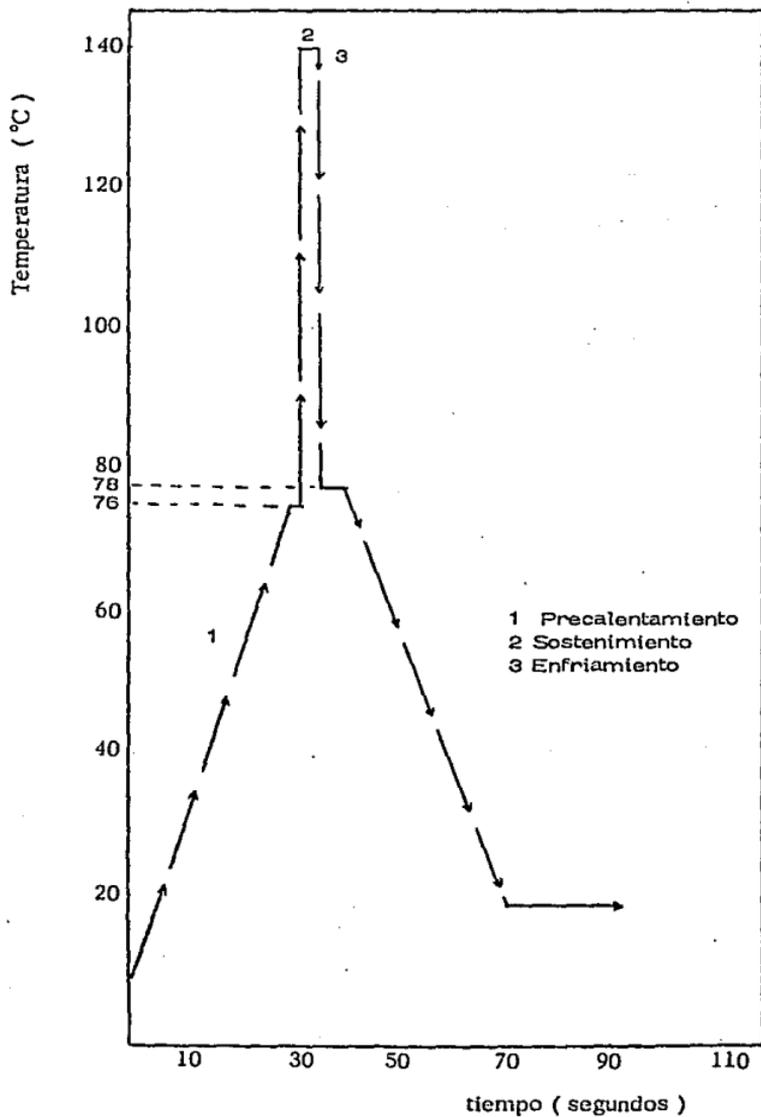
El tratamiento UHT es un proceso continuo que se efectúa en un sistema cerrado para prevenir la contaminación del producto que pasa por varias etapas:

- a) Pretratamiento
  - pasteurización
  - estandarización
  - homogenización
- b) Ultrapasteurización
  - precalentamiento
  - homogenización
  - esterilización
- c) Envasado Aséptico

El proceso UHT asegura la calidad bacteriológica del producto sin alterar notablemente las características físicas, químicas y organolépticas de la leche, garantizando un tiempo mínimo de vida de anaquel de tres meses.

# GRAFICA IV

VARIACION DE LA TEMPERATURA DURANTE EL PROCESO UHT SEGUN EL TIEMPO TRANSCURRIDO



Se ha introducido un término manejable que es el de esterilización comercial y de acuerdo con la FDA se define como:

- La ausencia de toda bacteria patogénica viviente.
- La ausencia de microorganismos viables de multiplicarse y causar el deterioro del producto en condiciones normales de almacenamiento y distribución.

### Reacciones Cinéticas

La destrucción de microorganismos, la inactivación de enzimas y las reacciones químicas que dan como resultado la desnaturalización de proteínas, el obscurecimiento y el daño a las vitaminas y aminoácidos pueden ser descritos en términos de las Leyes de las reacciones cinéticas.

El cambio en la concentración por unidad de tiempo  $dN/dt$ , se denomina la velocidad de reacción, que no es constante, ya que depende de la temperatura, los catalizadores que pueden estar presentes y la concentración de los reactantes. Los procesos se clasifican de acuerdo a la orden de reacción, la cual al incrementarse disminuye la velocidad de reacción ya que la colisión entre las moléculas que toman parte en la reacción decrecen.

### Reacciones de orden cero:

$$- \frac{dN}{dt} = \text{constante}$$

Es independiente de la concentración

### Reacciones de primer orden:

$$- \frac{dN}{dt} = KN_1$$

Una partícula toma parte en la reacción. La velocidad de reacción es proporcional a la concentración; también es llamada reacción monomolecular. (En este orden de reacción se encuentra la destrucción de microorganismos y la inactivación de enzimas).

### Reacciones de segundo orden:

$$- \frac{dN}{dt} = KN_1N_2$$

Esta es una reacción bimolecular en la cual se ven involucradas dos partículas; es el orden de reacción más frecuente para las reacciones químicas.

### Reacciones de tercer orden:

$$- \frac{dN}{dt} = KN_1N_2N_3$$

Aquí toman parte tres constituyentes en la reacción química y en la cual la velocidad de reacción es proporcional al producto de las tres concentraciones.

### EFECTO DEL TIEMPO

La destrucción de microorganismos, generalmente se describe en términos de reacciones de primero orden.

- $N_0$  = Número inicial de organismos o concentración inicial  
 $N$  = Número de organismos o concentración al tiempo  $t$   
 $K$  = La temperatura dependiente de la constante de velocidad  
 o la constante de velocidad de muerte.  
 $t$  = Duración del efecto (tiempo de calentamiento)

$$-\frac{dN}{dt} = K \cdot N_1 \quad \text{Reacción de primer orden}$$

$$-\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = K \int_0^t dt \quad \text{Integrando entre los límites } N_0 \text{ y } N$$

$$-\ln \frac{N}{N_0} = kt$$

$$\frac{N}{N_0} = e^{-kt}$$

Esta última ecuación indica que la disminución del número de organismos es exponencial y el tiempo necesario para reducir el número de organismos  $N$  es independiente del número inicial  $N_0$ .

