

## **CAPÍTULO III**

---

**FASE I. ACONDICIONAMIENTO DE LA LECHE Y COAGULACIÓN**

**PHASE I. MILK CONDITIONING AND COAGULATION**

---

RESUMEN	66
ABSTRACT	67
INTRODUCCIÓN	68
RECEPCIÓN DE LA LECHE	68
ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE EN SU CONTENIDO GRASO	72
Caso 1. Estandarización de la leche para queso duro con 2% de grasa	72
Caso 2. Cantidad de crema obtenida al 40%	74
PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE	76
Definición de Pasteurización	76
Efectos de la pasteurización en la leche	76
Métodos de pasteurización	77
Calculo de los tiempos de pasteurización a 63°C	81
Calculo de los tiempos de pasteurización a 72°C	82
MADURACIÓN DE LA LECHE	83
Cultivos iniciadores primarios	83
Cultivos iniciadores secundarios	85
ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO (CaCl <sub>2</sub> )	85
COAGULACIÓN DE LA LECHE	87
Coagulación enzimática	87
Coagulación ácida	88
Coagulación termo/ácida	89
CONCLUSIONES	90
CUESTIONARIO	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94

---

## RESUMEN

El objetivo del presente capítulo es analizar la etapa inicial denominada Acondicionamiento y Coagulación de la leche, y representan la fase I del esquema general del proceso de elaboración del queso. La fase I comprende los siguientes pasos: recepción de la leche, estandarización, pasteurización, premaduración, el ajuste del calcio coloidal-calcio soluble con la adición del cloruro de calcio y coagulación de la leche. Lo anterior se realiza con la finalidad de verificar la calidad inicial de la leche, cambiar la proporción de grasas en la leche, eliminar las bacterias patógenas que pudieran estar presente en la leche, restituir población de bacterias ácido láctico, restituir el tamaño de la micela de caseína e iniciar la formación del gel de caseína y preparar la matriz del queso para iniciar la próxima fase II, denominada Sinéresis o exudación del suero de la cuajada. Todos los pasos están bajo el control de los parámetros operacionales como pH/acidez, temperaturas de pasteurización, temperatura de premaduración/coagulación y contenido de calcio soluble. La selección y estudio de estos parámetros operacionales, así como los cálculos matemáticos necesarios en los procesos de estandarización y pasteurización fueron las principales contribución en este capítulo.

**Palabras clave.** Acondicionamiento, coagulación, estandarización, pasteurización, premaduración, recepción,

## ABSTRACT

The aim of this chapter is to analyze the initial stage named Conditioning and Enzymatic Coagulation of Milk, which represents phase I of the general scheme of the cheesemaking process. This phase includes: milk reception, fat standardization, milk pasteurization, pre-ripening of milk with lactic acid bacteria, and adjustment of colloidal calcium-soluble calcium by adding Calcium Chloride into the pasteurized milk. The above-mentioned is done to verify the initial quality of milk, to change the proportion of fats in it, to kill pathogenic bacteria that may be present, to restore the population of lactic acid bacteria, to reset the casein micelle size, and initiate the formation of casein gel; moreover, to prepare the cheese matrix to start the next phase II, named as Syneresis or Whey Separation from the Curd. All these steps are under the control of processing parameters such as pH/acidity, pasteurization temperatures, pre-ripening/coagulation temperature, and soluble calcium content. This chapter mainly contributed the selection and study of these processing parameters and the mathematical estimations required for the standardization and pasteurization.

**Key words.** Conditioning, coagulation, standardization, pasteurization, pre-ripening, reception..

---

## INTRODUCCIÓN

Los quesos son catalogados generalmente como un producto alimenticio fermentado. Se obtiene a partir de la leche pasteurizada, para cumplir los requerimientos regulatorios de inocuidad alimentaria y presenta un contenido graso que puede estar entre 25 a 60% en base seca. Las etapas iniciales del proceso de elaboración de quesos son de suma importancia, ya que en base a lo que el quesero desea obtener, se configurará el tratamiento de la leche previo a la etapa de coagulación. (Chandan y Kapoor, 2011).

La estandarización de las grasas, es el primer paso necesario para realizar el ajuste inicial de la leche en función al porcentaje final de grasas que se desea obtener en el producto final. Luego se pasteuriza la leche con el objetivo fundamental de eliminar las bacterias patógenas que pudieran estar en la leche. Posteriormente se realiza el ajuste del calcio coloidal con el cloruro de calcio, para fortalecer la micela de caseína en el proceso de coagulación y aumentar los rendimientos.

También, se aprovecha antes de realizar la coagulación, para incorporar otros ingredientes, ya sea para adicionar color como la norbixina o para blanquear la leche como el peróxido de benzoílo. Por otra parte, en el caso de los quesos duros, se adicionan las lipasas para iniciar tempranamente el proceso de lipólisis de las grasas. Por último, la adición de bacterias ácido lácticas para lograr el olor, la textura y el sabor final característico de un producto lácteo.

El objetivo de este capítulo fue analizar las etapas iniciales que representan la Fase I del esquema general del proceso de elaboración del queso como la recepción de la leche, estandarización, pasteurización, premaduración y coagulación de la leche. Se hace especial énfasis en los cálculos matemáticos necesarios en los procesos de estandarización y pasteurización como herramienta para comprender los parámetros en el control de la grasa inicial en la leche y los tiempos y temperatura de pasteurización.

Al final del capítulo, se propone un cuestionario de preguntas para fijar los conocimientos relacionados a la Fase I del esquema general del proceso de elaboración de quesos. Así, el lector, junto con la práctica que pueda realizar en la quesera, tendrá la capacidad para realizar los ajustes necesarios a la leche previa a su coagulación.

## RECEPCIÓN DE LA LECHE

Las queseras deberían tener dentro de sus instalaciones un laboratorio de análisis fisicoquímico de la leche. Esto le permitirá realizar los análisis de rutina, de manera correcta, bajo las condiciones ideales de un ambiente de laboratorio que garantice la repetibilidad y reproducibilidad de los resultados obtenidos y de esta forma obtener datos confiables para ser analizados y obtener conclusiones valederas.

**Equipos.** Entre los equipos de laboratorio básicos requeridos para realizar las pruebas de plataforma son: balanza granataria, termómetro de metal, pH metro manual, lactodensímetro y acidímetro. Para análisis más rigurosos, entre los equipos necesarios se encuentran la centrifuga para grasa, campana de extracción, agitador mecánico para botellas de Babcock, baño de maría para la prueba de resazurina y TRAM (Tiempo de Reduccion del Azul de Metileno).

**Material de vidrio.** Como material de vidrio se puede destacar la necesidad de incorporar pipetas de 1, 2, 5, 10 mL, bureta de 15 mL, vaso precipitado o Beaker de 10, 25, 50, 100 y 500 mL, Erlenmeyer o matraz de 25 mL, 100 y 500 mL, dos soportes universales (uno para acidez y el otro para cloruros). Butirómetros de Babcock para grasas, pipeta de 19,5 mL para grasas. Cilindro graduado de 250 mL y plato de metal para el análisis de la densidad de la leche. Tubos de ensayo, embudos y balones aforados de 50 y 100 mL para la prueba de alcohol y resazurina, así como sus respectivas rejillas. Dispensador automático de reactivo para ácido sulfúrico con su botella color ámbar (solo uno para análisis de grasa). La cantidad de material de vidrio dependerá de las necesidades del laboratorio, sin embargo por lo general se pueden requerir hasta 6 unidades para cada uno de los materiales de laboratorio mencionado.

**Reactivos.** Los reactivos recomendados para análisis básico de la leche son: titrisol de NaOH 0,1 N e indicador de fenolftaleína para el análisis de acidez, buffer fosfato pH 7,0 buffer acetato pH 4,0, para calibrar el pH metro cada vez que se requiera (por lo general 1 vez al mes). El reactivo de resazurina (puede venir en pastillas o en forma de polvo). Etanol al 72 % para la prueba de alcohol y agua destilada. Ácido sulfúrico concentrado grado analítico para la determinación de grasa.

**Antibiótico.** El laboratorio debe contar con algún método para la determinar la presencia o medición de residuos de antibióticos en la leche. Entre los métodos que se utilizan para determinar residuos de antibióticos en la leche esta las técnicas biológicas y los métodos de inmunoensayos. Las biológicas son empleadas para detectar presencia o ausencia de sustancias antimicrobianas en la leche en donde utilizan microorganismos indicadores como *Sarcina lutea*, *Bacillus subtilis* y *Bacillus megaterium* (Moreno, 2003). Otras pruebas más recientes son los ensayos inmunoenzimáticos de competición (Figura 1), que detectan cuantitativamente la cantidad de residuos de antibiótico presente en la leche. Es rápida y eficaz, con un nivel de sensibilidad del 95 %, y es usada como método de *Screening* en los Estados Unidos (NCIM, 2004).

**Temperatura.** La norma venezolana COVENIN-903, (1993) denomina el termino leche fría, como a la leche cruda que inmediatamente después de su ordeño sea refrigerada a una temperatura inferior a 5 °C y mantenida a una temperatura no mayor de 10 °C durante su almacenamiento y transporte. La leche caliente es aquella que no ha sido refrigerada inmediatamente después de su ordeño.

Según Valbuena *et al.* (2004), la temperatura de la leche durante su transporte y almacenamiento es uno de los factores más importantes que afectan el crecimiento bacteriano y por lo tanto influyen en su tiempo de conservación, determinando los tipos de microorganismos que se desarrollan y por ende en los cambios o tipo de descomposición que experimenta el producto, sobre todo el crecimiento de microorganismos psicrótrofos (microorganismos capaces de crecer a bajas temperaturas de 2 a 7 C), entre ellos la *Pseudomonas*, *Flavobacterium* y *Alcaligenes*, muchos de ellos formadoras de esporas y cuyas enzimas proteolíticas y lipolíticas resisten a la pasteurización de la leche, por lo que son capaces de ejercer su actividad durante el tiempo de almacenamiento y comercialización de los quesos reduciendo de esta manera su tiempo de vida útil.

**Medición del pH.** El pH es una prueba de rutina utilizada para verificar la calidad inicial de la leche y controlar la acidificación a lo largo del proceso de elaboración de los quesos. La leche puede presentar un pH entre 6,5-6,7 (COVENIN-903, 1993) y puede variar de acuerdo al curso

del ciclo de lactancia, el tipo de alimentación, la especie o entre razas de una misma especie. Esto se debe a diferencias en la composición química, especialmente en caseína y fosfato (Briñez *et al.*, 2002).

Valores de pH con ligera tendencia a sobrepasar el límite superior establecido (pH 6,7) pudiera deberse, a la presencia de neutralizantes en la leche o a la dilución de la acidez natural por adición de agua, mientras que valores inferiores a 6,5, puede indicar una leche ácida o mezclas de leche normal con leche calostrual (Valbuena *et al.*, 2004).

**Densidad.** La leche entera tendría una densidad relativa a 15 °C entre 1,028-1,033 (COVENIN-903, 1993), mientras que una leche aguada su densidad reportaría valores menores de 1,028. La leche descremada tendría valores aproximados de 1,036 y la densidad de la crema con 20 % de grasa es de 1,011, mientras que con 30 % de 1,002 kg/L (Ártica, 2016).

La presencia de valores extremos muy bajos (debajo del mínimo) puede deberse a la adición de agua en la leche, y de valores muy altos (valor máximo) a la falta o de proteínas o de grasa, ambas inclusive (Gerber, 1994).

**Acidez.** La acidez titulable es una prueba utilizada para medir en forma indirecta y rápida la calidad sanitaria de la leche, presentando valores muy variables que pueden ser de 15 a 19 mL de NaOH 0,1 N/100 mL de leche en leches cruda Venezolana (COVENIN-903, 1993; Briñez *et al.*, 1996).