Para efectos prácticos es funcional el uso de logaritmos a la base 10 en lugar de la base  $e$ , por lo cual el tiempo de reacción queda de la siguiente manera:

$$\log N = -\frac{K}{2.3}t + \log N_0 .$$

Para expresar la misma reducción del número de organismos a diferentes temperaturas tenemos:

$$\log \frac{N}{N_0} = - \frac{K_1}{2.3} \cdot t_1 A \phi_1$$

y

$$\log \frac{N}{N_0} = - \frac{K_2}{2.3} \cdot t_2 A \phi_2$$

de esto:

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{K_2}{K_1}$$

Cuando  $N_0/N = 10$ , el logaritmo para la base 10 es 1

El valor D (tiempo de reducción decimal), es el tiempo necesario a una temperatura específica  $\phi$  para reducir el número de organismos a 1/10 del valor original. Gráfica V.

Los valores D  $\phi$  son dependientes de la temperatura.

D $\phi$	seg.	Microorganismo
121°C	2.30	para B. Cereus
121°C	12.25	para clostridium botulinum
121°C	100.00	para clostridium sporogenes
121°C	408.00	para bacillusstearotherophilus
65°C $\leq$	35.00	para la mayoría de noformadores de esporas y bacterias no termofilicas en leche (E.Coli, Aerobacter Aerógenes, Mycobacterium tuberculosis, Salmonella, brucella, streptococos, stafilococos, patogénicos, así como hongos y levaduras).

Si desea reducir de  $10^4$  hasta  $10^{-3}$ /M.O.  $\text{cm}^{-3}$ , a una temperatura  $\phi$ , entonces

$\log \frac{10^4}{10^{-3}} = \log 10^7 = 7$  y el tiempo necesario es:

$$t = 7 \cdot D\phi$$

### TEMPERATURAS QUE VARIAN CON EL TIEMPO

Las velocidades de calentamiento y enfriamiento dependen del tipo de proceso que pueden ser altas o bajas.

Los cambios de temperaturas en procesos de flujo continuo, especialmente en el calentamiento directo, son muy rápidos y por lo tanto se acercan al patrón ideal, el aumento y la caída de la temperatura en los intercambiadores de calor indirecto es gradual.

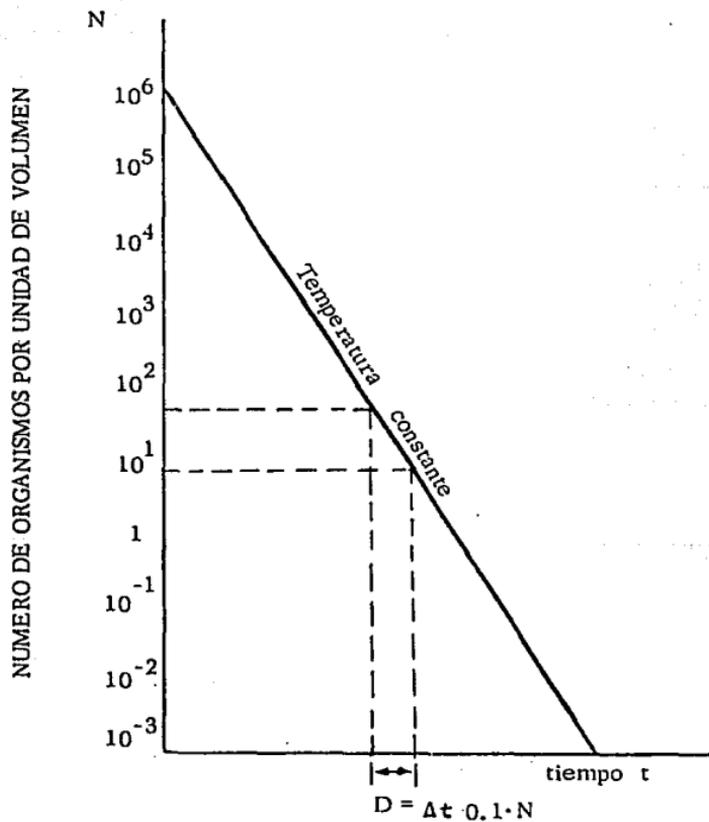
La destrucción de microorganismos, se inicia antes de alcanzar la máxima temperatura y continúa hasta la caída de ésta, este factor debe considerarse si se desea minimizar las reacciones indeseables de la sobre-esterilización.

Cuando la reducción decimal del tiempo a temperaturas  $\phi$ , es  $D\phi$ , y el producto es expuesto a la temperatura  $\phi$  por el tiempo  $\Delta t$ , entonces la reducción en el número de organismos del valor inicial de  $N_0$  a  $N_N$  se describe por la siguiente ecuación:

$$\text{Log } \frac{N_0}{N_N} = \frac{\Delta T_1}{D\phi}$$

GRAFICA V

CURVA LOGARITMICA DEL NUMERO DE MICROORGANISMOS CONTRA TIEMPO



Donde  $\log N_0/N_n$  expresa los efectos del calentamiento y para la destrucción de microorganismos, es el número de ciclos logarítmicos por el cual el número de organismos debe ser reducido

$$N_0 = 10^3 \text{ organismos/ml.}$$

$$N_n = 10^{-6} \text{ organismos /ml.}$$

$$\log \frac{N_0}{N_n} = \log \frac{10^3}{10^{-6}} = 9 = 1 \text{ organismo/1,000 lt.}$$

Por lo tanto, un efecto esterilizante 9 corresponde a una proporción de sobrevivencia de  $10^{-9}$ , o sea, una espora viva en 1,000 lt.