Una leche con baja carga bacteriana tendrá un menor desarrollo de la acidez debido a que son las bacterias ácido lácticas las responsables de producir el ácido láctico (Valbuena *et al.*, 2004). Normalmente, la leche fresca tiene una acidez expresado como ácido láctico, que oscila entre 0,14 a 0,17 %. De acuerdo a lo anterior, es posible deducir que la leche con valores superiores al rango superior se deba a un alto crecimiento y multiplicación bacteriana por las altas temperaturas de almacenamiento de la leche (superior a 10 °C) (Tesfay *et al.*, 2015) o que la leche haya tenido un tiempo de almacenamiento muy prolongado, inadecuada higienización de los equipos de ordeño, tuberías y bombas. Este tipo de leche no es apta para ser pasteurizada, ya que la probabilidad de coagulación por el efecto combinado del calor y la acidez es muy elevada.



**Figura 1.** Método de inmuno ensayo para determinar antibióticos en la leche (foto cortesía de Harvest Home Dairy LLC).

**Grasa.** La norma venezolana COVENIN-903 (1993), recomienda un 3,2 % de grasa en la leche. La grasa es el componente más variable en la leche, es al mismo tiempo el que más cambio sufre por el efecto genético, fisiológico y nutricional (Sutton, 1989).

Para lograr un elevado porcentajes de grasa en la leche, Campabadall (1999), sugiere alimentar el ganado con concentrado proteico con mayor frecuencia previo al consumo de pasto verde o heno para un mayor aprovechamiento por parte de los rumiantes.

Se puede incrementar la proporción de leche en la grasa, incorporándole crema de leche al 40 % proveniente del proceso de descremado de la leche para la elaboración de leche descremada, o incorporación de crema de leche pasteurizada comercial al 35 % (Heavy whipping cream).

La grasa es un componente importante en los quesos porque además de contribuir a la textura cremosa en el queso crema y quesos procesados o fundidos, también contribuyen en el sabor, aroma y flavor de los quesos madurados (Tunick, 2014).

**Sólidos totales.** La norma COVENIN-903 (1993), recomienda una proporción de sólidos de la leche de un 12 %. Los sólidos totales en la leche representan la suma de los componentes como las proteínas, grasas, lactosa, y sales minerales. Los sólidos totales es una medición de gran importancia, ya que de ella va a depender los rendimientos obtenidos de leche a producto final (queso) (Briñez *et al.*, 2002).

Con los datos de densidad relativa (D) y porcentaje de grasa (%G) es posible calcular de manera indirecta los sólidos totales presentes en la leche, a través de la ecuación de Richmond:

$$\%ST = (0,25 \times D) + (1,21 \times \%G) + 0,66 \dots\dots\dots(1)$$

D, representa las 3 últimas cifras decimales del valor de la densidad (Ej. 1,032; D= 32) (Ártica, 2016).

Para evitar variaciones de los sólidos a lo largo de la época del año, Gonzalez *et al.* (2004) propusieron el uso de suplementación en la alimentación del ganado y mayor disponibilidad y calidad del forraje. Por su parte, Looper *et al.* (2001) citado por Calderón *et al.* (2006) están de acuerdo en que para evitar la reducción de los sólidos totales a lo largo del año, se debe trabajar en la proporción del forraje y el nivel de fibra en la ración, la frecuencia de alimentación y minimizar el estrés calórico.

Se ha comprobado que una disminución de 0,5 unidades porcentuales de los sólidos totales, puede significar la pérdida de 5 toneladas por cada millón de litros de leche procesada (Fonseca y Santos, 2000).

Una vez realizadas las pruebas y dependiendo de los resultados, si estos concuerdan con los estándares de calidad de la empresa y cumplen con las normas reglamentarias vigentes para leche cruda, se procede a aceptar o rechazar el lote de leche. Si es aceptado, se almacenan en los tanques de almacenamiento refrigerados a 5°C, se toma el volumen de descarga del camión, empleando para tal fin un contador volumétrico o la regleta de medición que traen los tanques de almacenamiento. Luego con la medición de densidad, realizada en las pruebas de plataforma, se registra la cantidad total en kg de leche recibida para los efectos del cálculo del rendimiento y perdidas en la elaboración de los derivados lácteos.

## ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE EN SU CONTENIDO GRASO

Es una etapa del proceso de elaboración del queso que consiste en cambiar la proporción de grasa en la leche para obtener los niveles apropiados del contenido de grasa en las diferentes variedades de queso que existen en el mercado, ya sea incrementando o reduciendo su proporción. Por lo general, los quesos que van a ser madurados deben estandarizarse en su concentración de grasa (Lucey y Kelly, 1994).

Quesos duros y semiduros es obligatorio la estandarización, así tenemos que en el caso del queso parmesano es recomendable reducir el contenido de grasa en la leche entre 1,8 a 2%. En el queso semiduro como el Gouda, se recomienda trabajar con un porcentaje de grasa en la leche del 2,8% al 2,9%. En el caso del queso Cheddar, la leche debería estandarizarse a 3,5% de grasa, mientras que en el Camembert se recomienda un 3,23%. Así vemos que, a medida que la humedad en el queso sea menor (quesos con textura más dura), mayor debe ser el grado de descremado (Chandan y Kapoor, 2011).

La grasa en el interior de los quesos crea una película alrededor de los poros de la matriz, que impediría la salida de agua en el proceso de maduración a nivel de cava. A mayor cantidad de películas de grasa en los poros, menor es la salida de humedad del interior a la superficie y el queso es más húmedo. Es por esta razón, que la cantidad de grasa inicial para la elaboración de un queso duro, debe contener el menor tenor en grasas para así favorecer la salida de agua de la matriz del queso (Tunick, 2014).

En los quesos frescos y blandos no es necesario la estandarización, por dos razones. En primer lugar no lleva la fase de maduración (con la excepción del queso Camembert), ya que se consume inmediatamente una vez que es fabricado. En segundo lugar, debido a la alta humedad interna, la maduración a nivel de cava, no sería capaz de controlar la sinéresis y se incrementaría el crecimiento microbiano a lo largo del tiempo de maduración, por lo que el queso se dañaría. Es posible estandarizar la leche para obtener un queso blando desnatado, si es de corta maduración (10-15 días), a bajas temperatura (5-7 °C), como en el caso del queso Camembert. El equipo empleado para la estandarización de la leche se llama descremadora, que es una centrifuga (Figura 2), en donde se incrementa la velocidad de aceleración en algunos casos hasta 10 mil veces la fuerza de la gravedad (fuerza G), generándose dos corrientes: la corriente de leche descremada (0,1% de tenor en grasa y la de crema de leche con aproximadamente 40% de grasas.

Mientras más es el tiempo de retención de la leche dentro de la descremadora, más es la cantidad de crema a extraer. Si ambas corrientes se unen de nuevo el proceso es una clarificación, es decir la leche mantiene su tenor original en grasas, pero con separación de las impurezas microscópicas presentes en la leche cruda, llámese corpúsculos sanguíneos, trazas de metal o madera. Ahora bien, si la línea de crema y leche descremada se unen pero un caudal de crema menor (apertura de la llave en un 50% o menos), lo que se obtiene es leche estandarizada (Chandan y Kapoor, 2011).

### Caso 1. Estandarización de la leche para queso duro con 2% de grasa

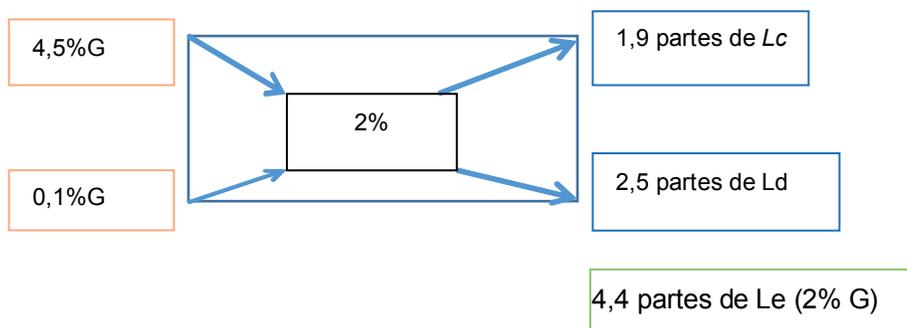
En este ejemplo, se desea obtener una leche con 2% de grasa, partiendo de 378,5 litros de leche con 4,5% de grasa. La descremadora es capaz de obtener una leche con un tenor de

grasa de 0,1%. Aplicando el Cuadrado de Pearson (Figura 3), en donde la mezcla de 1,9 (2-0,1%) partes de leche entera (Lc) al 4,5% de grasa (G) con 2,5 (4,5-2%) partes de leche descremada (Ld) al 0,1%, se obtiene una leche estandarizada (Le) al 2%.

Las flechas indican la dirección de la resta en el método Pearson para el balance de materiales. Por otra parte, el cuadrado de Pearson permite establecer relaciones de equivalencias con el total. Así se obtienen los resultados de la estandarización, a través del cálculo en tres pasos. Primero establecer proporciones. Se debe calcular en función al total de leche a estandarizar, la proporción de leche completa a emplear.



**Figura 2.** Centrifuga empleada tanto para las operaciones de clarificación y descremado Cortesía IMPROLAC (2019).



**Figura 3.** Cuadrado de Pearson para estandarizar la leche al 2%.

Considerando que si 1,9 partes de leche completa con 4,5% de grasa es a 4,4 (1,9+2,5%) partes de leche estandarizada al 2% (Según el cuadrado de Pearson) y si se tiene 100 galones o 378,5 litros de leche con 2% de grasas (Le), ¿qué cantidad de litros de leche completa debería mezclar con la leche descremada para obtener una leche estandarizada al 2% de grasa? Debido a que son relaciones de proporciones, se construye con los datos la ecuación 2. Al despejar X de la Ecuación 1, el resultado es 163,44 litros de leche con 4,5% de grasa (Lc).

$$\frac{1,9 \text{ Lc}}{4,4 \text{ Le}} = \frac{X}{378,5 \text{ L Le}} \dots\dots\dots (2)$$

**El segundo paso es determinar cantidad de los componentes.** Se calcula por diferencia, la cantidad de leche descremada (0,1% de grasa). Si del total que son 378,5 litros se le restan 163,44 litros de leche, se obtendrá la cantidad de 215,06 litros de leche descremada con 0,1% de grasa. Así que del total 378,5 litros, solo es necesario mezclar 215,06 litros de leche al 0,1% de grasa con 163,44 litros de leche completa (con 4,5% grasa) para obtener una leche con un tenor de grasa del 2%. Otra manera, es establecer relaciones entre la leche descremada (2,5 Ld) a leche completa (1,9 Lc), a partir del cuadrado de Pearson, y se obtiene el mismo resultado (ecuación 3). Al despejar X, se obtiene que son necesarias la mezcla de 215,06 L de leche descremada al 0,1% con 163,44 L de leche completa al 4,5% para poder obtener 378,5 L de una leche estandarizada al 2%.

$$\frac{2,5 \text{ Ld}}{1,9 \text{ Lc}} = \frac{X}{163,44 \text{ L de Lc}} \dots\dots\dots (3)$$

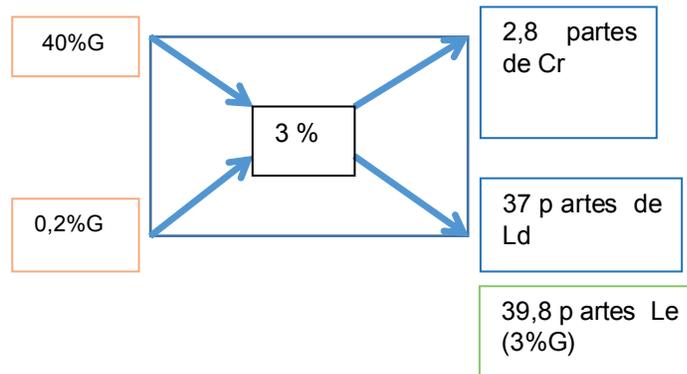
**El tercer paso es la comprobación.** Para comprobar se multiplica la fracción de grasa con correspondientes a las cantidades de leche completa y leche descremada. Así, al multiplicar 163,44 kg x 0,045 = (7,35 kg) que es a la fracción de grasa de la leche completa y si a eso le suma el producto de 215,06 kg x 0,001= (0,21) que corresponde a la fracción de grasa de la leche descremada, se obtiene el total de grasa de 7,56 kg en 378,5 litros. Al dividirse el total de grasas entre el total de leche y al multiplicar por 100 se tiene como resultado el porcentaje de grasa en la leche estandarizada (7,56/378,5) x 100=2%).

**Conclusión:** Si se mezclan 163,44 litros de leche completa (4,5% grasa) con 215,06 litros de leche descremada (0,1%grasa), se obtienen 378,5 litros de leche estandarizada al 2%, es decir por cada 0,76 litros de leche completa, se debe mezclar con 1 litro de leche descremada para obtener 1,76 L de leche estandarizada al 2%. Tome en cuenta que 7 L de crema son recogidas por cada 100 L de leche, y que para 378,5 L serian 26,5 L de crema, por lo que tendra que adicionar esa misma cantidad de leche completa al 4,5% de grasa, para mantener el balance propuesto en los caudales obtenidos en los calculos. En el siguiente ejemplo, caso 2, se explica la cantidad de crema recogida.

## Caso 2. Cantidad de crema obtenida al 40%

La mayoría de las descremadoras convencionales, están diseñadas para obtener un tenor de grasas al 40%. En este caso se generan dos corrientes: la corriente de crema al 40% y la de leche descremada al 0,2%, ya que algunas centrifugas son capaces de descremar hasta este tenor de grasa, sin embargo, si se desea bajar el tenor a 0,1%, solo habría que configurar el equipo para que el tiempo de retención de la leche dentro de la centrifuga sea mayor. Esto se

hace reduciendo el caudal de salida de la leche descremada. Si se aplica la metodología del cuadrado de Pearson, se efectúan los cálculos como si se tratara de una estandarización con dos corrientes: la corriente de crema de leche y la de leche descremada. Supongamos que se desea conocer que cantidad de crema al 40% que se obtiene de una centrifuga con una capacidad de desnatado del 0,2% y cuya mezcla estandarizada es del 3% (Figura 4).



**Figura 4.** Cuadrado de Pearson para estandarizar la leche al 3%.

**Primero:** calcular en función al total de leche a estandarizar (3%) la cantidad de crema de leche a obtener. Considerando que si 2,8 partes de crema de leche (Cr) al 40% de grasa es a 39,8 partes de leche estandarizada (Le) al 3% (Según el cuadrado de Pearson) y si se tiene 100 kg leche que se desea estandarizar al 3%, aplicando la Ecuación 4 del cuadrado de Pearson se obtiene 7,03 kg de crema al 40% .

$$\frac{2,8 \text{ Cr}}{39,8 \text{ Le}} = \frac{X}{100 \text{ kg Le}} \dots\dots\dots (4)$$

**Segundo:** Calcular la cantidad de leche descremada (Ld). Si se considera que 37 partes de leche descremada al 0,2% de grasa son a 39,8 partes de leche estandarizada al 3% (Según cuadrado de Pearson), para 100 kg de leche estandarizada al 3% y aplicando la Ecuación 5, se obtiene 92,96 kg de leche descremada.

$$\frac{37 \text{ Ld}}{39,8 \text{ Le}} = \frac{X}{100 \text{ kg Le}} \dots\dots\dots (5)$$

**El tercer** paso es la verificación. Así, al multiplicar 7,03 kg x 0,4= (2,81 kg) que es a la fracción de grasa en la crema de leche y si a eso le suma el producto de 92,96 kg x 0,002 = 0,19 kg Ld que corresponde a la fracción de grasa de la leche descremada, se obtiene el total de grasa de 3 kg en 100 kg. Al dividirse el total de grasas entre el total de leche y al multiplicar por 100 se tiene como resultado el porcentaje de grasa en la leche estandarizada (3/100) x 100=3%.

**Conclusión:** La estandarización de una leche al 3% genera dos corrientes en la descremadora. En la corriente de crema se obtiene un total de 7,03 kg de crema de leche y en la de leche descremada el total es de 92,96 kg de leche descremada. La proporción de leche descremada a crema de leche es 13,22 (92,96/7,03). Es decir, si se desea mantener el porcentaje inicial de grasa que trae la leche al 3%, se debe mezclar 13,22 kg de leche descremada (al 0,2%) con 1 kg de crema de leche (al 40%).

## PASTEURIZACIÓN DE LA LECHE

La leche cruda, constituye un excelente sustrato para la proliferación de microorganismos deteriorativos y patógenos debido a su alto contenido de nutrientes. Además, existe el riesgo de que esta, pueda ser contaminada, una vez que sale de la ubre de la vaca, por el medio ambiente, operarios, agua de lavado, los equipos y utensilios (Oliver, Jayarao y Almeida, 2005).

La pasteurización de la leche se introdujo con la finalidad de prevenir la trasmisión oral de las enfermedades zoonóticas y todas aquellas enfermedades infecto-contagiosas que pueden generar brotes de intoxicación alimentaria y por ende problemas de salud pública. Por otra parte, el ganado puede transmitir estas enfermedades zoonóticas como la tuberculosis, que genera problemas de salud, debido a que afectan a los pulmones, acompañadas de tos, cefalea y pérdida de peso. La brucelosis que provoca la fiebre de malta o ondulante, y la fiebre Q, ocasionado por la presencia de la *Coxiella burnetti*. (Cerf y Condron, 2006).

Hay otras enfermedades infecciosas provocadas por patógenos emergentes debido a la presencia de *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp, *Staphylococcus aureus*, *Campilobacter jejuni*, *Escherichia coli*, y el grupo de la familia de enterococcus, las cuales pudieran llegar a la leche cruda por contaminación post-ordeño (Pearce *et al.*, 2012).

### Definición de Pasteurización

La pasteurización de la leche es un proceso que consiste en la aplicación de calor en un tiempo y temperatura determinada que permita la reducción significativa del microorganismo patógeno que haya sido utilizado como índice de resistencia térmica. La reducción de la población de bacterias patógenas, ocurre hasta niveles de contajes que no constituyan un riesgo de salud pública. El proceso se realiza sin alterar las características físico-químicas y organolépticas de la leche (Wand *et al.*, 2000).

Antiguamente, se empleaba al *Mycobacterium tuberculosis* como índice de resistencia térmica. Sin embargo, hoy en día, se usa *Coxiella burnetti* ya que, representa la bacteria patógena con mayor termorresistencia. Todos los sistemas de inocuidad alimentaria de productos lácteos están basados en el Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (en inglés HACCP), tienen como punto crítico de control a la pasteurización (Zumárraga *et al.*, 2012).

### Efectos de la pasteurización en la leche

Dado que la pasteurización es un proceso que se le aplica a la leche para lograr la destrucción de bacterias patógenas como principal objetivo, existe en ellas otros componentes como proteínas, enzimas y vitaminas que se ven afectadas. Estos efectos pueden ser resumidos a continuación (Ramesh, 2007):

- ✓ Microbiológico: reducción considerable de microorganismo banales o deteriorativos ( $10^2$ - $10^3$  ufc/ml) y reducción significativa de bacterias patógenas ( $10^4$ - $10^8$ ).
- ✓ Enzimático: inactivación de la enzima lipasa y fosfatasa alcalina.
- ✓ Reducción del tamaño de la micela de caseína debido a la reducción del calcio coloidal.

- ✓ Desnaturalización del 5% de las proteínas solubles
- ✓ Nutricional: pérdida de lisina y vitaminas hidrosoluble (B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub> y C)
- ✓ TVU: 7 días a temperatura de refrigeración (4 °C).

Para medir la efectividad de la pasteurización de la leche, no es necesario realizar contajes microbiológicos, que son costosísimas, y su protocolo de aplicación genera resultados muy tardíos (entre dos y tres días). Debido a que la enzima fosfatasa alcalina, tiene una termorresistencia mayor al compararla con las bacterias patógenas más termorresistentes, quiere decir que al inactivar esta enzima, quedan eliminadas las bacterias patógenas más termorresistente. Por otra parte, su determinación es sencilla (presencia o ausencia por cambio de color), con la obtención de resultados confiables en media hora, en este sentido en la industria láctea se emplea la determinación de la fosfatasa alcalina como índice de pasteurización (COVENIN-573, 1979).

### Métodos de pasteurización

Existen tres métodos de pasteurización: i) la pasteurización por lote o baja temperatura y tiempos largos (LTLT; en inglés *Low Temperature Long Time*) (63 °C x 30 minutos); ii) la pasteurización a alta temperatura y tiempos cortos (HTST: en inglés *High Temperature Short Time*) (72 °C x 15 segundos); iii) Pasteurización flash (85 °C x 4 segundos) (Dothre, 2014).

**Pasteurización por carga.** En la pasteurización baja, se basa en la aplicación de calor para que la leche alcance una temperatura de 63 °C por 30 minutos en un tanque pasteurizador (Figura 5). Este sistema consiste en un tanque de doble pared por donde circula vapor de agua o agua caliente a 85 grados Celcius, suministrado por una unidad de calentamiento. Está provisto de una válvula de control de vapor, una válvula de seguridad, una trampa de vapor, además de dos termómetros acoplados a un lector con gráfica circular en donde se registran las temperatura tanto de la leche como la de las burbujas de aire o espuma. Por lo general, este equipo es empleado en queseras a nivel artesanal, ya que por su baja capacidad, son equipos que pueden pasteurizar entre 200 a 600 litros de leche. Su tasa de calentamiento es de 1 °C por minuto, así que, una leche cruda está a 37 °C, en aproximadamente 26 minutos llegaría a la temperatura de 63 °C (Farrell, 1980).

**Pasteurización alta.** En cuanto a la pasteurización alta o continua, cuya relación temperatura-tiempo es de 72°C por 15 segundos. Se conoce también en términos anglosajón como HTST, que significa Alta Temperatura-Corto Tiempo. Este sistema emplea como equipo el pasteurizador de placas (que es un intercambiador de calor de placas) (Figura 6) (Ramesh, 2007).

En el sistema HTST, consiste de una serie de placas corrugadas fabricadas en acero inoxidable 304 tipo maté o 306 grado alimenticio, en donde por una de las caras circula la leche y por el lado opuesto de la cara de la placa circula el medio de calefacción, que puede ser agua caliente, vapor de agua o inclusive leche que haya sido pasteurizada (módulo de regeneración de energía). Cada placa esta provista de empacaduras o juntas que tienen una doble función, de permitir el sellado y la dirección de la circulación de los líquidos. Al extremo de las placas se encuentran las placas de apriete en donde una es fija y la otra placa es móvil, sostenidos por un bastidor y formando un módulo compacto asegurados por 6 pernos de apriete. Al extremo de la placa móvil están los orificios roscados de entrada y salida de los fluidos (Picon-Nuñez *et al.*, 2003).