#### REACCIONES CINÉTICAS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA LECHE Y SU UTILIZACIÓN PARA LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO TÉRMICO UHT

##### Efectos Bacteriológicos

El grado de la destrucción de microorganismos es de suma importancia en la calidad de conservación bacteriológica de la leche tratada por el proceso UHT, de la cual se investigó (Gráfica VI) la destrucción de esporas mesofílicas incubadas a 30°C y esporas termofílicas incubadas a 55°C en un rango de temperaturas de 104 a 150°C de dos a 2,000 seg en plantas de calentamiento directo e indirecto; se observó que de las muestras estériles tuvieron una calidad de conservación satisfactoria, si se supone que el número inicial de esporas en la leche fresca es de 1,000 por ml y si una espora por 1,000 lt se acepta como

satisfactoria después del tratamiento UHT, entonces el valor del tiempo de muerte térmica  $\log N_0/N_{11} = 9$  que es el recomendado para matar el número suficiente de esporas en una producción industrial con un tratamiento mínimo de temperatura y tiempo, asegurando la calidad de conservación bacteriológica.

### Cambios Químicos en el Color

Los cambios de color dependen de la concentración de los reactantes en la reacción de Maillard (lactosa y proteínas); a mayor concentración más intenso es el oscurecimiento a la misma temperatura y tiempo del tratamiento térmico.

La reacción de Maillard entre los azúcares reductores y grupos amino, se ve acelerada por el calentamiento. Desde el punto de vista apariencia, es conveniente preservar el color original de la leche, además esta reacción es un indicativo de los daños en los constituyentes de la leche.

#### A. Sistemas para el tratamiento UHT

##### 1. CALENTAMIENTO DIRECTO

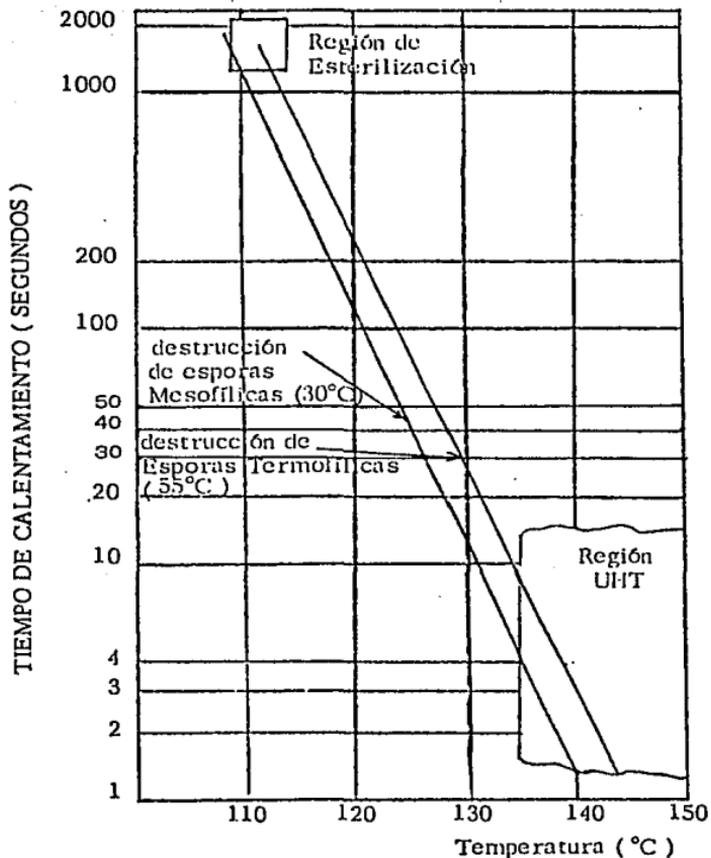
Este sistema se caracteriza porque el vapor que es el medio de calentamiento y entra en contacto directo con el producto pudiendo ser:

- Por inyección
- Por infusión

##### 1.1 Diagrama de flujo del proceso UHT directo por inyección de vapor

## GRAFICA VI

LINEAS LIMITANTES PARA LA DESTRUCCION DE  
ESPORAS PARA UN VALOR DE MUERTE IGUAL A 9  
(log. 10<sup>9</sup>)



## DIAGRAMA I

1.2 Descripción del proceso UHT directo por inyección de vapor, utilizando el Equipo VTIS Alfa Laval (véase diagrama 1).

La bomba (P) envía la leche del tanque de balance (I) a un intercambiador de placas (2) donde la leche es precalentada a 60°C por vapor que proviene del tanque de expansión (6); en el segundo intercambiador de calor (3), la leche es calentada a 76°C y pasa a la sección de calentamiento (4) por una bomba de alta presión (HP), aquí se incrementa la temperatura a 140°C por inyección directa de vapor y se mantiene durante cuatro segundos.

La leche llega al tanque de expansión (6) bajo condiciones de vacío, el condensado en la leche resulta de la inyección de vapor y es evaporado al mismo tiempo que se enfría la leche a 78°C.

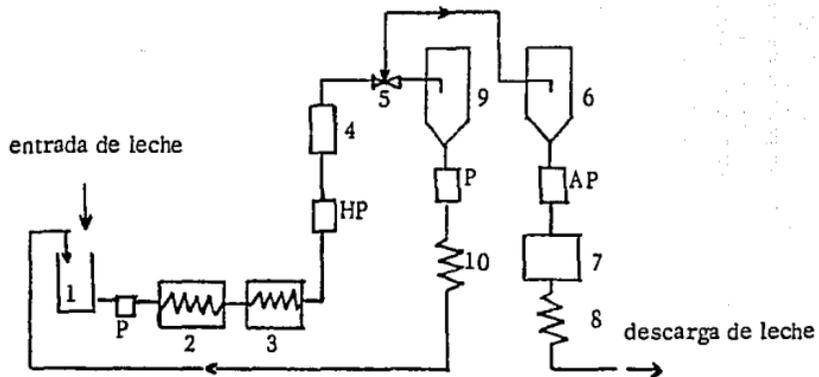
El producto ya esterilizado, se bombea asépticamente (AP) al homogenizador aséptico (7) y pasa a un enfriador de placas (8) en el que el producto se enfría por medio de agua saliendo a 20°C.