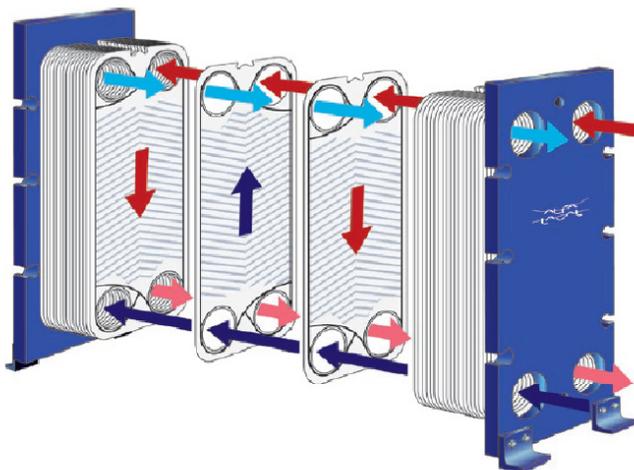


**Figura 5.** Tanque pasteurizador para sistema LTLT. Cortesía Harvest Home Dairy, LLC.

Como se observa en la Figura 6, el fluido de leche que va en dirección de la flecha hacia arriba, es calentada por el fluido caliente que circula en dirección hacia abajo, tanto en la placa frontal como la opuesta. Esa circulación en contracorriente, mejora la transferencia de calor. Las placas corrugadas, además de fortalecer las láminas de acero, incrementa también la turbulencia a pesar de que la velocidad del fluido pueda ser baja. Todo esto permite, no obstante, mejorar el coeficiente global de transferencia de calor, trabajar a bajas presiones y mejorar el rendimiento del equipo (Pearce *et al.*, 2012).

El módulo presentado anteriormente es solo una parte del sistema continuo de pasteurización de la leche usando el intercambiador de calor de placas. El sistema HTST completo, como el presentado en la Figura 7, tiene tres módulos de transferencia de calor, dos de calentamiento (regenerador, pasteurizador), y una de enfriamiento.

Presenta además un tubo en espiral que constituye el retenedor, cuya longitud está diseñada para mantener la leche caliente por un tiempo de 15 segundos. Además, este sistema presentan



**Figura 6.** Módulo interno de un Intercambiador de calor de placas con distribución de flujos. Cortesía Alfa-Laval, (2004).



**Figura 7.** Sistema de Pasteurización continuo HTST. Cortesía de IMPROLAC, (2019).

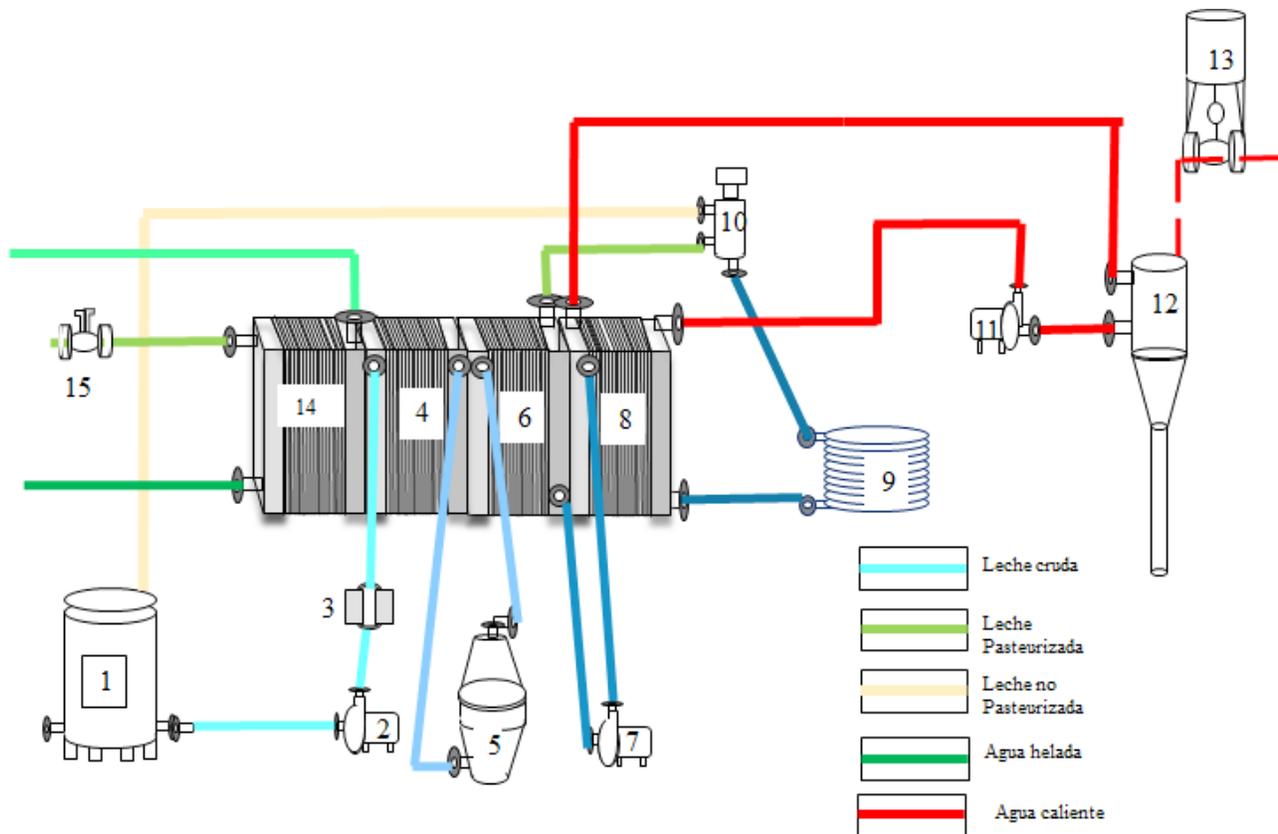
una serie de componente adicionales como el tanque balance, la bomba centrífuga, la válvula de desviación, la válvula de control de vapor, las válvulas de control de flujo, termocuplas a la entrada de la leche, a la salida del retenedor y a la salida de la leche del módulo de enfriamiento (Figura 8) (Gut *et al.*, 2004; Dothre, 2014).

Lo anterior es controlado por una interface hombre máquina con pantalla táctil y acoplado a los accionadores respectivos para el control de cada una de las temperaturas deseadas por el operador. Este sistema tiene como equipos alterno una unidad de calentamiento o caldera y una de enfriamiento o Chiller (Moreno, 2013).

La secuencia de flujo en un intercambiador de calor de placas es la siguiente (Figura 8) (Adaptado de Dhotre, 2014): la leche cruda es recibida en un tanque balance (1), provisto de un flotador. El tanque balance garantiza la alimentación y flujo continuo de la leche y la salida de espuma de aire formada al inicio del bombeo.

El tanque balance está conectado a una bomba centrífuga tipo sanitaria, el cual bombea la leche a la batería de filtros mangas (3). Estos filtros se encargan de separar las impurezas macroscópicas presentes en la leche cruda como pelo, partículas de alimento de ganado, insectos, heno, entre otros. La leche filtrada pasa al primer módulo del pasteurizador llamado regenerador (4).

El medio de calefacción es leche pasteurizada a 72 °C y en donde se incrementa la temperatura de 32 °C a 50 °C. Una de las ventajas del sistema HTST, es que se puede recuperar la energía proveniente de la leche pasteurizada en un 80 %. Luego, se aprovecha la elevación de la temperatura de la leche, para realizar otras operaciones de higienización como la clarificación en el separador centrífuga (5), para eliminar las impurezas macroscópicas presentes en la leche como trazas de metal, madera, corpúsculos sanguíneos, células epiteliales, entre otros. También, el mismo equipo, puede ser empleado para realizar la estandarización de la leche, es decir, ajustar el contenido de grasa requerido de acuerdo al tipo de queso deseado. Una vez clarificada o estandarizada la leche, esta regresa al segundo módulo de regeneración de calor (6), luego es bombeada a través de una segunda bomba centrífuga (7). Esta segunda bomba es la encargada de incrementar la presión y mantener un caudal constante.



1.- Tanque balance; 2.- Bomba centrífuga; 3.- Filtro doble; 4.- Regenerador-I; 5.- Centrifuga; 6.- Regenerador-II; 7.- Bomba centrífuga-2; 8.- Módulo de calentamiento; 9.- Retensor; 10.- Válvula de desviación; 11.- Bomba centrífuga para agua caliente; 12.- Condensador; 13.- Válvula de control de vapor; 14.- Módulo de enfriamiento; 15.- Válvula de salida de leche fría y pasteurizada.

**Figura 8.** Principales componentes del sistema de pasteurización HTST.

Posteriormente pasa al módulo de calentamiento (8), en donde usa como medio de calefacción agua caliente a 85 °C. En este módulo la leche incrementa su temperatura de 50 °C a 72 °C. Como el proceso de pasteurización es una combinación de temperatura y tiempo letal, la leche a 72 °C pasa al tubo en espiral de retención de calor (9). Con el caudal calculado para el largo y ancho del tubo de retención, la leche permanecerá a 72 °C por 15 segundos en esta sección. Esta combinación de tiempo-temperatura, permitirá la destrucción térmica del *Mycobacterium tuberculosis*.

La leche que sale del retensor pasa por un dispositivo de tres válvulas, una entrada y dos salidas, llamado válvula de desviación (10). Este dispositivo está diseñado, para determinar si la leche se mantiene a 72 °C o está por debajo de dicha temperatura. Este sistema de control permite a la industria verificar si la leche fue o no pasteurizada, y por lo tanto representa un punto crítico de control o PCC. Si el dispositivo detecta que la leche sale a una temperatura inferior a 72 °C, entiende que no está pasteurizada y el activador, que esta acoplado a la válvula,

permite mover la salida de la válvula de desviación hacia un flujo de leche que va en dirección al tanque balance, en este punto, la leche debe realizar de nuevo el ciclo de pasteurización en la unidad de HTST. Si la señal de la válvula, indica que la leche sale a 72 °C la válvula mantiene el caudal de salida, en dirección a los módulos de regeneración I (4) y II (6) para transferir el calor a la leche cruda que está ingresando a la unidad de pasteurización y de esta manera ir reduciendo gradualmente su temperatura (aproximadamente 50 °C), y finalmente pasa por el módulo de enfriamiento (14), en donde se reduce la temperatura de la leche que vienen del regenerador hasta 30 °C, si va a ser empleada la leche pasteurizada para la elaboración de quesos o 5 °C si se empleará como bebida para la venta. En este módulo se emplea agua helada a 5 °C como medio de extracción del calor de la leche pasteurizada.

El agua caliente, una vez transferida la temperatura, es recirculada por un sistema llamado batería de vapor (12), en donde emplea vapor a presión controlado por la válvula de control de presión (13) para mantener, a través de un balance de energía entre agua caliente y el vapor de agua una transferencia de calor que permita a la salida de dicha unidad suministrar al módulo de calentamiento, agua caliente a 85 °C. De manera similar, el agua de enfriamiento es recirculado por una bomba centrífuga, a través de una unidad llamada chiller o banco de hielo que absorbe el calor de la leche que pasa a través del módulo de enfriamiento (14).

**Pasteurización flash.** La pasteurización Flash, es una adaptación del sistema HTST en donde el cambio de temperatura es más rápido (4 segundos) a mayor temperatura (85°C). La diferencia de esta unidad HTST con respecto a la tradicional radica en que las empacaduras en la zona de calentamiento son más gruesa y usa vapor de agua.

Resumiendo, podemos señalar a continuación los tipos de pasteurización que se aplican en la leche y esta va a depender del equipo que se empleen para realizar dicho proceso:

- ✓ Por carga: Baja: LTLT (63°C x 30 minutos). Emplea el tanque de pasteurización.
- ✓ Continuo: Alta: HTST (72°C x 15 segundos). Usa el intercambiador de calor de placas. Medio de calefacción agua caliente a 85 C
- ✓ Continuo: Flash: HTST (85 °C x 4 segundos). Usa el intercambiador de calor de placas, con empacaduras más gruesa en módulo de calefacción. Medio de calefacción es vapor de agua saturada a 100 °C.

### **Cálculo de los tiempos de pasteurización a 63°C**

Los tiempos de pasteurización anteriormente señalados, se basan en el cálculo de la letalidad (F), considerando la inactivación térmica del *Coxiella burnetti*, con  $Z=4,34^{\circ}\text{C}$  y el tiempo de reducción decimal (D) a 63°C de 3,72 minutos (Cerf y Condron, 2006).

El tiempo de reducción decimal o D, se define como el tiempo en minutos requeridos a una temperatura dada, para reducir 10 veces el número inicial ( $N_0$ ) de microorganismos viables (Holsinger, 1997). En el caso de la pasteurización, para lograr la destrucción del 90% de las bacterias patógenas que se haya tomado como índice de resistencia térmica (90% mueren y quedan vivos 10%). Por ejemplo, si la leche tiene un conteo inicial de  $N_0=10000$  ufc/ml y permanece 4,34 minutos a 63°C su población final ( $N_f$ ), se reduce a  $N_f=1000$  ucf/ml, que es 10%

de la población inicial de bacterias que quedaron vivas luego del tratamiento térmico a 63 °C por 3,72 minutos.

Lewis (2000), define la letalidad ( $F$ ), es el tiempo en minutos a una temperatura dada, requerida para reducir la población de microorganismos desde su contejo inicial  $N_0$  hasta una población final  $N_f$ . El Autor además señala que este parámetro de letalidad es empleado para comparar diferentes procesos y que en el tratamiento térmico de los alimentos, es considerado el tiempo de retención que debe permanecer el alimento a una temperatura de referencia dada, para lograr la reducción deseada. En la industria láctea, representa el tiempo en la cual la leche es sometida a una temperatura de 63 °C por 30 minutos en el tanque pasteurizador o 15 segundos en el tubo de retención del pasteurizador HTST. La letalidad según Bigelow y Esty (1920), se calcula empleando la Ecuación 6.

En donde  $F$ , es la letalidad a 63 °C expresada en minutos,  $N$ , número de reducciones decimales, y  $D_{63}$  minutos, tiempo de reducción decimal.

El  $N$ , es el número de reducciones de ciclos logarítmicos en el intervalo de tiempo (Rees y

$$F_{63} = N \times D_{63} \dots\dots\dots (6)$$

Bettison, 1991). Se calcula empleado la Ecuación 7:

En donde  $N_0$ , es la población inicial de microorganismos viables y  $N_f$  es la población final de microorganismos. Por ejemplo, si el contejo inicial de microorganismos en la leche es:  $N_0=10^6$  ufc/mL y se desea reducir a una población final de  $10^{-2}$  ufc/mL, aplicando la Ecuación 7,  $N=8$

$$N = \text{Log} \frac{N_0}{N_f} \dots\dots\dots (7)$$

reducciones decimales. Este es el margen de seguridad requerida en la pasteurización de la leche.

Dado que se tiene el  $D$  del *Coxiella burnetti* y el número de reducciones decimales requeridos, es posible calcular su letalidad a 63 °C, empleando la Ecuación 6, con  $F_{63}=8 \times (3,72)$  minutos= 29,76 minutos. Como se señaló al inicio, si se desea pasteurizar la leche empleando una temperatura de 63 °C se necesita que todas las partículas de la leche permanezcan a esa temperatura por un tiempo de 29,76 minutos (aproximadamente 30 minutos) y de esta manera asegurar una reducción de 8 ciclos logarítmicos del *C. burnetti*.

### Cálculo de los tiempos de pasteurización a 72°C

En cuanto al cálculo de los tiempos de pasteurización a una temperatura diferente a 63°C, es necesario conocer el valor de  $Z$  del *C. burnetti* y la letalidad a una temperatura de referencia o  $F_{63}=30$  minutos. Se define el valor de  $Z$ , como el diferencial del incremento de la temperatura, expresada en grados Celsius o Fahrenheit, necesarios para reducir 10 veces la termorresistencia o valor de  $D$  del microorganismo (Reses y Bettison, 1991). Básicamente es la sensibilidad que tienen los microorganismos ante los cambios de temperatura, por lo que es una forma indirecta de medir su termorresistencia (Dhotre, 2014). Como el *C. burnetti* tiene un  $Z=4,34$  °C, esto

significa que si se incrementa la temperatura de 63°C a 63+4,34=67,34°C, la termorresistencia o valor de D disminuye un ciclo logarítmico, es decir pasaría de 3,72 a 0,372 minutos.

Para este procedimiento se necesita de aplicar la Ecuación 8, que es la tasa recíproca de letalidad o  $F_i$  según el modelo de Bigelow (Ball y Olson, 1957). La tasa recíproca de letalidad, es el equivalente letal a una temperatura diferente a la temperatura de referencia. Es decir, que la aplicación de 63 °C por 26,04 minutos, tiene el mismo efecto letal cuando se aplica una temperatura de 72 °C por un tiempo de 15 segundos. En ambos casos hay una reducción de la población de microorganismos de 7 ciclos logarítmicos.

En donde  $F_i$  es la tasa recíproca de letalidad;  $T_{ref}$ =temperatura de referencia (63°C),  $T_i$ =temperatura recíproca y  $Z$ , que es la termorresistencia relativa del microorganismo de referencia

$$F_i = F_{ref} \times 10^{\frac{T_{ref} - T_i}{Z}} \dots\dots\dots (8)$$

expresada en unidades de temperatura. Sabiendo que el  $F_{63^\circ\text{C}} = 29,76$ ;  $Z_{cb} = 4,34$  °C; podemos

calcular la letalidad a 72°C, aplicando la Ecuación 8, como sigue:  $F_{72^\circ\text{C}} = 29,76 \times 10^{\frac{63 - 72}{4,34}} = 0,23$  min=14,77 segundo (aproximadamente 15 segundos).

**Conclusión:** Se consiguen los mismos efectos letales (reducción de 8 ciclos logarítmicos de la población de microorganismos) al aplicar 63°C x 30 minutos que 72°C x 15 segundos.

## MADURACIÓN DE LA LECHE

En la maduración del queso, las Bacterias Acido Lactica (BAL) de los fermentos lácticos son incorporadas en la leche en esta fase para producir las enzimas que son necesarias para los procesos hidrólisis de la lactosa, lipólisis y proteólisis a nivel de cavas y conferirles las características sensoriales finales a los quesos. Además de producir las enzimas, las BAL generan ácido láctico mejoran la acción del cuajo y coadyudar en el proceso de sinéresis durante la cocción. La temperatura promedio de maduración, también, conocida como pre maduración de la leche, se encuentra entre 30 a 37°C durante 20 a 60 minutos (Chandan y Kapoor, 2011)

Por otra parte, los fermentos lácticos se emplean en combinaciones de microorganismos ácido lácticos, no solo para producir acidez (transformación de la lactosa en ácido láctico lo cual reduce el pH de la leche, sino también en la formación de textura (ojos en queso Gruyere o proteólisis en Camembert), producción de sabores (interacción Ácidos grasos+alcohol, producen el sabor a nuez en queso parmesano) e incremento del aroma (diacetilo en queso Gouda) (Hassan *et al.*, 2013).

## Cultivos iniciadores primarios

En la industria láctea, estos cultivos, se utilizan para fermentar la lactosa y convertirla en ácido láctico. Ejemplo de ellos está la combinación de los *Lactococcus lactis* subesp *lactis* y *cremori* (Figura 9), que fermentan la lactosa a temperatura entre 20 a 35°C y son considerados los cultivos iniciadores mesófilos por excelencia. Estas bacterias se caracterizan por ser cocos, Gram (+), catalasa (-) (Hammes y Vogel, 1995).

Los cultivos iniciadores termofílicos (acidifican a temperaturas por encima de 39°C), como el *Streptococcus salivarius* subsp *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp *bulgaricus* y



**Figura 9.** Micrografía de *Lactococcus lactis*, subsp *cremori*. (Cortesía Centros Venezolano de Colección de Microorganismos (CVCM)).

*Lactobacillus helveticus* empleados para quesos cuyo protocolo de producción lleva una etapa de cocción por encima de 39 °C, como en el queso Pecorino (45 °C), Gruyere (49 °C) y Parmesano (55 °C). En el caso del queso Cheddar y Gouda la cuajada es cocinada a 39-40°C (Parras-Huertas, 2010; Hassan *et al.*, 2012).

En queso Mozzarella, además del *Streptococcus thermophilus*, se usa el *L. helveticus*, ya que es capaz de fermentar la galactosa producida por el *Streptococcus* y evitar reacciones de pardeamiento no enzimático en la cocción del Mozzarella para pizza. Lo anterior se debe a que la galactosa, que es un monosacárido reductor, en presencia de aminoácidos y calor, a un pH alcalino, crean las condiciones ideales para la reacción de Maillard (oscurecimiento no enzimático). Así que para mantener el color blanco característico en el queso Mozzarella después de la cocción una vez horneado la pizza, es necesaria el tratamiento previo en la leche con *L. helveticus* (Johnson, 2014).

En el caso del queso Gruyere, se utilizan el *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus helveticus*, para degradar la lactosa a ácido láctico con el fin de ser utilizada por las bacterias propiónicas en la formación de los ojos característicos en este tipo de queso (Alvarez y Harper, 2004). En el Cheddar y Gouda el *S. thermophilus* acidifica a temperatura de 40°C que junto a las BAL mesofílicas como *Lactococcus lactis* y *cremori*, el cual acidifican a 30-37 °C, reducen al inicio del proceso el pH de 6,6 a 6,4.

La acidez inicial también contribuye a la sinéresis de la cuajada en la etapa de cocción de la misma. Mientras mayor sea la acidez desarrollada por los microorganismos incorporados, al inicio del proceso, mayor es el punto de acidez en la cocción, mayor expulsión del suero, por lo tanto, a mayor acidez más duro es el queso, ya que, la caseína reduce su actividad como sistema buffer y la cuajada se hace más elástica, expulsando mayor cantidad de suero siendo la textura del queso más dura.

## Cultivos iniciadores secundarios

Son bacterias ácido lácticas que además de fermentar la lactosa para producir ácido láctico, ellos son capaces de producir otros compuestos como etanol, CO<sub>2</sub> (gas), hemiacetilos, acetoínas y diacetilos (Ej., *Leuconostoc* sp y *Lactococcus lactis* subesp *lactis* biovar *diacetylactis*). El gas producido es responsable de la formación de los orificios redondeados (ojos) en la matriz del queso Gouda. El *Leuconostoc* también puede metabolizar el ácido cítrico para producir acetoínas y diacetilo, ambos contribuyen al aroma de los quesos (Hassan *et al.*, 2012).

En el queso Parmesano, además de los fermentos lácticos del yogurt, para producir acidez e incorporación del sabor (hemiacetaldehidos), se agregan otros fermentos como el *Streptococcus thermophilus* y fermentos lácticos mesofílicos (*Streptococcus lactis*, *Lactococcus. cremori*), para generar acidez inicial, aroma y sabor a nivel de las cavas de maduración a 12°C (Chandan y Kapoor, 2011).

Por su parte, las BAL responsables de los ojos en el Gruyere y Emmenthal son los *propionibacterium* que junto al *L. helveticus* le confieren acidez y el sabor a nuez característico. Son necesarias 5,67 gramos de bacterias propiónicas en 100 galones de leche para transformar el ácido láctico en ácido propiónico, acético y CO<sub>2</sub> (gas), el cual es responsable de la formación de los ojos en la pasta (Alvarez y Harper, 2004).

En el queso Camembert y Roquefort, se agregan esporas de mohos (en forma de polvo de color blanco y verde, respectivamente) en una proporción de 10 g/1000 L. La combinación del ácido láctico, las acetoínas, el diacetilo, los citratos y ácidos grasos de cadena corta, le proporcionan al queso su sabor característico (Nicolau, 2012).

## ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO (CaCl<sub>2</sub>)

En quesería, lo ideal es que el tamaño de la micela sea al tamaño original tal cual se presentan en una leche cruda. Es por ello que, toda leche que haya sido pasteurizada y cuyo destino sea la elaboración de quesos, es obligatorio la adición de cloruro de calcio (CaCl<sub>2</sub>) a la leche, con la finalidad de restituir el tamaño de la micela de caseína y de esta forma, tanto en las fases 2 (fase química) y fase 3 (formación del gel) el coagulo formado, sea mecánicamente resistente y firme en el momento de realizar la etapa del corte del gel de paracaseinato fosfato di-cálcico formado, además que contribuye a reducir el tiempo de coagulación (Broyard y Gaucheron, 2015).