Se tiene una válvula de diversión de flujo (5) que es un dispositivo de protección, ya que si la temperatura de esterilización no se alcanza, envía la leche a un segundo tanque de expansión (9) donde se evapora el condensado y la leche retorna al tanque de balance (1) para su reproceso.

El principio de todos los equipos de inyección, es el mismo con variaciones en el diseño de los inyectores de vapor.

# DIAGRAMA I

## PROCESO UHT DIRECTO POR INYECCION DE VAPOR



## 2. CALENTAMIENTO INDIRECTO

Es un sistema donde el producto no entra en contacto con el medio de calentamiento, hay una transferencia de calor mediante placas metálicas y pueden ser:

- Intercambiadores de calor tubulares
- Intercambiadores de calor en placas

Intercambiadores de calor tubulares. El área de transferencia térmica consta de un número de tubos por los que circula el producto, algunos tipos tienen los tubos en forma de U, de modo que el producto fluye a todo lo largo del intercambiador y vuelve otra vez, con lo que se aumenta la cantidad de calor transferido, los intercambiadores tubulares se utilizan también como condensadores en las plantas de refrigeración.

Intercambiadores de calor de placas. Son los más importantes en productos lácteos, consta de un paquete de placas de acero inoxidable, agrupadas en el interior de un bastidor, el cual puede contener varios paquetes de placas separados, formando secciones, en las cuales se efectuarán diversos procesos de calentamiento como pueden ser los precalentamientos, calentamientos finales, mantenimiento y enfriamiento. El medio de calentamiento puede ser vapor al vacío o agua caliente, y los medios de enfriamiento pueden ser agua fría, agua helada o salmuera, dependiendo de las temperaturas requeridas para el producto.

2.1 Diagrama de flujo del proceso UHT indirecto por intercambiadores de calor de placas.

#### DIAGRAMA II

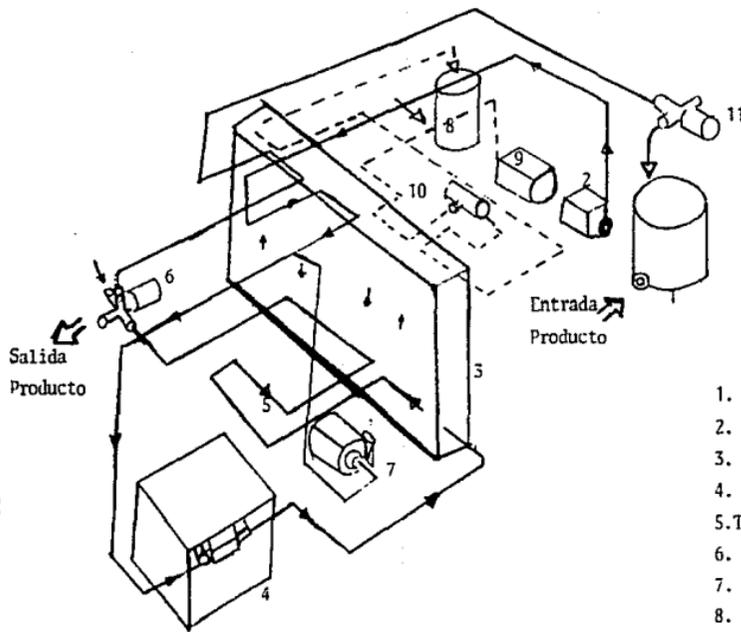
2.2 Descripción del proceso (véase diagrama II).

El producto se bombea desde los depósitos de almacenamiento al recipiente regulador (1) de la planta UHT, desde donde se envía por medio de una bomba de alimentación (2) a la sección regenerativa del intercambiador de calor de placas (3). En esta sección se calienta hasta unos 75°C en contracorriente con leche esterilizada, que a su vez se enfría. El producto precalentado es entonces homogeneizado en el homogeneizador (4).

El producto precalentado y homogeneizado pasa a la sección de calentamiento del intercambiador, donde su temperatura sube a 140°C. El medio de calentamiento es agua caliente en circuito cerrado cuya temperatura se regula por inyección de vapor (10). El producto pasa por el tubo de mantenimiento (5), dimensionado para una estancia de cuatro segundos.

El producto que sale del tubo de mantenimiento pasa a la sección aséptica de preenfriamiento, donde se enfría en contracorriente con agua. El enfriamiento final hasta 20°C se realiza de forma regenerativa por intercambio térmico con el producto entrante aún sin esterilizar, que hace de medio refrigerante. El producto continúa hasta la máquina de llenado aséptico o hasta el depósito aséptico donde permanece durante un período de tiempo antes de su llenado final.

PROCESO UHT INDIRECTO POR INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS (5)



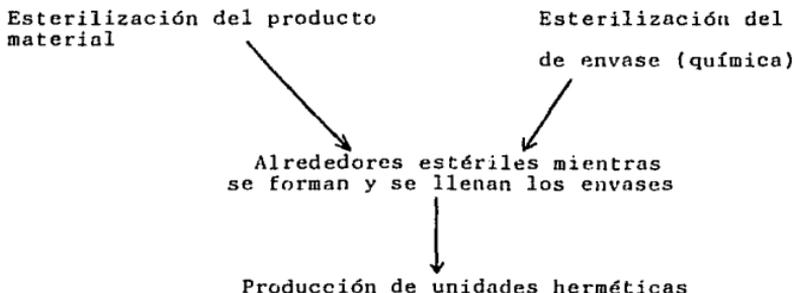
—— Producto  
 - - - - Agua

1. Depósito de regulación
2. Bomba de producto
3. Intercambiador de calor de placas
4. Homogeneizador no aséptico
5. Tubo de mantenimiento
6. Válvula de desvfo
7. bomba
8. Depósito regulador (agua caliente)
9. Bomba de agua caliente
10. Inyector de vapor
11. Válvula de desvfo

## B. Envasado Aséptico

La producción de leche de larga duración se estructura básicamente en la separación de la esterilización del producto y la esterilización del material de envase en dos procesos independientes.