Las sales minerales se encuentran en todas las leche en una proporción promedio del 0,72% y los principales constituyentes son (µg/mL): el calcio 1250, potasio 1380, cloruro 1030, fósforo 960, sodio 580, azufre 300, magnesio 120 y minerales traza como cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, zinc, selenio y yodo. Las sales minerales no se encuentran exclusivamente bajo la forma de sales solubles, otra parte importante se encuentra en forma insoluble en fase coloidal (Judkins, 1984; Alais, 1994).

Al pasteurizar la leche, los citratos y carbonatos reaccionan con el calcio y lo precipitan reduciendo la concentración de calcio iónico. Para mantener el equilibrio calcio iónico-calcio coloidal presente en la leche, el cual es en promedio 68:32, es decir, 68 % de calcio coloidal está en equilibrio con 32% de calcio iónico, la leche lo toma a partir del calcio coloidal el cual se encuentra enlazado a los fosfatos y aminoácidos en la micela de caseína. Al reducir la concentración de

calcio micelar el tamaño de la micela disminuye, ya que esta está en proporción con su tamaño, a mayor concentración de calcio micelar, mayor es el tamaño de la micela de caseína y mayores son los rendimientos (Lucey y Fox, 1993).

Por lo tanto, la adición de cloruro de calcio, aumenta la fuerza mecánica de la cuajada, siempre y cuando la concentración no sea superior a 40 g  $\text{CaCl}_2$ /100 kg de leche, ya que, valores superiores le confiere al queso un sabor amargo (Lucey y Fox, 1993). A mayor cantidad de  $\text{CaCl}_2$ , mayor es el tamaño de la cuajada a un mismo tiempo de batido, por lo que mayor es la retención de humedad en el producto final. En el caso de los quesos duros, se recomienda la adición de menores cantidades de cloruro de calcio para lograr en la fase de corte de la cuajada, un menor tamaño y mayor sinéresis.

A continuación, se recomienda realizar los siguientes ajustes a la leche dependiendo del tipo de queso a elaborar, y que son resumidos en el Cuadro 1.

➤ Se recomienda agregar en una proporción de 20 g/100 L de  $\text{CaCl}_2$ , a la leche que será destinado a la elaboración de queso blando.

➤ Se incorpora una proporción de 16 g/100 L de  $\text{CaCl}_2$  a la leche que será destinado a la elaboración de queso semiduro.

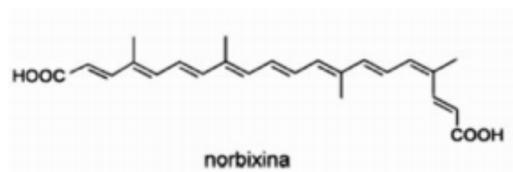
➤ Para la elaboración de queso duro, se adiciona  $\text{CaCl}_2$  a la leche en una proporción de 5 g/100 L de leche.

➤ Tanto en el queso Parmesano como el Pecorino se adicionan además, las lipasas pregástrica de becerro o de corderito, respectivamente, para conferirle ese sabor picante característico y realza el sabor y aroma en estos tipos de quesos (5 g/100 L leche) (sabor suave) y entre 15 a 20 g/100 L leche) (sabor fuerte) (Clerici-Sacco Group, 2000).

**Cuadro 1.** Resumen de parámetros operacionales en la tapa de acondicionamiento de la leche.

Parámetros	Queso Blando	Queso semiduro	Queso duro
Estandarización (% G)	-	2,9	2-2,6
Adición de $\text{CaCl}_2$ (g/100 L)	20	16	5
Norbixina (%)	-	0,1	-
Peróxido de Benzoilo (g/100 L)	3,26	-	-
Lipasa gástrica	-	-	3,3 g/100 L
Ejemplos	Queso Fresco	Queso Gouda	Queso Parmesano

➤ El color amarillo característicos en queso Cheddar, Gouda y Holandés se debe a la presencia del pigmento denominado Norbixina (Ester de ácido di-carboxílico) (Figura 10). La norbixina se caracteriza por ser soluble en agua y se le incorpora en la leche como agente de color, en una proporción entre 10 a 200 mL/100 L leche (Smith 2014; Sharma *et al.*, 2019).



**Figura 10.** Estructura química de la Norbixina (Fuente: Narváez y Mena, 2015).

Para evitar el color amarillo en los quesos blancos, debido a la presencia del Beta-caroteno o provitamina A, se recomienda la adición de peróxido de benzoílo entre 2 a 3,26 g/ 100 L de leche. Este componente oxida los dobles enlaces del Beta-caroteno presentes en las grasas y son los que le confieren diferentes grados de pigmentación amarilla al producto final (Chandan y Kapoor, 2011). En el caso del queso obtenido de la leche de búfala o de cabra no es necesario, ya que la fuente de retinol viene en forma de vitamina A, y esta es incolora, por lo que el color blanco se debe a la presencia de la caseína que refleja la luz blanca (Smith, 2014).

## COAGULACIÓN DE LA LECHE

La coagulación de la caseína es un paso fundamental en el proceso de elaboración de los quesos. Consiste en la formación de un gel firme con características definidas. La coagulación produce un cambio de estado en la leche, al llevarla de estado de suspensión (líquida), a gel o sólido, con la precipitación de la caseína (Harboe y Budtz, 1999).

### Coagulación enzimática

El primer paso para decidir si el queso es madurado o frescos, se define en la forma de coagulación de la leche. Todo queso que vaya a ser madurado debe necesariamente ser coagulado enzimáticamente, ya que, este tipo de coagulación, permite un control de la sinéresis desde el corte hasta la maduración a nivel de cava. Si el queso es coagulado usando ácido, para quesos frescos como el queso crema, queso Cottage o termo-coagulado con precipitación isoelectrica y calor como la Ricotta o queso blanco (versión prensada de la Ricotta), no es posible el control de la sinéresis y habrá alta proporción de humedad, por lo tanto, existe la posibilidad de un crecimiento exponencial de microorganismos, lo que aceleraría su deterioro a nivel de cava. Existen tres tipos de coagulación: coagulación enzimática, coagulación ácida y coagulación térmica o coagulación mixta, acidificando la leche con bacterias ácido-lácticas o por acidificación directa de la leche usando ácido cítrico, ácido láctico o  $\delta$ -glucolactona.

La coagulación enzimática de la leche consiste en la utilización de enzimas proteolíticas llamado por los queseros con el término de cuajo, que es una mezcla de las enzimas proteolíticas (quimosina+pepsina). En la coagulación enzimática, la formación del gel de paracaseinato fosfato cálcico se realiza en tres fases: **la primera fase denominada fase enzimática**, en donde

la quimosina del cuajo hidroliza la K-caseína en el enlace 105 fenilalanina y 106 metionina, y conduce a la salida hacia el suero de la parte hidrófila (glicomacropeptido; 1-105), con extremo terminal COOH; que es un factor esencial para la estabilidad de la micela de caseína. Quedan retenidas la porción hidrófoba (106-169) con extremo terminal amino ( $\text{NH}_2$ ), denominada, para-kappa caseína, y que junto a las caseínas ( $\alpha+\beta$ ) quedan expuesta al medio debido a que la K-caseína no es capaz de mantener juntas las partículas hidrófobas de las caseínas (Dalla, 2015).

**La segunda fase o fase química** ocurre cuando las para-Kapa caseínas y las caseínas ( $\alpha+\beta$ ) en presencia del calcio iónico, forman agregados altamente hidrofóbicos denominado para-caseinato fosfato-dicálcico o coágulos (Varnan y Sutherland, 1995).

**La tercera fase o formación del gel**, hay un reacomodo del para-caseinato fosfato dicálcico en una estructura tridimensional denominado GEL. El agua junto con los constituyentes solubles y la grasa quedan atrapadas en la red tridimensional. Se denomina gel a punto, cuando presenta resistencia mecánica al presionar sobre la superficie del mismo (Madrid, 1999).

En la coagulación enzimática, el agente coagulante se denomina cuajo. Los cuajos de primera generación, constituyeron los que tradicionalmente fueron extraídos del abomaso o cuarto estomago del ternero. Para evitar la matanza de terneros y creencias religiosas, el cuajo fue sustituido por otras fuentes desarrolladas y representan la segunda generación de cuajos comerciales, que son pepsinas extraídas de vacas, cerdos y pollos (Osorio *et al.*, 2008).

También se ha empleado reninas provenientes de plantas, como los obtenidos en extractos de flor de del cardo (*Cynara humilus*) o sabias del árbol de higuera (*Ficus carica*). La tercera generación proviene de los microorganismos como fuente de las enzimas proteolíticas. Entre las fuentes más usadas son las provenientes de *Mucor miehi*, *Mucor pusillus* y *Endothia parasítica*. Una cuarta generación son las quimosinas que se obtienen por recombinación usando la tecnología del ADN. El material genético del abomaso es transferido a un organismo huésped (*Escherichia coli*, *Kluyvermices lactis* o *Aspergillus niger*), donde son usados como modelo para producir las enzimas coagulantes idénticas a la renina del becerro (Fox *et al.*, 1994; Kindstedt, 2014).

## Coagulación ácida

La coagulación ácida ocurre solo en quesos frescos, cuando se incrementa la acidez y se reduce el pH regular de la leche desde 6,6, hasta el punto isoeléctrico de la caseína (pH 4,6) debido a la producción de ácido láctico provenientes de la actividad de las bacterias ácido lácticas mesofílicas (temperatura de incubación 20-30°C) o por acidificación directa de la leche usando ácido cítrico, ácido láctico o  $\delta$ -glucolactona (Chandan y Kapoor, 2011).

La acumulación de iones de hidrógeno neutraliza la superficie polar negativa formada por los fosfatos en la micela de caseína por lo que no es capaz de mantenerse estable y es obligado a interactuar con otras micelas de caseína, resultando en la formación de cadenas de agregados de unidades neutralizadas y cuya interacción principal es la atracción hidrofóbica. En la red entramada de micelas de caseínas quedan atrapados el agua, los componentes solubles y las grasas. La característica de esta cuajada formada es que es baja en contenido de calcio coloidal, ya que la acidez ocasiona que el calcio coloidal pasa a ser soluble y por tanto la cuajada queda desmineralizada con alta superficie de contacto y alta proporción de agua adsorbida. Esto hace que la cuajada formada sea débil e incapaz de contraerse, por lo que el control de la sinéresis es

limitado, y como consecuencia poca salida de agua hacia el medio, generando quesos suaves con alto contenido de humedad (70-80% de humedad) y muy vulnerable al daño microbiológico por mohos y levaduras (Kindstedt, 2014).

Una alternativa que se emplea para incrementar la firmeza y capacidad de sinéresis de la cuajada, consiste en incorporar entre el 1 al 10% de la dosis regular de cuajo a la leche una vez iniciada la fermentación, de esta forma se mejora la textura y estabilidad. El queso Cottage y el queso Crema son ejemplos de quesos frescos con alta humedad, que usan la coagulación ácida (Schulz-Collins y Sengen, 2004). Si la incorporación es de 30 a 50% de la dosis regular de renina, se genera una subcategoría denominada quesos elaborados por coagulación ácido/enzimática (coagulación mixta). Los quesos fabricados por coagulación mixta son más bajos en humedad y más firme que los obtenidos por coagulación ácida. Los quesos que son madurados por superficie como el Camembert usan la coagulación mixta (Tunick, 2014).

Los quesos de pasta hilada pre-acidificado, son otro ejemplo de coagulación mixta. En ellas se incorporan el ácido láctico, acético o cítrico (400 mL de ácido al 5% por cada 10 litros de leche a pH de la leche 6,6), antes de adicionarles el cuajo, con la finalidad de desmineralizar la caseína y producir quesos hilados más suaves con respecto al queso de pasta hilada tipo Mozzarella (Maldonado *et al.*, 2014).