Esquemáticamente se presenta de la siguiente manera:



Previa a la esterilización se encuentra la limpieza del sistema y se lleva a cabo automáticamente por el procedimiento de soluciones químicas, la camisa del tanque abastecedor de agua está dividida verticalmente en dos compartimentos independientes, uno para la solución alcalina y el otro para la solución ácida.

En los momentos previamente fijados pasan los detergentes al tanque de agua forzados por presión neumática, sometiéndose posteriormente al enjuague con agua.

Los procedimientos para una limpieza satisfactoria dependen de:

- a) La esterilización de los productos químicos adecuados

- b) La aplicación de los productos en la concentración correcta
- c) El contacto de las superficies del equipo con los productos químicos por períodos de tiempo establecidos
- d) El control de la velocidad del flujo de las soluciones de limpieza
- e) La temperatura correcta de los productos en solución.

En la esterilización del sistema, todo el procedimiento es automático, de acuerdo a un programa de tiempo-temperatura, llevándose a cabo con agua, logrando así las condiciones asépticas de la maquinaria.

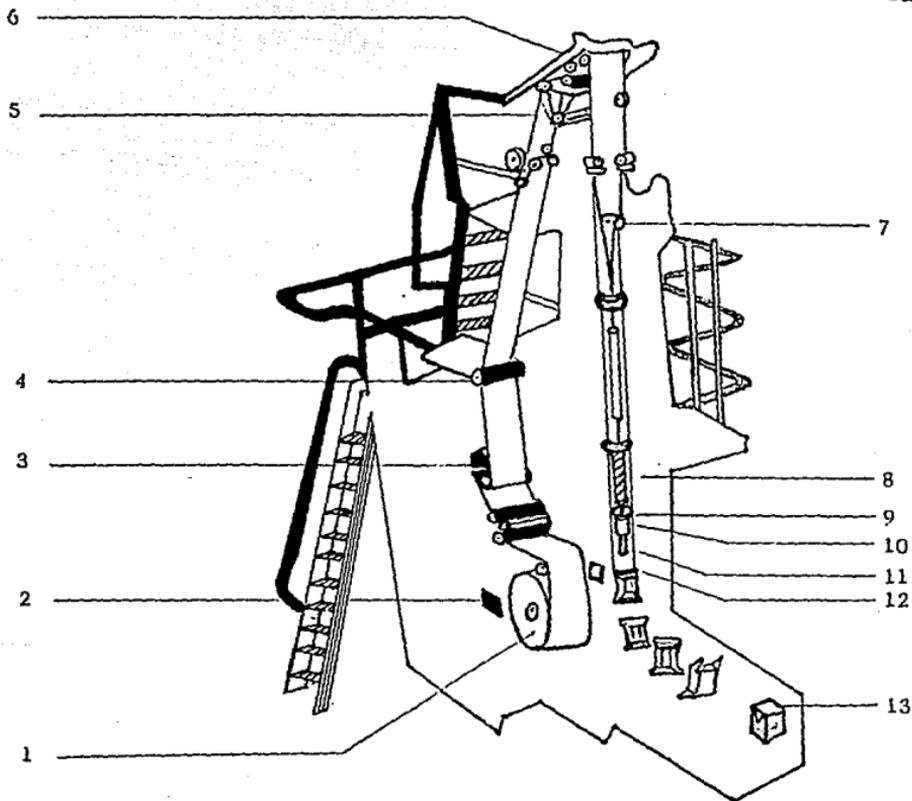
El tiempo aproximado para la limpieza y la esterilización es de dos horas.

El equipo utilizado para el envasado aséptico es el tetra brick aséptico, fabricado por tetra pak, (véase diagrama III) [16].

El material de envase, se encuentra en forma de rollos que se colocan en las máquinas de llenado y la laminación pasa a la parte superior de la máquina donde es bañada en una solución de peróxido de hidrógeno, la solución contiene además un agente humectante y la función de éste, es que el mojado de la laminación en el baño de peróxido sea uniforme, logrando así una esterilización química efectiva.

DIAGRAMA III  
ENVASADO

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



- 1 ROLLO DEL MATERIAL DE ENVASE
- 2 CELDA FOTOELECTRICA QUE INDICA CAMBIO DE ROLLO
- 3 DISPOSITIVO PARA SELLAR LA FECHA
- 4 RODILLO
- 5 BAÑO DE AGUA
- 6 RODILLO
- 7 PRODUCTO
- 8 RADIADOR
- 9 NIVEL DEL PRODUCTO
- 10 FLOTADOR QUE REGULA EL NIVEL DEL PRODUCTO
- 11 TUBO DE LLENADO
- 12 CIERRE Y CORTE DE LOS ENVASES
- 13 SALIDA DE LOS ENVASES HERMETICOS

Una cubierta de acero inoxidable, impide la reinfeción del material en su paso al tubo de calentamiento, que por medio de un elemento de radiación opera a temperaturas elevadas, lográndose así:

- la descomposición de peróxido de hidrógeno en oxígeno por calor
- la esterilización final del material

Posteriormente se cierra la banda del material por medio de una soldadura longitudinal, creando un sistema cerrado regulando el nivel de leche por un flotador; las soldaduras transversales se hacen bajo la superficie del producto, formando así las unidades individuales cerradas herméticamente que salen de la llenadora y son conducidas por una banda transportadora a la sección de empaquetado.

### C. Limpieza y esterilización de equipos UHT

Es recomendable la limpieza automática de los equipos, esto se efectúa por un sistema de circuito limpieza *in situ*, conocido como Cip.

El Cip se puede definir como la circulación de los fluidos de limpieza a través de maquinaria y equipo interconectados para formar un circuito de limpieza.

La limpieza y desinfección del equipo, son esenciales en las operaciones de fabricación de productos lácteos, si la higiene es deficiente, se pueden tener serias consecuencias, ya que la leche es un medio nutritivo para las bacterias donde se multiplican rápidamente.

Los procedimientos de limpieza Cip, deben realizarse estrictamente de acuerdo a las indicaciones del fabricante del equipo. El ciclo de limpieza Cip para equipos con tratamiento térmico, sigue los siguientes pasos:

- Enjuague con agua tibia
- Limpieza con solución alcalina
- Enjuague con agua tibia
- Limpieza con solución ácida
- Enjuague con agua fría
- Esterilización con agua.

La solución alcalina actúa solubilizando las grasas, los depósitos de sales de calcio insoluble y algunas proteínas.

Las soluciones ácidas se utilizan como detergentes suplementarios, ya que las proteínas son perfectamente solubles en ácidos inorgánicos, además suavizan las posibles incrustaciones de la solución alcalina y los depósitos de carbonato de calcio con albúmina, formados por la dureza del agua y el severo tratamiento térmico.

### C. Consecuencias de la aplicación de los sistemas de calentamiento directo e indirecto

#### 1. Calidad del vapor

En el calentamiento directo, el vapor entra en contacto directo con el producto que será procesado, por lo tanto, se requieren ciertas demandas especiales:

- 1.1 El vapor debe ser obtenido de agua potable
- 1.2 Debe ser absolutamente libre de cualquier olor y sabor
- 1.3 Debe utilizarse vapor sobrecalentado

- 1.4 El vapor debe estar desprovisto de las sustancias químicas adicionadas para suavizar el agua
- 1.5 El vapor debe ser puro, por lo cual la caldera debe lavarse frecuentemente
- 1.6 La tubería de vapor debe ser de acero inoxidable.

Es necesario darle un tratamiento previo al vapor que entra en contacto con la leche, por lo que se utilizan varios tipos de equipos.

- Centrifugación. Remueve los sólidos, gotas de agua y sustancias químicas disueltas en el agua.
- Centrifugación con filtros de carbón activado. Aplicando filtros de carbón activado conectados en serie, los gases químicos pueden ser eliminados del vapor, ya que son absorbidos sobre los filtros.

Estos requerimientos no son necesarios para el sistema de calentamiento indirecto, ya que el vapor no entra en contacto con el producto.

## 2. Condensado en el producto

El condensado que entra en la leche por el contacto entre ésta y el vapor, debe ser completamente eliminado del producto final, se lleva a cabo en el tanque de expansión y las condiciones para lograr la evaporación completa del condensado son:

- 2.1 Mantener un vacío exacto previamente establecido en el tanque de expansión
- 2.2 Mantener una diferencia de temperaturas entre la descarga del producto del tanque de expansión y la temperatura de

carga del segundo precalentador.

Con el sistema indirecto no hay contacto entre el medio de calentamiento y el producto, por lo tanto, no existe condensado.

### 3. Pérdida de olor y sabor

En el manejo de leches con saborizantes (vainilla, chocolate, fesa, etc.), el sistema directo presenta problemas durante la eliminación del condensado ya que los aromas del sabor se eliminan en el tanque de expansión, por lo tanto, se deben considerar algunos aspectos en caso de utilizar este sistema como:

3.1 En condiciones asépticas se adiciona al producto un exceso de saborizante después del tratamiento en el tanque de expansión

3.2 Se sugiere la utilización de materias primas que contengan la menor cantidad posible de sustancias aromáticas volátiles

En ambos casos hay un incremento en el costo del producto terminado.

En el sistema de calentamiento indirecto, no se presentan problemas con estos productos, ya que la deareación puede ejecutarse antes de que el producto pase al homogeneizador.

## V. CONTROL DE CALIDAD

### A. Materia Prima

#### Leche Fresca

Los componentes básicos de la leche de vaca dependen de varios factores que influyen en la calidad de la misma como:

- raza de la vaca

- individualidad
- edad
- hora de la ordeña
- estación del año
- régimen alimenticio

La tabla C muestra la composición aproximada de una leche de vaca.

TABLA C

Composición aproximada de la leche de vaca

Componente	Valor medio %	Límites de variación %
Agua	87.1	85.5 - 89.5
Grasa	3.9	2.5 - 6.0
Proteínas	3.3	2.9 - 5.0
Lactosa	5.0	3.6 - 5.5
Cenizas (minerales)	0.7	0.6 - 0.9
	100.0	
Sólidos no grasos	9.0	
Sólidos totales	12.9	

En el momento en que se recibe la leche en la fábrica, se somete a varios análisis.

Análisis de Recepción

- organolépticos

- temperatura
- prueba de alcohol

#### Análisis Posteriores

- densidad
- acidez (%)
- grasa (%)
- sólidos no grasos (%)
- punto de congelación

Estos análisis permiten conocer la calidad de la leche recibida y se procede a su pasteurización y almacenamiento, procediendo con los siguientes pasos:

- a) recepción, enfriamiento y almacenamiento
- b) primer precalentamiento en la primera zona de regeneración
- c) clarificación y estandarización
- d) segundo precalentamiento en la segunda zona de regeneración
- e) deodorización
- f) homogenización
- g) pasteurización
- h) enfriamiento
- i) almacenamiento

La leche pasteurizada se somete a la prueba de fosfatasa, de esta manera queda lista la materia prima para el tratamiento UHT

## B. Envase y Empaque

### 1. Envase

El material de envase consiste en una laminación que la forman cinco capas: polietileno, papel, polietileno, aluminio, polietileno, éstas son con el fin de hacerla resistente, maleable, y una vez formado el envase que sea hermético.

Debe cumplir ciertas especificaciones que dependen de las necesidades del fabricante y del tipo de maquinaria que se va a utilizar.

#### Parámetros de control de calidad requeridos

- ancho de bobina (cm)
- distancia de registros fotoeléctricos (cm)
- color de registro fotoeléctrico
- peso de bobina (kg)
- impresión
- leyendas
- apariencia
- prueba de uso en máquinas

### 2. Empaque

El material de empaque que se utiliza normalmente es el corrugado y debe cumplir ciertas especificaciones que están en función del envase que va a contener.