### Coagulación termo/ácida

En este tipo de coagulación primero se incrementa la temperatura entre 85 a 95°C y luego se incorpora una solución de ácido orgánico grado alimenticio (láctico, acético o cítrico al 5%), hasta reducir el pH de la leche entre 6,2 a 5,4 o una acidez por encima del 0,17% (Inda, 2000).

Por su parte, Chandan *et al.* (1979) alcanzaron precipitaciones termo/ácidas a 82°C al incorporarle a la leche una proporción de 220 ml de una solución de ácido cítrico al 10% p/v a 10 litros de leche para reducir el pH de la leche a 4,7, con la finalidad de obtener Queso blanco. Las proteínas del lactosuero al incrementar la temperatura se desnaturaliza y forma un complejo entre la  $\beta$ -lactoglobulina- $\alpha$ -lactoalbúmina-K-caseína.

Las caseínas se caracterizan por ser estables a altas temperaturas y precipitan cuando el pH de la leche llega a su pH isoelectrico. Sin embargo, no es necesario reducir al pH isoelectrico para precipitar la caseína, ya que, la combinación de un aumento de la temperatura y reducción del pH entre 5,4 a 6,2, incrementa la susceptibilidad de esta proteína a ser coagulada. Esta desestabilización de la micela no está muy bien clara y documentada (Chandan y Kapoor, 2011).

Tanto en la coagulación enzimática como ácida, las proteínas del suero se pierden en la fase de corte y desuerado. Sin embargo, en la coagulación termo/ácida, las proteínas del lactosuero se recuperan en la caseína coagulada a través de la formación de este complejo, incrementando de esta forma los rendimientos y su valor nutricional, en el queso, ya que se recuperan las proteínas del lactosuero que son ricas en aminoácidos esenciales. Lo anterior, se debe a que el tratamiento térmico de la leche previo a la acidificación, estabiliza las proteínas solubles, a través del complejo alfa-lactoalbúmina-Beta-lactoglobulina-Kapa-caseína. Por su parte, las grasas quedan atrapadas en esta cuajada el cual se caracteriza por presentar alta humedad (entre 50 y 80%) y un valor de pH reducido. **La Ricotta** es un ejemplo bien conocido en donde se aplica este tipo de coagulación, mientras que el Queso Blanco es su versión prensada (Inda, 2000).

**Requesón.** Es las proteínas del suero precipitadas y obtenidas por coagulación termo/ácida. El suero que queda después de la elaboración del queso obtenido por coagulación enzimática (suero de quesería), es rico en proteínas solubles y esta representa un 20% del total de las proteínas de la leche. Además, se suma a esta, la porción soluble de la Kappa-caseína denominada glicomacropeptido, que representa un 4%. Por otra parte, las proteínas del suero son solubles incluso cuando llega a su pH isoelectrico, pero pueden comenzar a desnaturalizarse por encima de temperaturas de 60°C y hasta un 80-90% de desnaturalización cuando la temperatura alcanza los 90°C (Robinson *et al.*, 1976).

Basado en lo anterior, una manera de recuperar estas proteínas es alineándolas primero a través de la formación del complejo  $\alpha$ -lactoalbúmina- $\beta$ -lactoglobulina incrementando la temperatura por arriba de los 85°C y luego fomentar la interacción hidrofóbicas entre ellas llevándolas a su punto isoelectrico a través de la incorporación de un ácido orgánico. El glicomacropeptido queda atrapado junto con las proteínas solubles y sube a la superficie en forma de lactosuero precipitado. Este es el principio en la cual se basa la obtención del requesón.

## CONCLUSIONES

El presente capítulo, se analizó las etapas que conforman la Fase I de elaboración de quesos, llamada adecuación de la leche y coagulación. Comprende todas las etapas en la cual es sometida la leche hasta llegar a su coagulación, esta fase incluyen: recepción de la leche, estandarización de las grasas en la leche, pasteurización, pre-maduración de la leche con fermentos lácticos, el ajuste del calcio coloidal-calcio soluble con el cloruro de calcio, y por último la coagulación por incorporación del agente coagulante.

En lo que se refiere a la recepción de la leche, la leche, que representa la materia prima más importante para la elaboración de quesos, debe tener las siguientes características para ser considerada de óptima calidad para su procesamiento: temperatura 5 °C; ausencia de antibióticos; pH entre 6,5 a 6,7; densidad entre 1,028 a 1,033; acidez entre 0,14 a 0,17% expresado como ácido láctico, grasa 3,2% y sólidos totales de la leche en 12%.

Con respecto a la estandarización de la leche, todos los quesos que van a ser madurados deben ser estandarizados, por lo que, los quesos blandos no son estandarizados. Además, los quesos semiduros y duros es obligatoria su estandarización. Para quesos semiduros, la estandarización de las grasas es entre 2,8 a 2,9%, mientras que, en los quesos duros, se debe reducir el contenido de grasas entre 1,8 a 2%.

En cuanto a la pasteurización, es obligatoria en el proceso de elaboración de quesos. Al pasteurizar la leche, se garantiza la obtención de un queso apto para ser consumido sin que genere problemas de salud al consumidor (quesos inocuos). Los métodos de pasteurización más empleados en quesería son la pasteurización por lote (tanque pasteurizador) y la continua pasteurizador de placas). Por lo anteriormente señalado, si el equipo empleado es el tanque pasteurizador, la leche se pasteuriza a 63 °C por 30 minutos. Si la leche se pasteuriza en un pasteurizador de placas, la relación tiempo temperatura es de 72 °C por 15 segundos.

Tomando en consideración la etapa de premaduración de la leche, se puede concluir que, se adicionan a la leche al inicio, las bacterias ácido lácticas (BAL), en forma de cultivos lácticos primarios y secundarios. Los cultivo lácticos primarios mesofílicos son: *Lactococcus lactis*

subespe. *lactis* y *cremori*, empleados para generar acidez y contribuir a la exudación del suero de la cuajada en la fase de cocción en los quesos semiduros. Por su parte, *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus helveticus*, así como *Lactobacillus bulgaricus*, son cultivos lácticos iniciales que crecen a temperaturas entre 37 a 49 °C, usados en la fabricación de quesos duros. Los cultivos secundarios, son empleados en quesería, para generar en los quesos características deseables a nivel de cava de maduración como, la formación de ojos (*Leuconostoc* sp. y *Lactococcus lactis* subesp. *lactis* biovar diacetylactis) en queso Gouda y Edam. En queso Gruyere y Emmenthal los ojos son formados por el *Propionibacterium freudenrii*. También los cultivos secundarios, pueden generar sabor y aroma a través de la actividad de *Streptococcus thermophilus*, *Streptococcus helveticus* como bacterias ácido lácticas termofílicas y *Streptococcus lactis* y *Lactococcus cremori*, como BAL mesofílicas.

Tomando en consideración el calcio en forma de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ), es obligatoria su adición en leche pasteurizada, previo a la incorporación de la renina, para restituir el tamaño de la miscela de caseína. Dependiendo del tipo de queso a fabricar, y en base a la revisión de este documento, la incorporación del calcio es como sigue: si el queso a obtener es blando se adiciona una proporción de 20 g de  $\text{CaCl}_2$  por cada 100 litros de leche, si es queso semiduro (16 g  $\text{CaCl}_2$  / 100 L leche) y duros (5 g  $\text{CaCl}_2$  / 100 L leche).

La etapa más importante en la en la fase I de elaboración de quesos es la coagulación de la leche. La gran mayoría de los quesos que existen comercialmente son fabricados por coagulación enzimática a través del uso de las enzimas de origen animal, vegetal o microbiano. Todos los quesos obtenidos por coagulación ácida (queso Cottage, queso Crema), o termo ácida (Ricotta o Requesón), son quesos frescos. Todos los quesos madurados, son obtenidos por coagulación enzimática, pero no todos los quesos elaborados por coagulación enzimática son madurados, ya que se pueden obtener quesos frescos por coagulación enzimática, como por ejemplo el Mozzarella o Palmizulia.

Como conclusión general se puede afirmar que, la Fase I se realiza con la finalidad de eliminar las bacterias patógenas que pudieran estar presente en la leche, cambiar la proporción de grasas en la leche para estandarizar el proceso, restituir población de bacterias ácido láctico, restituir el tamaño de la micela de caseína e iniciar la formación del gel de paracaseinato fosfato di-cálcico y preparar la matriz del queso para iniciar la próxima fase. Todo bajo el control de los parámetros operacionales como pH/acidez, temperatura de premaduración/coagulación y contenido de calcio soluble.

## CUESTIONARIO

### 1. Actividades iniciales.

1. El queso es un producto lácteo del tipo: \_\_\_\_\_.

2. Liste los 4 pasos iniciales en el proceso de fabricación del queso.

a.	b.
c.	d.

3. Nombre cuatro ingredientes que se incorporan a la leche al inicio en la fabricación de los quesos:

a.	b.
c.	d.

4. ¿Qué equipo se emplea para la estandarización de la leche?: \_\_\_\_\_

5. ¿Cómo se llama el equipo se utiliza para la pasteurización continua de la leche?: \_\_\_\_\_

### 2. Preguntas relevantes

6. Indique que temperatura y tiempos que se utilizan en a.- pasteurización baja y b.- Pasteurización alta:

a.- \_\_\_\_\_;

b.- \_\_\_\_\_;

7. Nombre dos microorganismos que se usen en la elaboración del queso semiduro:

a.\_\_\_\_\_. b.\_\_\_\_\_

8. ¿Cuál es la función de la Norbixina?\_\_\_\_\_

9. ¿Qué ingrediente se incorpora a la leche para iniciar la hidrólisis de las grasas?(a) y en qué tipo de quesos es favorable su incorporación (b)?:

a.\_\_\_\_\_. b.\_\_\_\_\_

10. Indique ¿cuál de los quesos obtenidos por coagulación ácido-térmica lleva prensado?:

\_\_\_\_\_.

### 3. Estudio de casos

- 11.- Calcule la cantidad de leche líquida completa y descremada que requiere mezclar para obtener una leche estandarizada al 2,8%, partiendo de 100 galones de leche completa con 4,5% de grasa. La descremadora tiene capacidad de descremar como máximo 0,1% de grasa. Qué proporción en litros de leche descremada a litros de leche completa se requieren mezclar para obtener una leche al 2,8% de grasa. **Respuesta: Volumen de leche completa: 232,25 L; Volumen de leche descremada: 146,24 L; Proporción: 0,63 L de leche descremada/L de leche completa.**
- 12.- Calcule la cantidad de leche líquida completa y descremada que requiere mezclar para obtener una leche estandarizada al 3,2%, partiendo de 100 galones de leche completa con 4,5% de grasa. La descremadora tiene capacidad de descremar como máximo 0,1% de grasa. Qué proporción en litros de leche descremada a litros de leche completa se requieren mezclar para obtener una leche al 2,8% de grasa. **Respuesta: Volumen de leche completa: 266,67 L; Volumen de leche descremada: 111,83 L; Proporción: 0,42 L de leche descremada/L de leche completa.**
- 13.- Si se procesan 702 libras de leche en una planta para elaborar queso semiduro. Calcule las cantidades de fermento láctico mesofílico en gramos,  $\text{CaCl}_2$ , Norbixina y renina requeridas si la proporción de cada una de ellas son: 0,26%(p/v) de fermento; 15 g  $\text{CaCl}_2$ /100L leche; 0,1% de Norbixina y renina: 5 g/100L de leche. **Respuesta: Fermento mesofílico=829,4 g;  $\text{CaCl}_2$  =47,86 g; Norbixina=319 mL; Renina en polvo=15,95 g.**

### 4. Actividades finales.

14. ¿La pasteurización de la leche tiene como objetivo la destrucción de enzima fosfatasa alcalina presente en la leche?  Verdadero  Falso
15. ¿El cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) se emplea para restituir el tamaño de la micela de caseína?  Verdadero  Falso
16. ¿La Ricotta se diferencia del queso blanco debido a que este último mencionado lleva el prensado?  Verdadero  Falso
17. ¿La renina es el agente coagulante empleado en la elaboración de queso blanco?  Verdadero  Falso
18. La producción de los ojos característicos en el queso Gruyere es debido a la actividad de las bacterias propiónicas?  Verdadero  Falso
19. ¿*Lactobacillus helveticus* es utilizado para incrementar la acidez en quesos duros?  Verdadero  Falso.
20. ¿Los cultivos primarios se emplean para producir además de ácido láctico otros componentes como etanol, dióxido de carbono y diacetilo?  
 Verdadero  Falso

## 5. Palabras de reflexión

Sabía usted que el consumo mínimo recomendado de ingesta diaria de quesos, según la FAO es de 120 gramos por persona y que los países como Estados Unidos, Alemania, Francia e Italia su consumo sobrepasa los 300 gramos al día!