#### Parámetros de control de calidad requeridos

- resistencia ( $\text{kg/cm}^2$ )
- dimensiones (cm)
- tamaño de caja (cm)

- impresión
- logo, fecha y tiro de producción
- leyendas

### C. Control de Proceso

La verificación de los parámetros de control requeridos al inicio del proceso y durante éste son de suma importancia para la obtención de un producto terminado de buena calidad.

#### Limpieza y esterilización de equipo UHT

La esterilización correcta antes del arranque (tiempo y temperatura en líneas asépticas).

- la limpieza química final satisfactoria
- la limpieza con ácido antes de estrilizar y después de un paro mayor de 20 horas.

#### Parámetros de operación del equipo UHT

- temperatura de esterilización
- la presión de homogeneización
- las barreras de vapor de la bomba aséptica y homogenizador
- el vacío en el deodorizador
- las temperaturas de precalentamiento y salida del producto
- arrastre
- el empuje del agua a la leche, observando que se reciba leche en el retorno.

#### Envasadoras

- tiempos y temperatura de limpieza y la esterilización de las máquinas
- confirmar la concentración y la operación del baño de

peróxido

- checar que las fechas de caducidad estén correctas, así como las claves de producción
- control de volumen neto.

#### D. Producto terminado

##### 1. *Análisis inicial*

De acuerdo al muestreo se deben seleccionar paquetes al azar y mezclar el producto para obtener una muestra representativa realizando los siguientes análisis:

- organoléptico: color, olor, sabor, aspecto
- grasa (%)
- densidad 15°C, g/cc
- sólidos no grasos (%)
- acidéz (%) (como ácido láctico)

##### 2. *Análisis de muestras incubadas*

Incubación de muestras. Una muestra incubada, es aquella que ha sido expuesta durante un período de tiempo establecido a una temperatura definida.

El período de incubación de muestras, es con el objeto de que proliferen los microorganismos si se encuentran presentes, detectando así problemas en el lote de producción.

Temperaturas de incubación. Los microorganismos en su gran mayoría son mesofílicos, es decir, proliferan con mayor rapidez a temperaturas entre 20 y 44°C, los microorganismos termofílicos entre 45 y 60°C, [5] estos últimos son considerados por la posibilidad de la presencia de bacterias esporuladas en el producto.

Tiempos de incubación. Los tiempos de incubación se consideran de acuerdo a estudios realizados [16] donde se observó que del 55 al 75% de producto defectuoso se detectaba de 5 a 7 días de incubación con resultados confiables, por lo tanto, las muestras se pueden incubar;

- 7 días a 37°C para detectar microorganismos mesofílicos
- 5 días a 55°C para detectar microorganismos termofílicos.

### 2.1. Análisis bacteriológico

Los resultados del análisis bacteriológico de las muestras incubadas para la leche esterilizada UHT, deberán ser negativos para el crecimiento de bacterias mesofílicas y termofílicas.

### 2.2 Análisis físico-químico

Los resultados del análisis físico-químico de las muestras incubadas, nos indica que tan estable es el producto y cual va a ser su comportamiento en el mercado desde el punto de vista organoléptico y químico, ya que las condiciones de incubación aceleran las reacciones que afectan la leche.

Se realizan los siguientes análisis:

- organoléptico: color, olor, sabor, aspecto
- pH
- acidez (%) (como ácido láctico).

### 3. *Vida de Anaquel*

El seguimiento de los lotes en vida de anaquel (muestras conservadas a temperatura ambiente) tiene como propósito evaluar el comportamiento del producto hasta su caducidad. Se realizan los siguientes análisis.

- siembra de bacterias mesofílicas
- organoléptico: color, olor, sabor, aspecto
- pH
- Acidez (%) (como ácido láctico).

#### E. Almacenamiento

Desde el punto de vista bacteriológico, el producto tiene una vida en almacén que varía de seis semanas a cinco meses, y los factores que determinan la caducidad de la leche esterilizada y envasada asépticamente son las propiedades organolépticas que se ven afectadas por reacciones de oxidación y bioquímicas y éstas son aceleradas por un incremento en la temperatura de almacenamiento, por lo cual, es conveniente mantener temperaturas bajas durante el mismo.

- Las reacciones de oxidación, generalmente tienen influencia sobre el sabor de la leche, la velocidad de éstas depende de la disponibilidad del oxígeno en el producto terminado por:

- a) permeabilidad del material de envase
- b) contenido de oxígeno en el producto procesado que está en función del contenido de oxígeno en la leche cruda y del producto de elaboración, como bombeado innecesario y bombas no herméticas.

Las reacciones de oxidación en la leche que provocan sabores oxidados son catalizadas por algunos metales pesados, como cobre y hierro, de aquí la importancia de que todo el equipo para las operaciones en el manejo de la leche sea de acero inoxidable.

- Las reacciones bioquímicas están relacionadas principalmente con la estabilidad de proteínas y desdoblamiento de la grasa por enzimas.

La estabilidad de las proteínas de la leche respecto al calentamiento y almacenaje, se ven afectadas por la formación de ácidos y proteasas muy resistentes al calor, que pueden ser producidas por pseudomonas y no se destruyen por el proceso de calentamiento UHT, esta descomposición enzimática es generalmente lenta, y como consecuencia tendrá su efecto principal durante el almacenamiento.

La inestabilidad debida a la formación de ácidos, está relacionada con la calidad de la leche cruda, ya que existe una correlación entre el número total de bacterias y la acidez, siendo importante seleccionar la materia prima para el proceso UHT. Como resultado de la inestabilidad de las proteínas, el producto terminado presenta sedimentación, arenosidad o eventualmente coagulación.

El desdoblamiento enzimático de la grasa por la lipasa que es una enzima natural de la leche, produce un sabor rancio, debido a la formación de ácidos grasos libre, como ácido butírico y caproico. La lipasa es destruida por el proceso de pasteurización, pero existen ciertos tipos de bacterias como pseudomona que la producen y es resistente al calor.

## VI. CONCLUSIONES

Para considerar el sistema de calentamiento UHT como un adelanto en la Industria Láctea, es conveniente alcanzar un

tratamiento térmico que preserve las características tanto como sea posible de una leche fresca, previniendo los cambios desfavorables que afectan las condiciones organolépticas y las propiedades nutricionales del producto. Debido a esto, es indispensable definir la combinación tiempo-temperatura durante el proceso que asegure la destrucción satisfactoria de esporas sin alterar considerablemente al producto, ya que como se menciona a través de este trabajo, el calentamiento a altas temperaturas por tiempos prolongados ocasionan el obscurecimiento y finalmente la precipitación de la caseína, debido a las seroproteínas (lactoalbumina, lactoglobulina e inmunoglobulina) que son desnaturalizadas en alguna medida aún a temperaturas bajas (65°C). La leche calentada en el proceso de ultra-alta-temperatura no cause obscurecimiento porque el tiempo de calentamiento es corto; al contrario, esta leche puede presentarse mas blanca que antes del proceso, debido a que las proteínas solubles han sido parcialmente desnaturalizadas y las micelas de caseína se han desintegrado en sub-micelas.

Los responsables del sabor a cocido durante el calentamiento de a leche son los compuestos sulfuro reductores (grupo sulfhidrilo, particularmente metional) y la fuente principal de estos grupos SH es la lactoglobulina y es necesario un contenido de oxígeno residual de 5 a 7 mg/l para removerlo por medio de una oxidación, debido a esto la leche UHT tiene un sabor a cocido pronunciado pocos días después del proceso y esto desaparece después de una semana de almacenamiento a temperatura ambiente.

En los dos tipos de sistemas de calentamiento UHT, se tienen ventajas en su utilización; en el directo, el calentamiento y enfriamiento de la leche son rápidos, por lo que el sabor a cocido es poco intenso, además de que la mayoría de los grupos libres sulfhidrilo desaparecen en la operación de expansión durante el proceso, la incrustación en el equipo es menor por el tipo de calentamiento, por lo tanto, se recomienda para productos viscosos.

En el equipo indirecto, se tienen bajos costos de inversión, una alta eficiencia en el intercambio de calor y un fácil mantenimiento del equipo, así como, ningún requerimiento especial en el medio de calentamiento.

La vida comercial de la leche UHT depende no solo del envasado aséptico sino también de la resistencia del envase durante su almacenamiento y las condiciones adversas del ambiente. Lo que significa que además de estas operaciones se debe considerar el envase adecuado, la esterilización del envase, la asepsia de operación, el acondicionamiento de unidades envasadas, el sistema de almacenamiento y el transporte del producto.

El consumidor goza de ciertas ventajas al proveerse de un producto esterilizado y envasado asépticamente tales como: la prolongada vida de anaquel haciendo mas fácil su manejo con el envase no retornable, además de tener una seguridad en la calidad del producto con características de una leche fresca.

La principal ventaja del proceso UHT con respecto a los métodos convencionales, es la obtención de productos con un

mercado potencial mayor debido a la buena calidad, facilidad en la distribución, almacenaje y en la programación de entregas a plazos considerables de tiempo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. JM de Soroa. *Industrias Lácteas*, (Editorial AEDOS, 5a edición, 1974, Barcelona España) pp 101-105.
2. AW Farrall, *Ingeniería para la Industria Lechera*, (Editorial Herrero, 2a edición, 1966, México) pp 296, 284, 285.
3. Charles Alais, *Ciencia de la Leche*, (Cía Editorial Continental SA, 3a edición, México), pp 170, 208-211, 334-339, 428-445.
4. A/S Niro Atomizer, *Métodos de análisis para productos lácteos en polvo*, (4a edición, 1978, Copenhague Dinamarca).
5. Aifa Laval. *Manual de Industrias lácteas*, (Editorial AMV, 2a edición, Madrid, España), pp 12-33. 99-110. 155-164.
6. Norman N Potter, *La Ciencia de los Alimentos*, (Editorial Edutex, SA, 1a edición, 1973, México), pp 169-199, 379-388.
7. HG Kessler, *Food Engineering and Dairy Technology*, (Verlar A Kessler, 1981, FR Alemania), pp 169-207.
8. Brazil Bitai Enos Dr, *Leite Natural, Aspectos Tecnológicos do leite UHT*, Universidade Federal da Bahia, Brasil.
9. NW Desrosier, *The Technology of Food Preservation*, (A VI Publishing Co. 3a. edición, 1970, Westport Connecticut) pp 416-431.
10. WC Frazier, *Food Microbiology*, ( Editorial McGraw Hill, 2a edición, 1967, Wisconsin), pp 75-80.
11. CR Stumbo, *Food science and technology* (Academic Press, 2a edición, 1973, New York), pp 61-68.
12. E Foster and E Nelson, *Microbiología de la leche*, (Editorial

- Herrero, la edición, 1965, México), pp 90-96, 223-230.
13. TE Mann, "Empacado Aséptico de Leche y Productos Lácteos", *Noticias Técnicas, Dairy Industries Int*, vol 42, núm 12, (diciembre 1977) pp 46-47.
  14. AP Hansen, "Aceptabilidad y tiempo de conservación de la leche ultrapasteurizada", *Noticias Técnicas, J Dairy Science*, vol 63, núm 2, (febrero 1980), pp 187-192.
  15. N Kosaric, "Producción, calidad y economía de la leche esterilizada UHT", *Crit Rev Food Sci Nutr*, vol 14, núm 2 (febrero 1981), pp 153-164.
  16. Bernhard von Bockelmann Dr. *Long life products, (AB TETRA PAK, Lund Sweden, 1990)*, pp 5-22, 33-50
  17. Fennema Owen, *Principles of food science, Part II. Physical Principles of Food Preservation*. (Editorial Marcel Dekker Inc. New York, USA, 1975) pp 33-36, 47-53.