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Artica, L. Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos. 3ª Ed. Libros y editoriales, TEIA. pp. 136-137.
- Alais, Ch. 1994. Ciencia de la Leche. Continental. 9na ed. México. pp. 40-187.
- ALFA-LAVAL, 2004. The theory behind heat transfer. Plate heat exchanger. ECF 00250 EN 1009. 12 p.
- Ball, C.; F. Olson. 1957. Sterilization in food technology. New York. McGraw-Hill.
- Barclay, N.; J. Potter; A. Wiggins. 1984. Batch pasteurization of liquid whole egg. J. Food Technol.19. p. 605.
- Bigelow, W.; J. Esty. 1920. The thermal death point in relation to time of typical thermophilic organism. J. Infect. Dis. 27: 602-617.
- Briñez, W.; J. Faria; W. Isea; J. Aranguren; E. Valbuena. 1996. Efectos del mestizaje, etapa de lactación y número de partos de la vaca sobre la producción y algunos parámetros de calidad en leche. Revista Científica, CV-LUZ. 11(1): 99-106.
- Briñez, W.; E. Valbuena; G. Castro; F. Fuentes; D. González; A. Tovar. 2002. Calidad físico-química de las principales marcas de leche pasteurizada consumidas en la ciudad de Maracaibo. Revista Científica, CV-LUZ. 12(3): 221-230.
- Broyard, C.; F. Gaucheron. 2015. Modification of structures and functions of casein: a scientific and technological challenge. Dairy Sci. and Tech. 95: 831-82.
- Calderon, A.; G. Giménez; F. García. 2008. Determinación de Buenas Prácticas de Ordeño por parte de un grupo empresarial de ganaderos del altiplano Cundí-Boyacense. Actualidad y Divulgación Científica. 11(1): 143-152.
- Campabadall, C. 1999. Factores que afectan el contenido de sólidos de la leche. Memorias. II Seminario Internacional sobre calidad de leche. Colanta. Medellin, Colombia. pp. 91-111.
- Casp, A.; J. Abril. 2003. Procesos de conservación de alimentos. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Cerf, O.; R. Condrón. 2006. Coxiella burnetti and milk pasteurization: an early application of precautionary principle? Epidemic. Infect. 134: 946-951.

- 
- Chandan, R.; H. Marin; K. K. Nakrani; M.Zchner. 1979. Production and consumer acceptance of Latin American white cheese. *J. Dairy Sci.* 62: 691-696.
- Chandan, R.; R. Kapoor. 2011. Principles of Cheese Technology. In: Chandan, R., A. Kilara (Eds). *Dairy Ingredients for Food Processing*. Blackwell publishing Ltd. 592 p.
- Clerici-Sacco Group (2020). Raff Lactoiingredientes. Lipasas: Enzimas para incrementar aroma y sabor en crema y quesos. Disponible en: <http://www.raf.com.mx>. [Consultado:20 de Enero 2020]
- COVENIN-573. 1979. Leche y sus derivados. Determinación de actividad fosatásica. Método de referencia. 20 p.
- COVENIN-903. 1993. Comisión Venezolana de Normas Industriales (COVENIN). Norma Venezolana. Leche cruda. COVENIN 903-93. 8 p.
- Dhotre, A. 2014. Milk pasteurization an equipment. In: P. Mandal; A. Biswas (ds). *Animal Products Technology*. 1 ed. New Delhi: Studium Press. India Pvt. LTd. pp 51-78
- Farrall, A. 1980. Pasteurizing Equipments, In: A. Farrall (Ed.). *Engineering for Diary Food Products*. Wiley, New York. USA. p. 363.
- Fonseca, L.; M. Santos. 2000. Propriedades e composicao do leite. In: 2 curso on line de atualizacao sobre controle de mastite. Disponible en: <http://www.milkpoint.com.br/curso.mastite.asp>, 2000.
- Fox, P.F.; T.K. Singh; P.L. McSweeney. 1995. Biogenesis of flavour compounds in cheese. In: Malin E. L; M.H. Tunick (Eds). *Chemistry of Structure / Function relationship in Cheese*. New York. pp 59-98.
- Fox, P.; J. Wallace. 1997. Formation of Flavor Compound in Cheese. *Advance in applied Microbiology*, 45: 7-85.
- Gerber, N. 1994. Trabajo practico de los análisis de la leche y del control de los productos lácteos. Graficas ROA. Santander, España. p. 23.
- González, H.; V. Fisher; R. Rocha; G. Fainé. W. Stumpj; S. Adeuda. 2004. Avaliation da qualidade do elite na bacia leitera de pelotas, RS. Efeito do mese do ano. *Rev. Bras.Zootec.* 33: 1531-1543.
- Gut, J.; R. Fernandez; C. Tadini; J. Pinto. 2004. HTST milk processing: evaluating the thermal lethality inside plate heat exchangers. *International Conference on Engineering and Food ICEF9-2004*. 6 p.
- Hammes, W.; R. Vogel. 1995. The genus *Lactobacillus*. In: Wood, B.; W. Holzapfel (Eds). *The genera of lactic acid bacteria*. London: Blackie Academic & Professional pp. 19-54.
- Harboe, M.; P. Budtz. 1999. The production, action and application of rennet and coagulants. In: Law, (ed.). *Technology of cheesemaking*. CRC press, Boca Raton, F. pp. 33-65.
-

- Holsinger, V.; K Rajikowski; J. Stabel. 1997. Milk pasteurization and safety: a brief history and update. *Rev. Sci. Tech. O. Int. Epiz.* 16 (2): 441-451.
- Inda, A. 2000. Productividad en la pequeña y mediana empresa. Cap. I. La leche y el queso. Organización de los Estados Americanos (OEA). Saltillo, México. pp.1-20.
- IMPROLAC, 2019. Procesos y Máquinas. Tratamientos térmicos. Disponible en <http://www.improlac.com>. [Consultado: 14 Abril 2019].
- Judkins, H. 1984. La leche. Su producción y procesos industriales. Continental, Mexico.
- Kindstedt, P. 2014. The Basic of Cheesemaking. In: Donnelly, C. (Ed.). Cheese and microbes. ASMpress. Washington, D.C. United State. 333 p.
- Lewis M.; N. Heppell. 2000. "Continuous Thermal Processing of Foods: Pasteurization and UHT Sterilization." Aspen Publishers, Gaithersburg, 447 p.
- Lucey, J.; P. Fox. 1993. Importance of calcium and phosphate in cheese manufacture. A review. *J. Dairy Sci.* 76(6): 1714-1724.
- Lucey, J.; J. Kelly. 1994. Cheese yield. *Journal of the Society Dairy Technology.* 47 (1): 1-14.
- Madrid, A. 1999. Tecnología quesera. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España 412 p.
- Maldonado, R.; B. Melendez; I. Arispe. 2014. Tecnología, Calidad y dinámica de crecimiento y control de patógenos *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* sp. Mediante el uso de cultivos iniciadores en los quesos de pasta hilada tipo telita. Trabajo de doctorado. Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela. 164 p.
- Moreno, G. 2003. Higiene e inspección de carnes. Vol II. España. Días de Santos. 624 p.
- Narvaez, E.; C. Mena. 2015. Aislamiento y Caracterización por espectroscopia visible e infrarroja del colorante del Achiote (BBixa Orellana). *Info Analítica.* Noviembre. Pp. 53-64.
- NCIMS. 2004. National Conference on Interstate Milk. Shipments Milk Safety requirements for raw bovine milk. Disponible en: <http://www.fda.gov/food/foodsafty/codedMemoranda/memorandafin-formation/ucm075157.htm>
- Oliver, S.; B. Jayarao; R. Almeida. 2005. Foodborne pathogens in milk and the dairy farm environment: food safety and public health implications. *Foodborne Pathog. Dis.*, 2(2): 115-129.
- Osorio, A; N. Gómez; C. Sánchez. 2008. Evaluación de diferentes fuentes de carbono y de nitrógeno para la producción de renina a partir del moho *Mucor miehei*. *Revista de la Facultad de Ingeniería.* Universidad de Antioquia, 45: 17-26.
- Pearce, L.; B. Smythe; R. Crawford; S. Oakley; S. Hathaway; J. Sheperd. 2012. Pasteurization of milk: The heat inactivation kinetics of milk-borne dairy pathogens under commercial-type conditions of turbulent flow. *J. Dairy Sci.* 95: 20-35.

- 
- Picon-Nuñez, M.; J. Lopez-Robles; C. Miranda-Alvarez. 2003. Diseño termohidraulico de intercambiadores de calor de plato y marco en arreglo simple y multipaso. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2: 23-34.
- Ramesh, M. 2007. Pasteurization and food preservation. In: Rahman, M. (Ed). *Handbook of Food Preservation*. 2da ed. CRC Press. Taylor and Francis Group. Boca Ratón, l. USA. pp. 571-583.
- Robinson, B.; J. Short; K. Marshall. 1976. Traditional lactoalbumin manufacture, properties and uses. *N.Z.J. Dairy Sci. Technol.* 11: 114-126.
- Sharma, P.; A. S. Segat; A. Kelly; J. Sheehan. 2019. Colorants in cheese manufacture: Productions, Chemistry, Interactions, and regulations. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Wiley on line Library. 23 p.
- Schulz-Collins, D.; B. Sengen. 2004. Acid and acid/rennet curd cheeses. Part A: Quark, Cream cheese and related varieties. *Cheese: chemistry Physics and Microbiology*. 6: 301-328.
- Smit, G.; B. Smit.; J. Wim; J. Engels. 2005. Flavor formation by lactic acid bacteria and biochemical flavor profiling of cheese products. *FEMS Microbiol. Rev.* 29: 591-610.
- Smith, K. 2014. Annatto and color removal. Wisconsin Center for Dairy Research. 27 p. Disponible en: <http://www.cdr.wisc.edu>. [Consultado: 20 de Enero 2020].
- Sutton, D. Altering milk composition by feeding. *J. Dairy Science*, 72: 801-814.
- Tunick, M. 2014. *The science of cheese*. Oxford. University Press. New York. 273 p.
- Valbuena, E.; G. Castro; K. Lima; W. Acosta; W. Briñez; A. Tovar. 2004. Calidad microbiológica de las principales marcas de leche pasteurizada distribuida en la ciudad de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica*, 14(1): 1-15.
- Varnan, A.; J. Sutherland. 1994. *Leche y productos lácteos. Tecnología, química y microbiología*. Editorial Acribia, Zaragoza. S.A. España.
- Zumárraga, M.; A. Soutullo; M. García; R. Marini; A. Abdala; H. Tarabla; S. Echaide; M. López; E. Zervini; A. Canal; A. Cataldi. 2012. Detection of *Mycobacterium bovis*-infected dairy herds using PCR in bulk tank milk samples. *Foodborne Pathog Dis.* 9 (2): 132-137.
-